Committente:

Città Metropolitana di Genova
Direzione Territorio e mobilità

Titolo:

Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, secondo il nuovo codice degli appalti (D.Lgs 36/2023), degli interventi di messa in sicurezza idraulica (demolizione e ricostruzione) del ponte n. 1240, SP 26 della Valgraveglia, km 3+538, nel comune di Ne. CIG: B93A6AC50D CUP: D47H23000680001

Oggetto:
Piano di Monitoraggio

Gruppo di lavoro

Ing.	D. Guerrieri	Geol.	C. Frediani
Ing.	R. Sguazzino	Arch.	G. Fiasella
Arch.	L. Corsini	Geom.	V. Spalierno
Arch.	J.M. Grinovero	Dot.sa	G. Carrodano
Ing.	M. Altilia	Ing.	D. Loria
Geom.	M. Bozzolo	Ing.	N. Bonni

Livello di progetto: FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

Nome File: P007-26-F-RE-STR-002-B

Codice progetto: P007-26

Elaborato n°: STR-002

Firme:

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DELLA SPEZIA
DANIELE GUERRIERI
INGEGNERE
Civile ed Ambientale
Industriale
dell'Informazione
A 958

Rev:	Modifiche / Revisioni	Data	Redatto	Controllato	Approvato
A	PRIMA EMISSIONE	29/06/2026	LCO	LCO	DGU
B	INTEGRAZIONI DOPO VERIFICA CITTA' METROPOLITANA	31/07/2026	LCO	LCO	DGU

19038 SARZANA (SP) - Via B.P.U. Muccini, 54A - T. +39 0187 610532
16121 GENOVA (GE) - Via Fieschi 9, VIII Piano - T. +39 010 5959690
P. iva 01236860118 - N. CCIAA 01236860118 - REA CCIA SP112013
Cap. Soc. €100.000 i.v. - info@itec-engineering.it

ISO 9001 - N°SC 10-2588/IAF 34
ISO 14001 - N°SCA 19-3491/IAF 34
ISO 45001 - N° SCS 20-336/IAF 34
SA8000 - N° SA8000-230804 2023
UNI/PdR125:2022 - N°SCPG24-195

È vietata a norma di legge la riproduzione, anche parziale, non autorizzata di questo documento

INDICE

1 PREMESSA 1

2 AMBITO MONITORAGGIO 3

2.1 REGISTRAZIONE DEI DATI DI MISURA 3

2.2 OPERAZIONI CONSEGUENTI 3

3 RILIEVO DELLO STATO DI CONSISTENZA DEI FABBRICATI LIMITROFI ALLA ZONA INTERESSATA DALLE LAVORAZIONI 5

4 PIANO DI MONITORAGGIO 6

4.1 RESPONSABILE DEL MONITORAGGIO 6

4.2 SISTEMI DI MONITORAGGIO 7

5 SISTEMA DI MONITORAGGIO TOPOGRAFICO 9

6 SISTEMA DI MONITORAGGIO STATICO/STRUTTURALE 12

7 SISTEMA DI MONITORAGGIO DINAMICO 14

1 PREMESSA

Il presente elaborato fa parte del progetto di Fattibilità Tecnico Economica degli interventi di messa in sicurezza idraulica (demolizione e ricostruzione) del ponte n. 1240, SP 26 della Valgraveglia, km 3+538, nel comune di Ne. La necessità del presente progetto nasce a seguito dell'ispezione visiva del 04/06/2024 effettuata da Città Metropolitana di Genova, nella sua qualità di proprietario, concessionario e ente vigilante della SP 26, dalla quale sono emerse alcune problematiche dovute allo stato di conservazione del ponte sul torrente Chiesanuova. Tali problematiche, comunque risolvibili con interventi di risanamento localizzati, uniti alla più importante scelta fatta dall'ente di valutare un nuovo progetto per il ponte atto a migliorare le condizioni idrauliche di tutta la tombinatura, hanno determinato all'affidamento del presente incarico.

A seguito del sopralluogo sopra menzionato, è stato affidata allo scrivente, la redazione del progetto di messa in sicurezza generale dell'area. L'intervento prevede il rifacimento dell'impalcato, la realizzazione delle spalle e delle relative fondazioni, nonché la messa in sicurezza idraulica dell'ultimo tratto tombinato del rio Chiesanuova.



