



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Centro per la
Protezione Civile

Prosecuzione dell'attività di monitoraggio dei dissesti nell'abitato di Ricasoli nel Comune di Montevarchi (AR)

Rapporto attività 2026



Contratto di consulenza commissionata tra: Comune di Montevarchi e Centro per
la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze

Firenze, 6 luglio 2026

Responsabile del progetto

Prof. Nicola CASAGLI

Presidente del Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze

Professore ordinario di Geologia Applicata - Università degli Studi di Firenze

Via G. La Pira n.4

50121 FIRENZE (Italy)

Tel: 055 2757523

Email: nicola.casagli@unifi.it

Gruppo di lavoro

Prof. Giovanni GIGLI

Dott.ssa Elisa GARGINI

Dott. Massimiliano NOCENTINI

TAVOLA DEI CONTENUTI

1	INTRODUZIONE.....	5
2	DESCRIZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO	6
3	CONCLUSIONI	13

1 Introduzione

Il presente documento costituisce il rapporto relativo alle attività condotte nell'ambito contratto di consulenza commissionata tra il Comune di Montevarchi (AR) ed il Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze (CPC-UNIFI) per la "Prosecuzione dell'attività di monitoraggio dei dissesti nell'abitato di Ricasoli nel Comune di Montevarchi (AR)", stipulato in data 5 giugno 2025.

Le condizioni di instabilità dei versanti che delimitano l'abitato in oggetto sono state ampiamente investigate nell'ambito di precedenti accordi stipulati tra il 2004 e il 2017 fra il Comune di Montevarchi e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze (DST-UNIFI). Successivamente, a seguito dell'istituzione del Centro, le attività di studio e monitoraggio sono state condotte nell'ambito di un accordo di collaborazione tra Pubbliche Amministrazioni siglato tra il 2021 e il 2024 tra il Comune e il CPC-UNIFI.

Presso l'abitato di Ricasoli è attualmente attiva una rete di sensori *wireless* di monitoraggio installata nel marzo 2014, la cui configurazione è variata nel corso del tempo fino a quella attuale, costituita da 6 nodi sensore ed un nodo coordinatore, che gestiscono un totale di 4 estensimetri a barra, 2 clinometri e 2 celle di carico. La stazione meteo, dotata di sensori termometrico, igrometrico, anemometrico e pluviometrico, recentemente è stata sostituita ed attrezzata come un ulteriore nodo coordinatore. Tale rete di sensori acquisisce in continuo i dati e li pubblica su una sito *web* interattivo e personalizzabile, con accesso diretto da parte degli utenti autorizzati.

Nell'ambito degli accordi di collaborazione che a partire dal 2004 sono stati stipulati dal Comune di Montevarchi prima con il DST-UNIFI e successivamente con il CPC-UNIFI, sono stati trasmessi diversi rapporti relativi all'attività di monitoraggio, nei quali sono stati rappresentati i dati acquisiti dalla rete di sensori fino al dicembre 2024.

Dal momento che né l'analisi dei dati acquisiti, né i sopralluoghi condotti *in situ* evidenziano anomalie o ampliamenti delle lesioni monitorate, così come concordato con il committente, il presente documento riferisce degli interventi condotti sulla rete per garantirne la piena efficienza; inoltre, nel documento si anticipano alcuni interventi la cui esecuzione è prevista nei prossimi mesi.

2 Descrizione della rete di monitoraggio

Il monitoraggio dell'abitato di Ricasoli avviene attraverso l'acquisizione dei dati ottenuti da una rete di nodi *router wireless*, che collega sensori di diversa tipologia; la configurazione attuale è riportata in Figura 1. In particolare, il sistema di monitoraggio risulta attualmente costituito da 6 nodi sensore ed un nodo coordinatore in grado di gestire 4 estensimetri a barra (indicati con il simbolo di colore rosso in Figura 1), 2 clinometri (simbolo di colore azzurro) e 2 celle di carico poste sui tiranti della palificata (simboli di colore giallo). Contestualmente all'ultimo sopralluogo la stazione meteo (simbolo di colore verde), dotata di sensori termometrico, igrometrico, anemometrico e pluviometrico, è stata sostituita e configurata come un nuovo nodo coordinatore per la trasmissione dei dati; la ridondanza consentirà di ovviare ad eventuali problematiche di trasmissione dei dati acquisiti dalla rete *wireless*.

