COMUNE DI CREMA (CR)

RELAZIONE TECNICA PRELIMINARE DI FATTIBILITÀ STRUTTURALE

Inquadramento del dissesto e proposta di intervento per la messa in sicurezza dell'androne carrale, degli archi, delle murature soprastanti e del soffitto decorato

Localizzazione	Località Ca' delle Mosche - Comune di Crema (CR)
Committente	
Oggetto	Messa in sicurezza di porzione di edificio storico con dissesti fondazionali, fessurazioni murarie e lesioni del soffitto decorato
Livello del documento	Relazione tecnica preliminare e criteri di progetto
Data	Agosto 2026 - Rev. 04
Redazione	ING. CRISTIAN RUINI Via Matilde Di Canossa 4 Crema (CR)

Crema, 1 agosto 2026

Il Tecnico

Ing Cristian Ruini



Indice

1	Premessa sulla tutela, oggetto e finalità	3
2	Documentazione esaminata e limiti conoscitivi	4
3	Descrizione dei luoghi e inquadramento planimetrico	4
4	Rilievo fotografico e quadro fessurativo	5
5	Inquadramento geologico e geotecnico	16
6	Interpretazione del meccanismo di dissesto	14
7	Obiettivi e criteri generali dell'intervento	14
8	Progetto preliminare di rinforzo fondazionale	15
9	Riparazione delle murature e rinforzo degli archi	17
10	Fasi esecutive e opere provvisionali	18
11	Controlli in corso d'opera e criteri di accettazione	19
12	Verifiche progettuali da sviluppare	20
13	Gestione delle acque e delle interferenze	20
14	Conclusioni	20
R	Riferimenti documentali e normativi	21
A	Allegato A - Stima preliminare del budget di spesa	22

1. Premessa sulla tutela, oggetto e finalità

Natura dell'elaborato e disciplina di tutela.

L'immobile è assoggettato alle vigenti disposizioni di tutela diretta ai sensi della Parte II del D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 e s.m.i., per effetto del D.M. 14 aprile 1989. La presente relazione ha pertanto natura esclusivamente preliminare e di fattibilità strutturale: non costituisce progetto architettonico o strutturale esecutivo, titolo abilitativo né autorizzazione all'esecuzione delle opere. Le soluzioni descritte rappresentano ipotesi tecniche da verificare mediante rilievi, saggi, indagini e calcoli e da sviluppare nel successivo progetto autorizzativo ed esecutivo.

Qualunque intervento dovrà essere preventivamente sottoposto all'autorizzazione della Soprintendenza competente ai sensi dell'art. 21 del D.Lgs. 42/2004. Il progetto architettonico e di restauro, nonché la direzione lavori delle opere aventi carattere storico-artistico, dovranno essere affidati a un architetto abilitato, in coordinamento con il progettista strutturale e con le figure tecniche abilitate per la parte strutturale, geotecnica, della sicurezza e del collaudo. L'esecuzione potrà iniziare soltanto dopo il conseguimento delle autorizzazioni e dei titoli prescritti e nel rispetto delle eventuali condizioni impartite dall'Amministrazione di tutela.

La presente relazione riguarda una porzione di edificio storico situato in località Ca' delle Mosche, nel Comune di Crema, interessata da un quadro di fessurazioni che coinvolge le murature dell'androne di ingresso carrale, le zone d'imposta e la muratura soprastante gli archi. La documentazione integrativa acquisita mostra ulteriori lesioni sulla medesima parete nel locale adiacente dotato di camino e, al piano primo, nelle murature poste sopra l'arco intermedio e sopra l'arco verso il giardino; nello stesso livello è inoltre presente un soffitto decorato con fessure diffuse, distacchi e una lacuna con perdita di materiale. Il quadro fotografico dell'androne mostra la presenza di puntellamenti provvisori in legno e acciaio già installati in corrispondenza dei varchi.

L'obiettivo del documento è ordinare i dati disponibili, descrivere il dissesto, inquadrare le condizioni geotecniche e definire una strategia di intervento coerente con l'ipotesi di cedimento differenziale delle fondazioni. La soluzione proposta prevede: consolidamento fondazionale mediante micropali di diametro massimo 114 mm, disposti esclusivamente sul lato dell'androne e localizzati in corrispondenza o in prossimità dei piedritti dell'arco intermedio e dell'arco verso il giardino; travi e cordoli di trasferimento in calcestruzzo armato collegati alle teste dei micropali; cordolo in calcestruzzo armato sul lato del locale interno, privo di micropali e collegato agli elementi esterni mediante collegamenti passanti; riparazione delle murature; rinforzo bilaterale delle pareti e degli archi mediante sistemi CRM/FRCM qualificati.