Figura 1.1: Oggetto di intervento - veduta aerea con indicazione area di intervento



Figura 1.2: Oggetto di intervento - veduta aerea con indicazione area di intervento

2 AMBITO MONITORAGGIO

Per tutta la durata dei lavori interferenti con il costruito, e più specificatamente per tutto il periodo compreso fra le fasi di scavo e la demolizione delle spalle attuali , è da prevedere un monitoraggio “geotecnico/strutturale” programmato degli edifici e dei manufatti limitrofi alla zona di intervento che potrebbero, in qualche modo, subire delle sollecitazioni dalle opere previste in progetto.

Si possono classificare le criticità che saranno oggetto del monitoraggio:

- Cedimenti degli edifici esistenti;
- Effetti delle vibrazioni e di azioni dinamiche indotte dalle lavorazioni limitrofe.

2.1 REGISTRAZIONE DEI DATI DI MISURA

Prima dell'inizio dei lavori si dovrà predisporre un adeguato numero di libretti di misura che dovranno essere firmati e numerati dal Responsabile del Monitoraggio, numerando progressivamente le pagine e i libretti stessi.
Sui libretti riempiti senza pagine bianche, i dati dovranno essere riportati in maniera indelebile e senza cancellazioni non visibili.
Nel caso di registrazione su supporti magnetici o registratore dati, la memorizzazione avverrà di norma per punti con record o lunghezza fissa contenenti i dati di lettura: in quest’ultimo caso i dati registrati andranno stampati a fine di ogni giornata di rilevazione e dovrà essere predisposta una copia di sicurezza degli stessi su supporto informatico adeguato.
Per il monitoraggio automatico si valuterà, di concerto con la Direzione Lavori, l’opportunità di accesso ai dati via rete Internet con pagine dedicate ed in tali pagine saranno riportati anche le misure manuali effettuate periodicamente da personale qualificato.
Alcune misure dovranno comunque essere mantenute in manuale per garantire la presenza in sito di operatori esperti in grado di valutare l’evolversi dei fenomeni.
Al fine di garantire la funzionalità statica delle strutture esistenti, l’apparato di monitoraggio dovrà poter tempestivamente segnalare ai responsabili il raggiungimento di variazioni plano altimetriche corrispondenti alla soglia di attenzione, rispetto allo stato precedente, in modo da poter adottare gli opportuni provvedimenti operativi.

2.2 OPERAZIONI CONSEGUENTI

La sola installazione e messa in esercizio dei sistemi di monitoraggio non esaurisce la funzionalità e lo scopo del controllo. Viene prescritto infatti che alla lettura dei dati

faccia seguito l'interpretazione immediata dei medesimi da parte dell'Impresa ed il controllo con gli obiettivi/limiti fissati. I tecnici dell'Impresa dovranno avere un grado di qualificazione tale da poter garantire in successione i seguenti interventi:

- Interfaccia per gli aspetti tecnici con la Direzione Lavori;
- Controllo costante dell'efficienza dei vari sistemi di monitoraggio, valutando in tempo reale l'attendibilità dei dati forniti dagli strumenti;
- Valutazione in tempo reale dei dati ricavati dal monitoraggio, in particolare il loro sviluppo, al fine di stabilire se le procedure di lavorazione risultano coerenti con i limiti posti dal progetto o dalle caratteristiche del sito;
- Definizione del dettaglio, in casi specifici e sempre in sintonia con il Direttore dei Lavori, degli interventi, delle azioni cantieristiche correttive e delle procedure da attuare in relazione ai risultati dei parametri monitorati;
- Gestione in tempo reale delle maestranze, attraverso ordini e procedure preventivamente concordate con il direttore dei lavori per gli adattamenti necessari ed i provvedimenti cantieristici da assumere allorquando il monitoraggio fornisca dei dati che si scostano da quelli preventivati.

Si precisa che all'interno del presente documento, saranno illustrati i sistemi di controllo necessari da utilizzare, per mantenere sotto sorveglianza continua il comportamento degli edifici e dei manufatti limitrofi alle zone di lavoro, durante tutte le fasi di cantiere previste.
Le indicazioni relative alle frequenze per l'esecuzione delle misurazioni, e per la definizione dei valori soglia sulle grandezze monitorate (soglia di attenzione, soglia di allarme), saranno specificatamente definite nel piano di monitoraggio redatto dall'impresa in fase di gara.