I simboli in Figura 1 indicati con il colore grigio rappresentano i sensori che sono già stati rimossi, o che saranno rimossi nei prossimi mesi; si tratta di 7 nodi, 4 nella parte Nord dell'abitato e 3 nella parte Sud, per un totale di 8 estensimetri a barra e 2 clinometri. Infatti, in alcuni casi i sensori sono posizionati in corrispondenza di fratture che, oltre a risultare stabili nel tempo o essere state oggetto di riparazione e dunque non più presenti, risultano installati su edifici di privati, difficilmente accessibili in occasione di interventi o sopralluoghi.

Per consentire un più facile accesso ai sensori mantenendone l'efficacia di monitoraggio, in virtù della realizzazione della nuova palificata posta a sostegno della strada nel settore Nord, il Centro ha proposto la rimozione di alcuni sensori posizionati sulle abitazioni adiacenti alla strada e la loro installazione in corrispondenza della nuova opera, non appena questa sarà ultimata. Infatti, si ritiene che il monitoraggio diretto della palificata, oltre a garantire la continuità del controllo indiretto sugli edifici a monte, consentirà di individuare eventuali movimenti a valle con maggiore anticipo rispetto alla rilevazione degli effetti degli stessi movimenti sulle abitazioni.



Figura 1 - Ubicazione dei sensori della rete *wireless* per il controllo delle deformazioni delle strutture. La sigla corrisponde alla denominazione del nodo a cui afferiscono i sensori.

Per effetto dell'intervento eseguito sulla stazione meteo, la rete di nodi *router wireless* attualmente fa capo a 2 nodi coordinatori di trasmissione e ricezione dati (denominati C001 e C002), entrambi provvisti di modulo GSM. I nodi coordinatori ricevono ed inviano ad un'apposita piattaforma *web* i dati propri e quelli acquisiti dai sensori collegati ai 6 nodi *router*. L'intera rete di monitoraggio costituisce una *Wireless Sensor Network* (WSN) auto-riconfigurabile, in grado di sopperire ad eventuali deficienze di alcuni nodi nella trasmissione dei dati ai nodi coordinatori. I sensori sono alimentati con pannelli solari che a loro volta alimentano batterie tampone ricaricabili.

Tutti i dati vengono trasmessi in maniera continua su una piattaforma *web* interattiva e personalizzabile e sono consultabili ed elaborabili da parte del personale in possesso delle relative credenziali di accesso; i dati raccolti possono inoltre essere esportati in formato CSV. Sulla piattaforma *web*, i sensori possono essere interrogati in tempo reale (vedi Figura 2) e, nel caso il sistema evidenzia una criticità possono essere ridotti i tempi di acquisizione dei sensori e inviati allarmi tramite messaggi SMS e/o *e-mail*.

Le credenziali per l'accesso alla piattaforma *web* (<https://winetsrl.cloud/v2>) sono le seguenti:

- nome utente: llpp@comune.montevarchi.ar.it
- password: Ricasoli2021!
- telefono ricezione SMS per eventuali allerte: 3357730090

L'attuale frequenza di rilevazione è di 1 dato ogni 10 minuti, mentre la frequenza di trasmissione è di 1 dato ogni 30 minuti; tale intervallo, come enunciato precedentemente, può essere modificato in ogni momento in base alle esigenze riscontrate.

Dati dalla rete																					
DATA	NODO	CellaCarico [kN]	CL1_X [°]	CL1_Y [°]	CL1_Y_nuovo [°]	Dir.Raff. [°]	Dir.Vento [°]	Fess.1 [mm]	Fess.2 [mm]	Incl.X [°]	Incl.Y [°]	Incl2.X [°]	Incl2.Y [°]	Int.Pioggia [mm/h]	Pluv [mm]	Pluv.Cum. [mm]	Temp.Aria [°C]	Vel.Raff. [km/h]	Vel.Vento [km/h]	Batteria [mV]	Segnale [dBm]
28/11/2024 11:00:02	Nodo CellaC1 0001	216.22																		7002	-51
28/11/2024 11:00:01	Nord 4 45C2							0.24	0.00											6693	-86
28/11/2024 11:00:01	Chiesa 45B2							0.09	0.34											6574	-51
28/11/2024 10:59:58	Sud 2 47Z3							-0.03	---											6486	-58
28/11/2024 10:59:58	Sud 1 4712							---	4.75											6548	-81
28/11/2024 10:59:58	St.Meteo 46CE					---	N							0.00	0.00	0.20	14.50	---	0.00	6363	0
28/11/2024 10:59:58	Nord 6 45A8							3.84	645.94											5962	-87
28/11/2024 10:40:06	Coordinatore 466D									-1.53	1.07									7176	0
28/11/2024 10:40:02	Nodo CellaC1 0001	215.82																		6965	-52
28/11/2024 10:40:01	Nord 4 45C2							0.24	0.00											6688	-86