La relazione è intenzionalmente priva di dimensionamenti esecutivi, poiché non sono disponibili il rilievo geometrico completo, la caratterizzazione meccanica delle murature, la geometria delle fondazioni esistenti, i carichi dei piani sovrastanti, la verifica delle orditure lignee del soffitto decorato e una campagna geotecnica estesa oltre la profondità di 6,30 m.

CONDIZIONE DI SICUREZZA IMMEDIATA

Fino alla verifica delle opere provvisionali e alla definizione del progetto di consolidamento, i puntellamenti non devono essere modificati o rimossi. È opportuno limitare il transito carrale e le lavorazioni che producano vibrazioni o variazioni di carico in prossimità degli archi e delle murature lesionate.

Per i distacchi e la lacuna del soffitto decorato al piano primo, devono essere interdette le zone sottostanti fino alla verifica ravvicinata e all'eventuale posa di sistemi provvisionali di ritegno progettati. Evitare puntellamenti improvvisati a contrasto sulle superfici decorate.

2. Documentazione esaminata e limiti conoscitivi

Sono stati esaminati i seguenti elaborati e materiali:

- [P1] Stralcio planimetrico dell'edificio e dell'area di ingresso;
- [G1] Relazione geologico-tecnica e allegati, dott. geol. Mattia Lucchi, novembre 2025;
- [F1] Documentazione fotografica dello stato dei luoghi, composta da venti immagini;
- [F2] Documentazione fotografica integrativa del locale adiacente all'androne e del piano primo, composta da sette immagini;
- [D1] File DWG delle planimetrie, fornito come elaborato di riferimento.
- [V1] D.M. 14 aprile 1989, provvedimento di tutela diretta dell'immobile, come indicato dal Committente;

Le conclusioni hanno carattere preliminare. Devono essere integrate con rilievo metrico e materico, saggi sulle fondazioni, ispezione delle superfici dopo rimozione controllata dell'intonaco, verifica dei solai e delle murature soprastanti, accertamento delle reti interrate e approfondimento geotecnico. La valutazione del soffitto decorato richiede inoltre un esame ravvicinato in sicurezza, il riconoscimento del supporto e dei sistemi di ancoraggio e, per gli aspetti conservativi, l'intervento di un restauratore qualificato. Le soluzioni definitive dovranno essere coordinate nel progetto architettonico e strutturale da sottoporre alla preventiva autorizzazione della Soprintendenza.

Nella relazione geologica la prova MASW richiamata in [G1] è stata eseguita in un sito di riferimento posto a circa 1 km dall'area; può supportare la classificazione sismica generale, ma non sostituisce la caratterizzazione geotecnica locale necessaria per i micropali.

3. Descrizione dei luoghi e inquadramento planimetrico

L'area oggetto di intervento comprende l'androne di ingresso carrale, elemento di collegamento tra spazio esterno/corte e fabbricato, il locale immediatamente adiacente alla parete lesionata e le corrispondenti porzioni del piano primo. Il passaggio è delimitato da murature portanti intonacate e comprende più varchi ad arco. Le strutture orizzontali superiori sono costituite, per quanto visibile, da orditure lignee; al piano primo sono presenti finiture e soffitti decorati di interesse storico. Le murature sono indicate dal committente come murature in laterizio; tale composizione dovrà essere verificata mediante saggi locali, poiché l'intonaco impedisce una lettura completa della tessitura.

La disposizione planimetrica mostra che l'ingresso è inserito in un sistema di pareti longitudinali e trasversali con ambienti adiacenti. L'intervento fondazionale non dovrà quindi essere limitato alla sola proiezione della fessura visibile, ma dovrà evitare bruschi salti di rigidezza e garantire continuità nella zona dei piedritti degli archi e delle pareti ortogonali connesse.