3 RILIEVO DELLO STATO DI CONSISTENZA DEI FABBRICATI LIMITROFI ALLA ZONA INTERESSATA DALLE LAVORAZIONI

Considerato che nel progetto sono previsti interventi a ridosso delle fondazioni di edifici, risulta prioritario definire tecniche di monitoraggio atte a garantire un controllo continuo dello stato di deformazione degli stessi al di sotto dei quali si dovrà intervenire.
A tal proposito, risulta di fondamentale importanza prima di dare inizio ai lavori, di procedere alla redazione di *Testimoniali di Stato* per tutti gli edifici e/o opere preesistenti interessate o potenzialmente influenzate dagli interventi in progetto.
I Testimoniali (TS) dovranno essere redatti in contraddittorio con i proprietari a seguito di sopralluogo con trascrizione in apposito verbale, nel quale verranno riportate tutte le indicazioni utili a caratterizzare l'attuale stato di conservazione delle costruzioni indagate. In particolare dovranno essere annotate, fotografate e rilevate tutte le lesioni già presenti, per avere un dettagliato quadro fessurativo degli edifici ante inizio lavori.
Tra tutte le lesioni rilevate, per quelle ritenute maggiormente significative, sarà opportuno monitorarne l'andamento dell'ampiezza nel tempo, prevedendo quindi, l'installazione di uno o più fessurimetri lungo lo sviluppo delle fessure considerate.

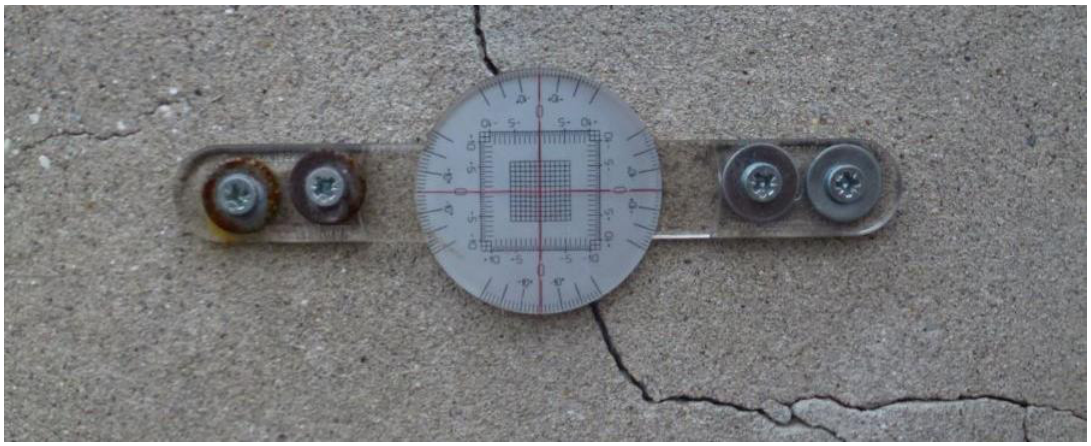


Figura 3.1 – Fessurimetro, per il monitoraggio dell'ampiezza delle fessure nel tempo.

La frequenza con la quale eseguire le letture, dovrà essere concordata con la D.L., in sede di esecuzione delle lavorazioni.
Le tecniche di monitoraggio da utilizzare devono risultare particolarmente efficaci in quanto estremamente sensibili ed in grado di allertare immediatamente la Direzione Lavori qualora si manifestassero movimenti difformi rispetto alle soglie assunte come riferimento nel piano di monitoraggio approvato prima dell'inizio delle lavorazioni.