Figura 2 - Lettura dati rilevati dalla rete in tempo reale.

I sensori della rete *wireless* sono stati installati in corrispondenza delle lesioni presenti sugli edifici ritenute maggiormente rappresentative per il controllo delle deformazioni sulle strutture; di seguito se ne riportano posizione e denominazione, ricorrendo alla documentazione fotografica raccolta nel corso dei vari sopralluoghi.

In Figura 3a si riporta un'immagine relativa all'installazione della nuova stazione meteo, avvenuta nel corso del sopralluogo del 25 giugno. Come anticipato, la nuova stazione meteo è stata attrezzata come un nodo coordinatore (denominato C002), con lo scopo di introdurre nella rete di sensori *wireless* un livello di ridondanza tale da incrementarne l'affidabilità e la continuità operativa. Infatti, in caso di guasto, malfunzionamento o temporanea indisponibilità del nodo coordinatore principale, il nodo ridondante è in grado di garantire la prosecuzione delle comunicazioni con i sensori, limitando il rischio di perdita dei dati di monitoraggio.

In Figura 3b si riporta invece l'immagine del nodo coordinatore C001, installato nel nucleo centrale dell'abitato di Ricasoli; a questo nodo è collegato un clinometro biassiale per la misura degli spostamenti

angolari. Nel corso del sopralluogo del 25 giugno per questo nodo è stato effettuato l'aggiornamento del *firmware* ed eseguita la sostituzione della scheda SIM.