Le nuove immagini consentono una prima correlazione verticale del dissesto: la parete con il camino nel locale adiacente coincide con la muratura fessurata dell'androne e le lesioni del piano primo ricadono sopra l'arco intermedio e sopra quello rivolto verso il giardino. Questa corrispondenza spaziale amplia il volume strutturale da indagare, senza tuttavia dimostrare, in assenza di rilievi e saggi, che tutte le manifestazioni abbiano un'unica causa.

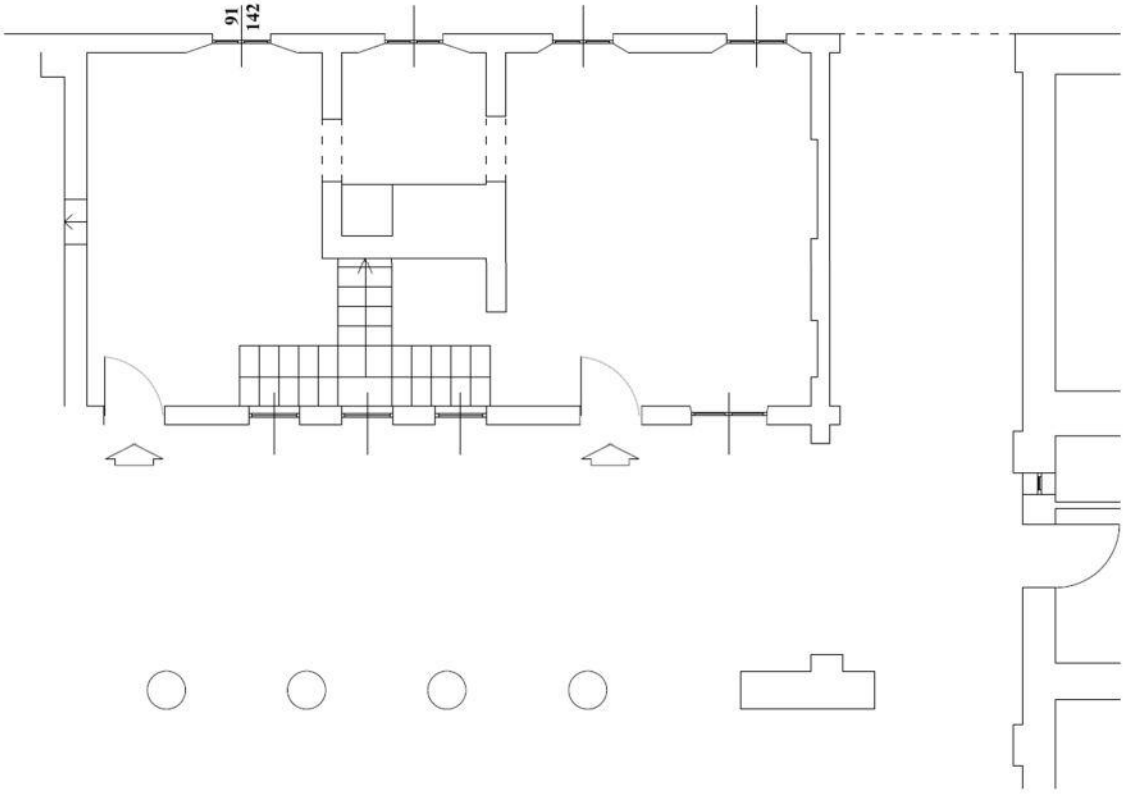


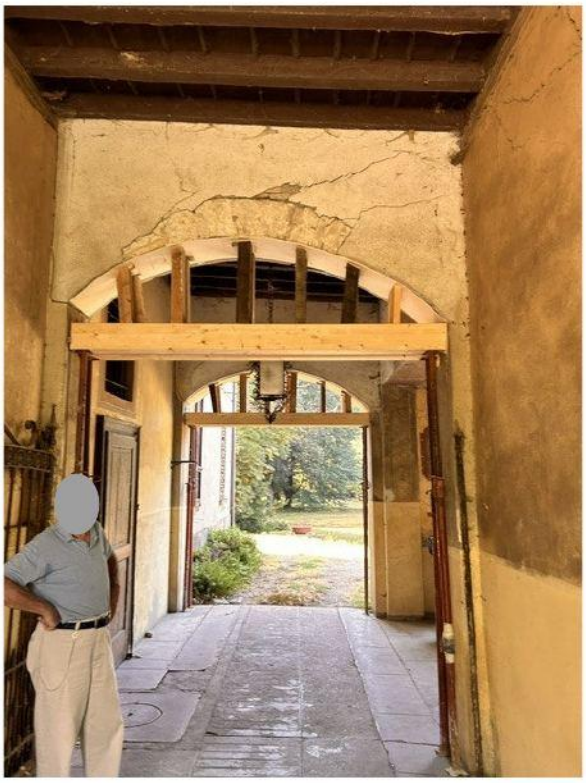
Figura 1 - Planimetria con individuazione della zona dell'androne e dell'ingresso carrale. Fonte: [P1];