4 PIANO DI MONITORAGGIO

Il piano di monitoraggio prevede l'installazione e la messa in esercizio di più sistemi di controllo, per mantenere sotto sorveglianza continua il comportamento degli edifici e le infrastrutture interessate dalle diverse lavorazioni previste, durante l'intera durata di tutte le fasi del cantiere.
La strumentazione che verrà utilizzata sarà finalizzata a misure puntuali o misure globali; per misure puntuali si intendono misure di parametri specifici eseguite in punti particolari e significativi del terreno o dell'opera da monitorare, i cui valori devono essere considerati validi quasi esclusivamente per i punti in cui sono montati gli strumenti e quindi non estendibili ad aree o volumi maggiori di quelli coperti dai singoli strumenti.
Per misure globali si intendono le misure eseguite con strumenti in grado di fornire valori che rappresentino la risultante dei fenomeni in atto, indicanti la risposta che questa assume nel tempo.
Alla prima categoria appartengono le misure dei cedimenti, le misure di livello con sistemi topografici, alla seconda categoria appartengono le misure dei cedimenti relativi.
La frequenza delle letture viene prescritta in relazione al sistema operante; sarà comunque necessario da parte dei Responsabili valutare l'opportunità di aumentare o meno le frequenze di lettura in relazione all'evolversi dei fenomeni in atto.
Tutta la strumentazione impiegata sarà di ultima generazione, di grande affidabilità, marcata CE e fabbricata in Italia presso gli stabilimenti di fornitori qualificati.

4.1 RESPONSABILE DEL MONITORAGGIO

Tutte le misure manuali saranno eseguite unicamente da personale qualificato di cui saranno dichiarati i nominativi e le relative qualifiche, prima dell'inizio dei lavori; sarà inoltre nominato un Responsabile del Monitoraggio che provvederà alla programmazione, controllo ed elaborazione di tutte le misure previste nell'ambito del presente Piano di Monitoraggio:

- Controllo preventivo della strumentazione da installare;
- Supervisione nel corso delle letture di zero di tutte le strumentazioni installate, con l'ausilio dei responsabili delle Ditte specializzate che provvederanno all'installazione e manutenzione della strumentazione;
- Stesura di un report settimanale da trasmettere alla Committenza e alla Direzione Lavori in merito allo stato in essere delle misure, corredato da opportuni diagrammi esplicativi ed eventuali documentazioni fotografiche;

- Interfaccia con struttura operativa (Direzione di cantiere) per la segnalazione di eventuali anomalie, siano esse dovute al superamento di soglie oppure a malfunzionamenti della strumentazione;
- Valutazione preventiva, di concerto con la struttura operativa di cantiere e la Direzione Lavori, relativamente alle procedure da applicare nel caso di superamento delle soglie di allarme previste nel sistema di monitoraggio e le conseguenti azioni da intraprendere; da tale analisi preventiva sarà redatto di concerto un apposito verbale. In particolare, verranno preliminarmente messi in evidenza i limiti di tolleranza ammissibili in relazione alle previsioni di progetto e quelli per cui dovranno dichiararsi sospese le lavorazioni in atto.

4.2 SISTEMI DI MONITORAGGIO

La strumentazione da utilizzare per il monitoraggio degli edifici e dei manufatti interessati dalle lavorazioni, è descritta ai punti seguenti:

- Sistema di monitoraggio topografico;
- Sistema di monitoraggio statico/strutturale;
- Sistema di monitoraggio dinamico;

Le attività di monitoraggio, saranno previste in corrispondenza delle zone con presenza di edifici, infrastrutture viarie e all'interno del tratto tombinato attraverso i vari sistemi di monitoraggio elencati sopra, meglio descritti nei paragrafi successivi. Per ciascun sistema, saranno fornite delle indicazioni qualitative circa l'ubicazione della strumentazione da predisporre sulle facciate degli edifici ritenuti sensibili per le operazioni di cantiere, ed internamente al tratto tombinato.

Nell'immagine di seguito sono indicati gli edifici e i manufatti da inserire all'interno del piano di monitoraggio.
I manufatti considerati, risultano tutti prossimi al cantiere, e pertanto potrebbero essere interessati da cedimenti o lesioni durante le operazioni di perforazione e scavi per la costruzione delle opere previste a progetto o per l'adeguamento del canale di progetto.