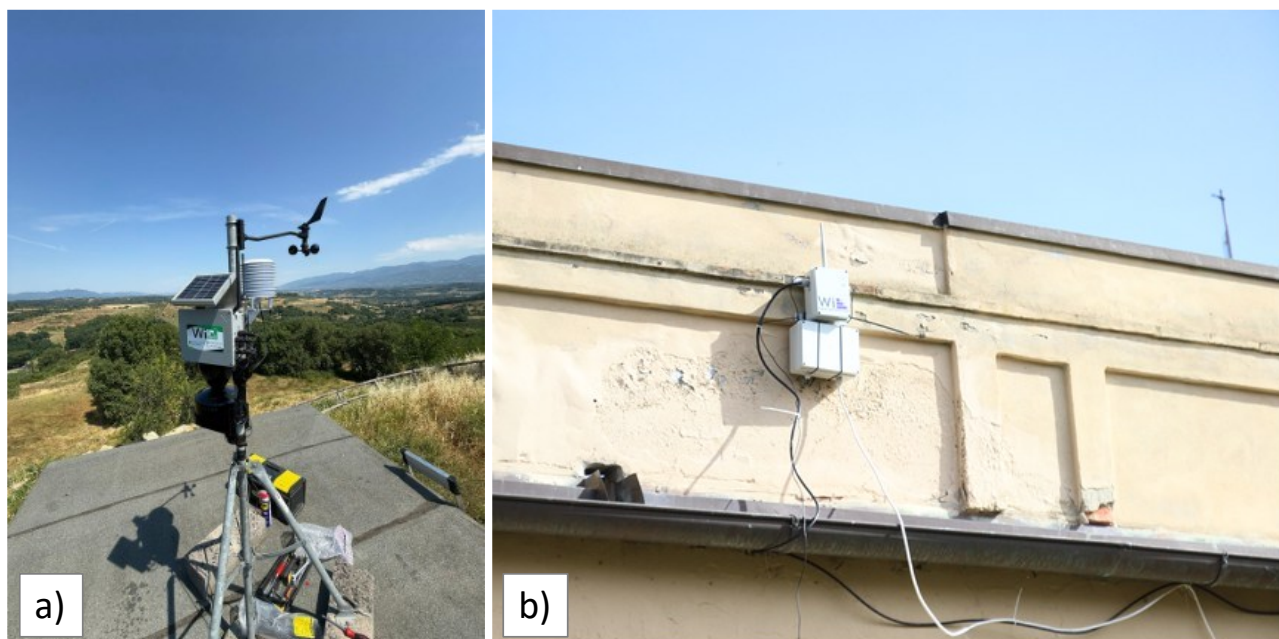


Figura 3 - a) Stazione meteo con sensori termometrico, igrometrico, anemometrico e pluviometrico e nuovo nodo coordinatore C002 nella parte N dell'abitato; b) clinometro biassiale afferente al nodo coordinatore C001 installato nel nucleo centrale dell'abitato.

In Figura 4 si riporta l'immagine dell'estensimetro a barra afferente al nodo Nord 3, posto trasversalmente rispetto ad una serie di lesioni riscontrate sul muro perimetrale di una proprietà privata; nelle prossime settimane è prevista la sostituzione del nodo a causa di un problema all'antenna.



Figura 4 - Estensimetro F1 afferente al nodo Nord 3, installato in corrispondenza di una serie di lesioni di un muro di recinzione presso un'abitazione privata nella parte N dell'abitato.

Nella stessa proprietà privata che ospita il nodo Nord 3 sono collocati altri 3 fessurimetri a barra, uno afferente al nodo Nord 1 e 2 afferenti al nodo Nord 2; questi sensori saranno rimossi nei prossimi mesi.

In Figura 5 si rappresentano il clinometro biassiale e il nodo Nord 5, posti in corrispondenza della palificata posta a sostegno della strada nel settore Nord dell'abitato. Questo sostituisce di fatto il nodo omonimo, originariamente collegato a 2 clinometri monoassiali, che hanno sempre restituito dati piuttosto rumorosi e per le quali si è già provveduto alla rimozione.



Figura 5 - a) Clinometro biassiale afferente al nodo Nord 5 installato nella parte NO dell'abitato; b) nodo Nord 5 con relativi pannello solare, batteria tampone e antenna.

Nell'area a Nord-Ovest dell'abitato di Ricasoli, in prossimità del nodo Nord 5, come mostrato in Figura 1, sono presenti anche il nodo Nord 4 ed il nodo Nord 6, ciascuno collegato ad un estensimetro a barra. Questi nodi saranno prossimamente rimossi in quanto, come anticipato, sono posizionati in corrispondenza di lesioni individuate su private abitazioni che nel tempo sono state riparate e dunque non sono più presenti.

In Figura 6 sono rappresentati l'estensimetro F1 (Figura 6a) e l'estensimetro F2 (Figura 6b) posizionati sulla Chiesa di Santa Maria a Ricasoli, trasversalmente ad alcune lesioni ancora visibili in facciata; la Figura 7a mostra, insieme all'estensimetro a barra F1, il dettaglio del nodo Chiesa.

In Figura 7b si mostra invece una lesione piuttosto evidente che parte dal vertice della finestra ogivale e procede verso il tetto della chiesa. A seguito della segnalazione relativa all'ampliamento di alcune crepe all'interno della chiesa e del conseguente sopralluogo condotto dal personale del Centro, è stata valutata l'opportunità di monitorare tali lesioni con fessurimetri a lettura continua. In particolare, è stato stabilito di utilizzare a tale scopo uno o più degli estensimetri a barra rimossi dalle lesioni considerate stabili nel tempo, senza ulteriori oneri per l'amministrazione; tale intervento sarà effettuato non appena sarà possibile utilizzare il mezzo con cestello elevatore nelle disponibilità del Comune.