4. Rilievo fotografico e quadro fessurativo

Dalle fotografie si riconosce un sistema di lesioni non riconducibile al solo ritiro dell'intonaco. Le fessure principali hanno andamento diagonale o subverticale, attraversano ampie porzioni dei pannelli, raggiungono le zone d'imposta e la muratura soprastante gli archi e, in alcuni punti, proseguono verso il piede della parete. Le immagini integrative mostrano la continuità del quadro sulla faccia del locale adiacente, in corrispondenza del camino, e la sua estensione alle murature del piano primo; il soffitto decorato presenta inoltre un distinto fenomeno di fessurazione e distacco. L'insieme è compatibile con deformazioni differenziali della base muraria, accompagnate da rotazioni locali dei piedritti e redistribuzione delle spinte degli archi, ma richiede verifiche specifiche per distinguere lesioni strutturali, degrado dell'intonaco e dissesti propri del soffitto.



Fotografia 1 (IMG_8053) - Vista generale dell'androne: portale interno puntellato, murature laterali e percorso carrale.



Fotografia 2 (IMG_8057) - Vista nel verso opposto: relazione tra parete lesionata, arco soprastante e puntellamento provvisorio.

La fessura più evidente interessa il pannello laterale con andamento diagonale discendente e prosegue fino alla fascia basamentale. L'ampiezza non è desumibile in modo affidabile dalle fotografie e dovrà essere rilevata e documentata nel corso del rilievo preliminare. La presenza di annerimenti e degrado nella parte bassa suggerisce inoltre umidità persistente, coerente con la falda superficiale, ma non dimostra da sola la causa del cedimento.

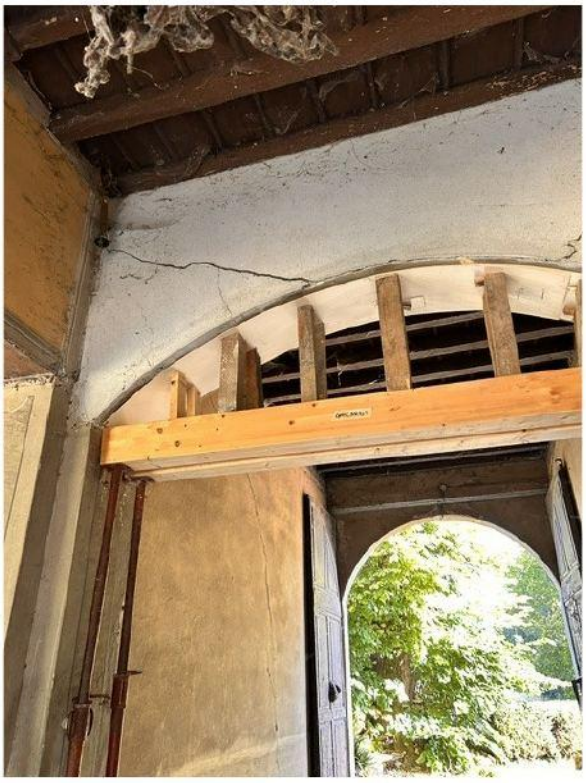


Fotografia 3 (IMG_8056) - Lesione diagonale principale del pannello murario, estesa dalla parte alta verso il piede.