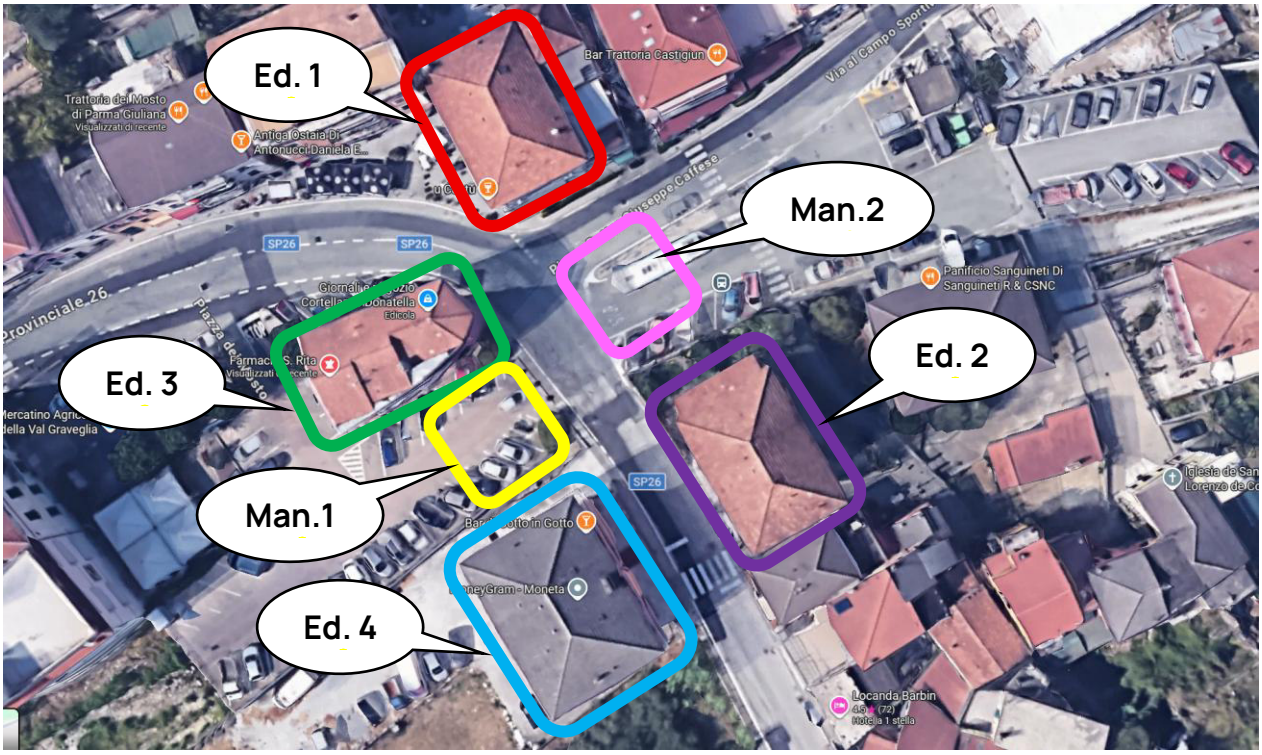


Figura 4.2.1 – Indicazione dei fabbricati e/o opere interessati dal monitoraggio

5 SISTEMA DI MONITORAGGIO TOPOGRAFICO

Il monitoraggio topografico fisso viene realizzato disponendo dei prismi a livello della copertura degli edifici, o sulla facciata e comunque in posizione visibile dalle stazioni di misura, in corrispondenza dei punti ritenuti sensibili in conseguenza alla realizzazione di micropali o di scavi. Gli spostamenti nelle tre direzioni dei suddetti prismi verranno misurati da punti di stazione opportunamente scelti, tale che, sia possibile osservare tutti i punti considerati. Se per la presenza di ostacoli fissi che impediscano la collimazione di tutti i punti da una singola stazione, dovranno essere predisposte più stazioni di misura visibili tra loro tali da consentire la continuità della rete di misura. Le stazioni da cui effettuare le misure saranno costituite da una stazione totale, dotata di database per l'acquisizione e la memorizzazione delle misurazioni effettuate per ogni mira prevista. Nell'esecuzione delle misure, una volta verificata la posizione della stazione rispetto ai punti di riferimento, sarà necessario determinare un fattore di scala per la correzione delle distanze misurate a seguito del cambiamento dei fattori ambientali (temperatura, pressione). Successivamente a tale operazione, sarà possibile eseguire la misurazione dei punti da verificare; al termine della sessione di misura dovrà essere generato un report, nel quale, per ogni punto collimato viene indicata la posizione Nord, Est e altimetrica e le rispettive variazioni rispetto al punto zero.