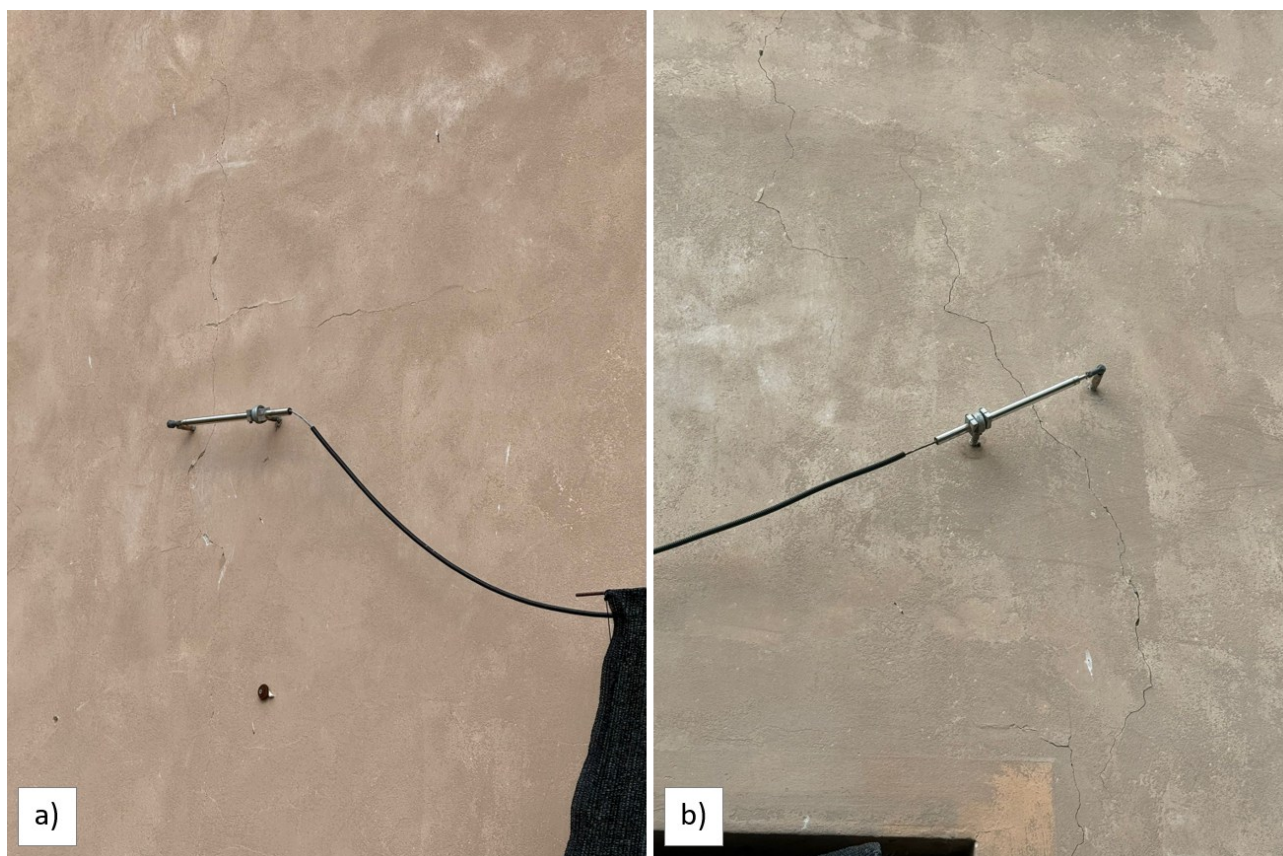


Figura 6 - Estensimetri F1 (a) ed F2 (b) del nodo Chiesa installato nel nucleo centrale dell'abitato.