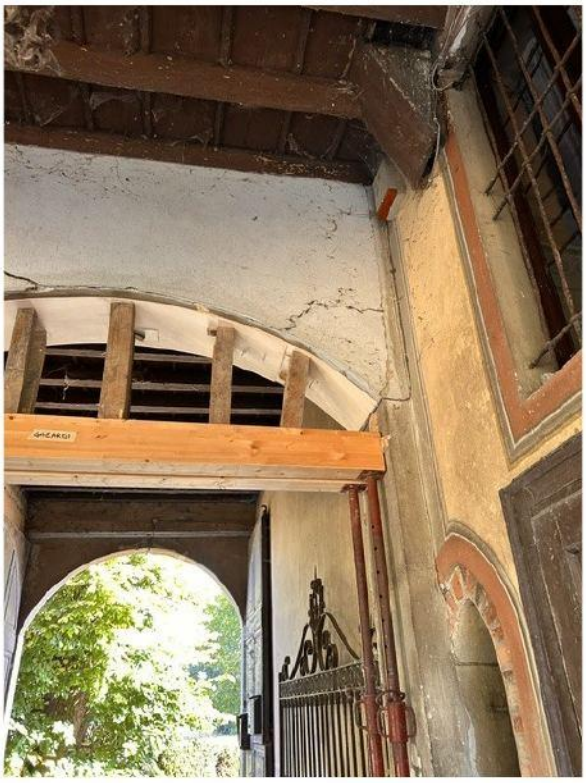


Fotografia 4 (IMG_8055) - Dettaglio della prosecuzione della lesione nella fascia basamentale e in prossimità della pavimentazione.

Le fessurazioni nella muratura soprastante gli archi sono distribuite in corrispondenza delle reni e degli appoggi. Tale configurazione richiede di verificare se si sia prodotto un abbassamento differenziale di un piedritto, una rotazione della parete o un'apertura delle imposte. La sola applicazione di una rete superficiale, senza stabilizzazione della fondazione, rischierebbe di trasferire le tensioni in zone adiacenti senza eliminare il meccanismo.



Fotografia 5 (IMG_8050) - Fessure nella muratura sopra l'arco e in prossimità della zona di imposta.



Fotografia 6 (IMG_8051) - Dettaglio del nodo tra arco, muratura laterale e orditura lignea; presenza di lesioni diffuse nell'intonaco e nella muratura sottostante da accertare.

I puntelli metallici appoggiano su piastre posate sulla pavimentazione. Non sono disponibili verifiche della capacità della pavimentazione, del terreno sottostante, dei traversi superiori o del controventamento. Il sistema provvisorio deve essere controllato affinché non scarichi i carichi sulla stessa zona fondazionale in cedimento e non perda efficacia in caso di ulteriori movimenti.



Fotografia 7 (IMG_8060) - Appoggi inferiori dei puntelli metallici in prossimità del piedritto e della pavimentazione.



Fotografia 8 (IMG_8065) - Appoggi dei puntelli sul lato opposto; da verificare ripartizione, stabilità e indipendenza dalla fondazione dissestata.

Le fotografie esterne mostrano ulteriori fessure nella facciata soprastante il portale, incluse lesioni subverticali e orizzontali presso le aperture e le cornici. Il fenomeno sembra quindi interessare un volume murario più ampio del solo intonaco interno dell'androne.



Fotografia 9 (IMG_8067) - Quadro fessurativo esterno sopra il portale, con lesioni in corrispondenza della muratura e delle aperture.



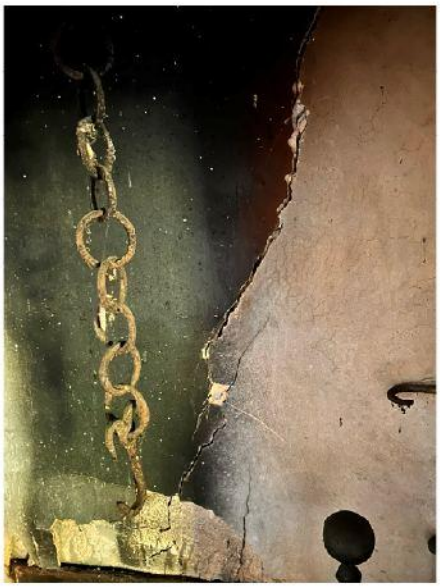
Fotografia 10 (IMG_8069) - Vista esterna complessiva del portale e della porzione di facciata interessata.

4.1 Locale adiacente all'androne - parete con camino

La parete del locale adiacente coincide con la muratura lesionata dell'androne. Sopra e ai lati della cappa del camino sono visibili fessure subverticali e diagonali; all'interno del focolare una lesione appare più aperta e si accompagna a distacco dell'intonaco nella zona basale. La presenza del camino impone di verificare anche la tessitura circostante, la canna fumaria, eventuali discontinuità costruttive e gli effetti termici, così da distinguere i fenomeni locali dalla deformazione complessiva della parete.