Di seguito si riportano le immagini illustrative, relative alle strumentazioni da utilizzare per il sistema di monitoraggio topografico.



Figura 5.1 – Stazione totale per le misurazioni.

I target che saranno collimati dalla stazione totale, sono costituiti da micromire da monitoraggio, costituite da prismi riflettenti. Le mire saranno collocate o in corrispondenza della copertura degli edifici oppure lungo la facciata, purché risultino visibili per l'osservazione; di seguito, a titolo illustrativo si riporta un'immagine esplicativa della strumentazione descritta.



Figura 5.2 – Micromira da monitoraggio.

Le indicazioni relative all'ubicazione dei clinometri da predisporre nel cantiere d'interesse sono riportate di seguito.

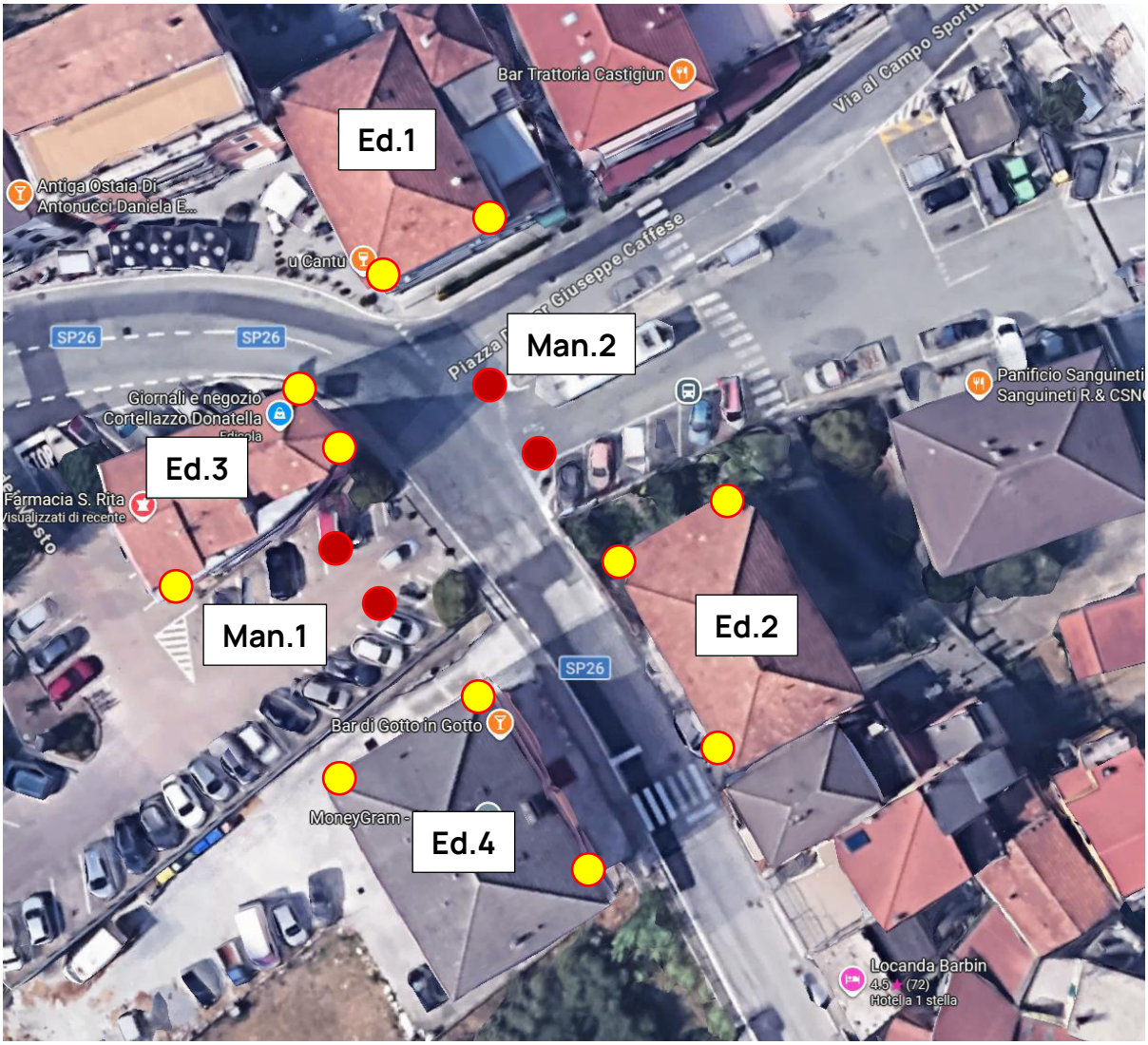


Figura 5.3 – Ubicazione qualitativa mire all'interno del cantiere

Mire su edifici (pallini di colore giallo):