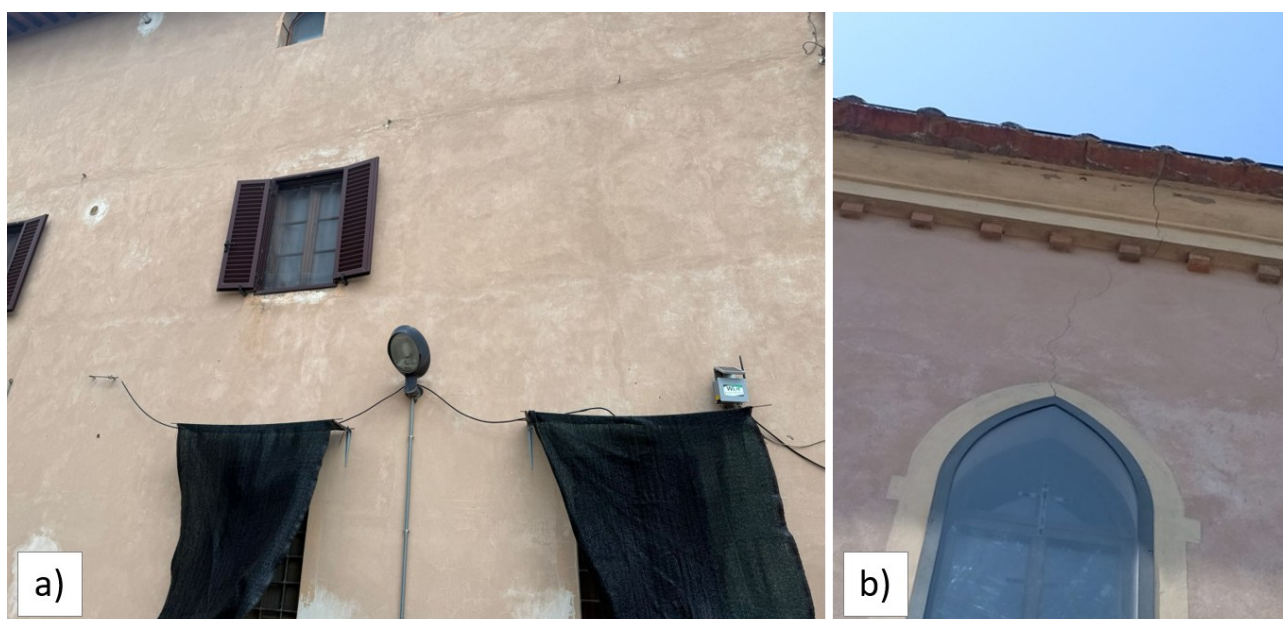


Figura 7 - a) Estensimetro F1 e nodo Chiesa; b) dettaglio della lesione che parte dal vertice della finestra ogivale e procede verso il tetto della Chiesa di Santa Maria a Ricasoli.

In Figura 8 sono rappresentati l'estensimetro a barra e il nodo Sud 4, ubicati a Sud-Ovest dell'abitato; in questa area, a seguito dell'analisi dei dati di monitoraggio e di altre valutazioni di carattere pratico, è stata stabilita l'opportunità di rimuovere il nodo Sud 3, collegato a un estensimetro a barra e un clinometro, già rimossi.



Figura 8 - a) Estensimetro afferente al nodo Sud 4 installato nella parte SO dell'abitato; b) nodo Sud 4 con relativi pannello solare, batteria tampone e antenna.

Infine, la presenza nella parte Sud delle celle di carico C1 e C2, rappresentate in Figura 9, ambedue accessibili senza la necessità di introdursi all'interno di proprietà private e soprattutto capaci di fornire dall'inizio dell'acquisizione dati robusti e affidabili, ha supportato il personale del Centro a optare per la rimozione dei nodi Sud 1 e Sud 2, collegati ciascuno ad un estensimetro a barra.



Figura 9 - Vista del cordolo di testa di una delle berlinesi tirantate sul versante S; la freccia di colore rosso indica il pozzetto di installazione della cella di carico; b) cella di carico.

Per mantenere l'efficienza ed il corretto funzionamento della rete di sensori, successivamente alla consegna dell'ultimo rapporto di monitoraggio sono stati condotti 4 sopralluoghi, secondo la cronologia riportata di seguito:

- 04/03/2025: è stato eseguito il completo ripristino del nodo Nord 3, che appariva danneggiato, ed è stata effettuata la sostituzione delle batterie relative ai nodi Nord 3, Nord 4, Nord 5, Nord 6, Sud 3 e Sud 4; per i nodi Nord 1 e Nord 2 non è stato possibile procedere con la sostituzione delle batterie a causa dell'impossibilità di accesso alla proprietà privata al momento del sopralluogo;
- 14/07/2025: il nodo Sud 3, a cui erano collegati un estensimetro ed un clinometro, è stato rimosso in quanto i sensori non rilevavano sostanzialmente alcun segno di movimento; contestualmente al sopralluogo è stata ipotizzata la rimozione anche dei 2 vecchi clinometri collegati al nodo Nord 5, che, come già osservato, hanno sempre fornito acquisizioni dati piuttosto rumorose. In questa occasione sono state visionate anche le nuove lesioni presenti sulla facciata della Chiesa di Santa Maria;
- 20/04/2026: è stata effettuata la sostituzione della batteria della stazione meteo e contestualmente ne è stato effettuato anche il riavvio; inoltre, è stata riscontrata la necessità di sostituzione dell'antenna *wifi*. Sono stati riattivati i 2 estensimetri del nodo Chiesa e per il nodo Nord 3 è stata riscontrata la rottura dell'antenna *wifi*. È stato riavviato il nodo Nord 5 ubicato sulla vecchia berlinese ed è stata presa visione dello stato dell'arte dei lavori condotti; in particolare, al momento del sopralluogo, è stata rilevata la predisposizione dei pali e dei tiranti per la nuova berlinese, mentre risultava non ancora realizzato il cordolo in testa. Infine, è stata effettuata la sostituzione della batteria del nodo Nord 4;
- 25/06/2026: in riferimento alla stazione meteo, è stato effettuato l'aggiornamento *firmware* e la sostituzione della SIM e il nodo è stato attrezzato come un nuovo nodo coordinatore C002. Il nodo Chiesa è stato sostituito, mantenendo i 2 fessurimetri ed è stata valutata l'integrazione con uno o più sensori ulteriori per il monitoraggio delle nuove lesioni. È stata effettuata la rimozione del nodo Nord 5, che è stato sostituito da un nuovo nodo e un nuovo clinometro, come precedentemente ipotizzato; infine, è stata effettuata la sostituzione anche del nodo Sud 4.

3 Conclusioni

Il contratto attualmente in essere tra il Comune di Montevarchi ed il Centro per la Protezione Civile è finalizzato alla prosecuzione dell'attività di monitoraggio dei dissesti nell'abitato di Ricasoli attraverso la rete di sensori *wireless*, che è attualmente costituita da 2 nodi coordinatori e 6 nodi *router*, collegati a 4 estensimetri a barra, 2 clinometri, 2 celle di carico e una stazione meteo.

Nel periodo di riferimento sono state svolte le attività necessarie a garantire la continuità operativa e l'efficienza di tale rete; in particolare, gli interventi effettuati hanno riguardato principalmente la manutenzione ordinaria e straordinaria della strumentazione, l'aggiornamento dei nodi di acquisizione e trasmissione dati e la progressiva riorganizzazione della rete, finalizzata a migliorarne l'affidabilità e l'efficacia del monitoraggio.

L'installazione del nuovo nodo coordinatore associato alla stazione meteo ha introdotto un'importante ridondanza nel sistema di trasmissione, incrementando la resilienza della rete rispetto ad eventuali malfunzionamenti del nodo principale e riducendo il rischio di interruzioni nell'acquisizione dei dati. Contestualmente, sono stati eseguiti aggiornamenti *firmware*, sostituzioni di batterie, antenne e schede SIM, oltre alla sostituzione di alcuni nodi ormai obsoleti o danneggiati.

L'analisi delle informazioni raccolte nel corso dell'attività di monitoraggio e i sopralluoghi eseguiti non hanno evidenziato variazioni significative dello stato di deformazione delle strutture monitorate, né elementi tali da indicare un'evoluzione dei fenomeni di instabilità già noti. Tale quadro conferma quanto osservato negli anni precedenti, evidenziando una sostanziale stabilità delle lesioni oggetto di controllo.

Sulla base di tali evidenze è stata inoltre avviata una razionalizzazione della rete di monitoraggio, mediante la progressiva rimozione dei sensori installati in corrispondenza di lesioni ormai stabilizzate o riparate e difficilmente accessibili, privilegiando il monitoraggio di opere strutturali maggiormente rappresentative, quali la nuova palificata di sostegno del settore Nord. Analogamente, è stata programmata la riallocazione di alcuni sensori rimossi per il controllo delle nuove lesioni riscontrate nella Chiesa di Santa Maria a Ricasoli, ottimizzando le risorse già disponibili senza comportare ulteriori oneri per l'amministrazione.

Nel complesso, le attività svolte hanno consentito di mantenere elevata l'affidabilità del sistema di monitoraggio e di adeguarne progressivamente la configurazione all'evoluzione delle condizioni del sito e degli interventi di consolidamento realizzati. Si ritiene pertanto opportuno proseguire le attività di monitoraggio e manutenzione periodica della rete, completando gli interventi programmati e continuando a verificare nel tempo il comportamento delle opere di stabilizzazione e delle strutture ritenute maggiormente significative per il controllo dell'abitato.