- 2 mire edificio 1
- 3 mire edificio 2
- 3 mire edificio 3
- 3 mire edificio 4

Mire interne al canale (pallini di colore rosso):

- 2 su pareti lato di valle
- 2 su pareti lato di monte

6 SISTEMA DI MONITORAGGIO STATICO/STRUTTURALE

Il monitoraggio statico strutturale viene realizzato mediante l'installazione di sistemi di clinometri da parete posizionati in corrispondenza dei punti ritenuti sensibili.
Tale tipo di strumentazione potrà essere predisposta in corrispondenza dei piani alti degli edifici in modo da leggere ogni minimo movimento non percettibile alla base.
Per quanto riguarda tali misure, queste vengono realizzate mediante l'installazione di inclinometri wireless biassiali che garantiscono una precisione di 0.01°, dotati di datalogger indipendente, munito di ulteriore canale per la misura della temperatura ambientale.
Tale sistema è controllato da una centralina che gestisce i parametri di monitoraggio per ogni sensore (intervalli di acquisizione, soglie di allarme, diagnostica di funzionamento): tale centralina si collega via radio ad ogni datalogger e ad intervalli prestabiliti, (tipicamente 1 ora) lo interroga; qualora nel datalogger vi siano dati nuovi essa acquisisce tali dati e li invia tramite internet ad un centro servizi remoto.

Di seguito si riportano le immagini illustrative, relative alle strumentazioni da utilizzare per il sistema di monitoraggio statico/strutturale.



Figura 6.1 – Clinometro.

Le indicazioni relative all'ubicazione dei clinometri da predisporre nel cantiere d'interesse sono riportate di seguito.

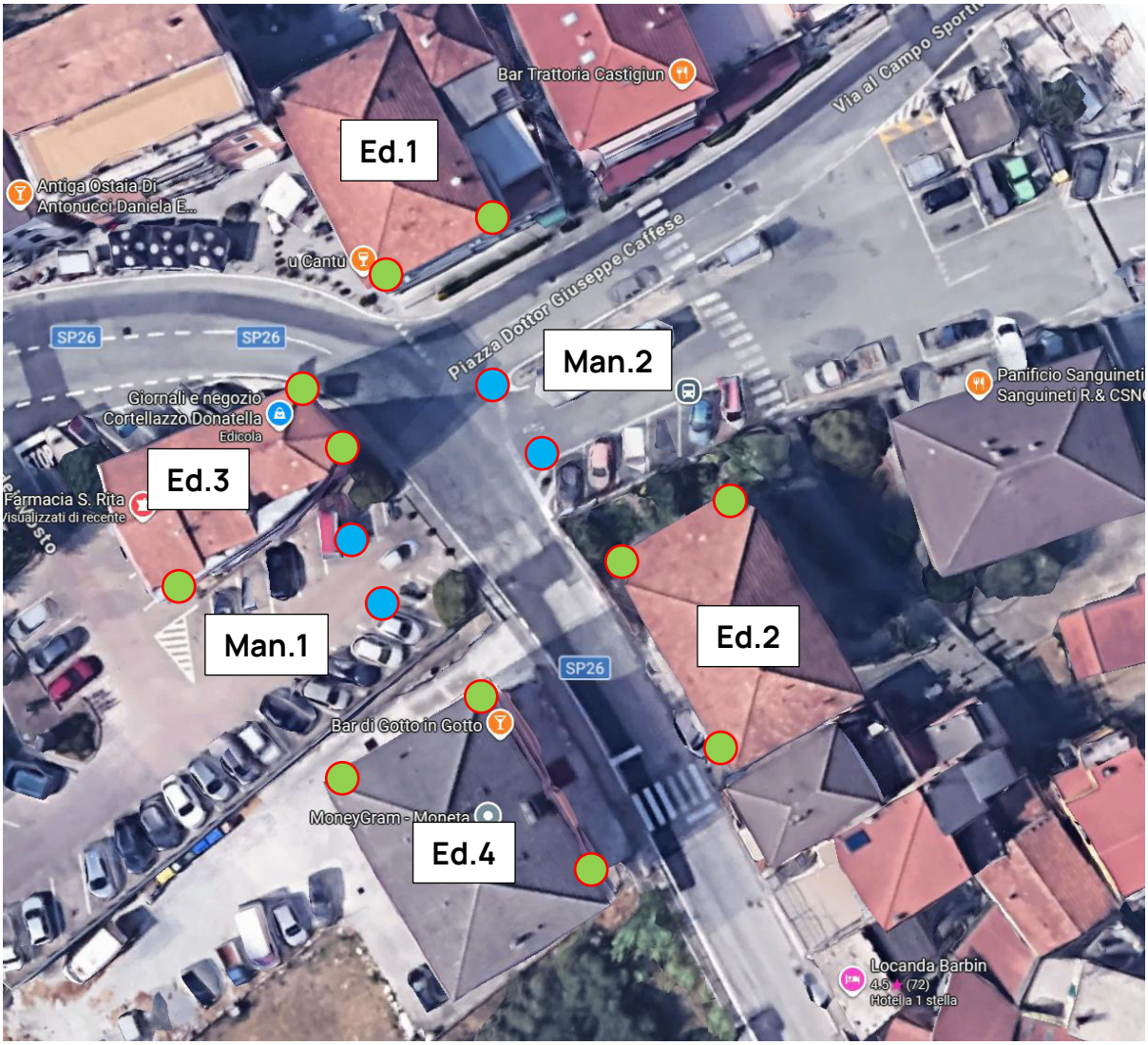


Figura 6.2 – Ubicazione qualitativa clinometri all'interno del cantiere

Clinometri su edifici (pallini di colore verde):

- 2 mire edificio 1
- 3 mire edificio 2
- 3 mire edificio 3
- 3 mire edificio 4

Clinometri interne al canale (pallini di colore azzurro):

- 2 su pareti lato di valle
- 2 su pareti lato di monte

7 SISTEMA DI MONITORAGGIO DINAMICO

Per quanto riguarda il monitoraggio dinamico, questo viene realizzato mediante l'installazione di centraline vibrometriche con geofono triassiale, in punti ritenuti sensibili, ossia in corrispondenza degli edifici, delle opere d'arte e dei manufatti interessati dalle vibrazioni indotte dalle operazioni di perforazione per la realizzazione dei micropali.
La disposizione della strumentazione sarà prevista in corrispondenza del livello strada, in una posizione idonea, tale che, detti sensori risultino protetti da eventuali piene del torrente.
Tali dispositivi si basano sul funzionamento a superamento di trigger; vista la notevole mole di dati che caratterizza un monitoraggio dinamico, la centralina è progettata per rimanere in standby qualora i livelli di vibrazione non superino il trigger impostato e registrare per alcuni secondi qualora tale livello venga superato. Il livello da imporre può essere dettato dalla norma UNI 9916–2014 "Effetti delle vibrazioni sugli edifici", che prevede come soglia minima per edifici ritenuti "sensibili", una velocità di 3 mm/s: in base a tali considerazioni, si ritiene equo fissare il trigger dei geofoni a tale velocità. In questo modo le vibrazioni che superano tale valore vengono registrate su file dalla centralina. Tali centraline sono dotate di modem GSM per il collegamento e lo scarico dati da remoto.

Di seguito si riportano le immagini illustrative, relative alla strumentazione da utilizzare per il sistema di monitoraggio statico/strutturale.



Figura 7.1 – Vibrometro.

Le indicazioni relative all'ubicazione dei clinometri da predisporre nel cantiere d'interesse sono riportate di seguito.



Figura 7.2 – Ubicazione qualitativa vibrometri all'interno del cantiere

Vibrometri in corrispondenza degli edifici (pallini di colore magenta):

- 1 vibrometro in corrispondenza dell'edificio 1
- 1 vibrometro in corrispondenza dell'edificio 2
- 1 vibrometro in corrispondenza dell'edificio 3
- 1 vibrometro in corrispondenza dell'edificio 4