Fotografia 11 (IMG_8127) - Locale adiacente all'androne: vista della parete con camino; fessure diffuse sopra la cappa e nel pannello murario laterale.



Fotografia 12 (IMG_8128) - Dettaglio interno del focolare: fessura con apertura più marcata lungo il raccordo tra zona annerita e muratura intonacata, con distacco alla base.



Fotografia 13 (IMG_8130) - Vista complessiva della parete comune: prosecuzione delle lesioni dalla sommità verso il camino e verso l'apertura laterale del locale.

4.2 Piano primo - muratura sopra l'arco intermedio

Nella muratura del piano primo posta sopra l'arco intermedio dell'androne si osservano lesioni diagonali con sviluppo esteso, in parte convergenti verso lo spigolo dell'apertura di porta. Alla base è presente una perdita locale d'intonaco. Alcune fessure raggiungono la fascia decorata superiore e proseguono verso il raccordo con il soffitto. La profondità delle lesioni e il loro effettivo attraversamento della tessitura muraria devono essere accertati mediante saggi controllati.



Fotografia 14 (IMG_8131) - Piano primo sopra l'arco intermedio: lesioni diagonali nel pannello murario, fessura presso lo stipite della porta e caduta locale dell'intonaco al piede.



Fotografia 15 (IMG_8143) - Vista estesa della medesima parete: le fessure raggiungono la fascia decorata e il raccordo con il soffitto.

4.3 Piano primo - zona sopra l'arco verso il giardino e soffitto decorato

Nella porzione di piano primo posta sopra l'arco rivolto verso il giardino sono presenti fessure attorno all'apertura, distacchi e lacune dell'intonaco. Il soffitto decorato della stanza sovrastante l'androne presenta un quadro più grave: fessure diffuse, discontinuità lungo cornici e raccordi, una lacuna con perdita di materiale e messa a vista del supporto sottostante. Questo fenomeno determina un rischio locale di caduta di frammenti e deve essere messo in sicurezza e diagnosticato autonomamente, verificando sia la deformazione delle strutture lignee sia il degrado o la perdita di aderenza degli strati decorati.



Fotografia 16 (IMG_8132) - Soffitto decorato della stanza al piano primo sopra l'androne: fessurazioni diffuse e lacuna con perdita di materiale e supporto sottostante a vista.



Fotografia 17 (IMG_8138) - Muratura al piano primo sopra l'arco verso il giardino: fessure intorno all'apertura e perdita locale d'intonaco nella fascia superiore.

4.4 Sintesi dei fenomeni da verificare

Zona	Evidenza	Meccanismo da accertare
Pannello laterale dell'androne	Lesione diagonale continua e prosecuzione al piede	Cedimento/rotazione del piedritto; possibile discontinuità fondazionale
Muratura sopra gli archi	Fessure presso reni, imposte e fascia superiore	Redistribuzione delle spinte e deformazione differenziale degli appoggi
Facciata esterna	Fessure subverticali e orizzontali attorno alle aperture	Coinvolgimento di una porzione muraria più estesa
Pavimentazione e basi dei puntelli	Giunti e discontinuità presso gli appoggi	Capacità di ripartizione e stabilità delle opere provvisionali da verificare
Fascia basamentale	Umidità, aloni e degrado superficiale	Interferenza della falda e/o di acque meteoriche o reti interrate
Locale adiacente - parete con camino	Fessure sopra e ai lati della cappa; lesione più aperta nel focolare	Continuità del meccanismo nella parete comune; discontinuità costruttive e influenza della canna fumaria da verificare
Piano primo - sopra arco intermedio	Lesioni diagonali, fessura presso la porta e perdita d'intonaco al piede	Propagazione della deformazione alla muratura superiore; profondità e continuità delle lesioni da accertare
Piano primo - sopra arco verso giardino	Fessure attorno all'apertura e lacune dell'intonaco	Interazione tra pannello superiore, apertura e arco sottostante; verifica di architrave, appoggi e collegamenti
Soffitto decorato al piano primo	Fessure diffuse, distacchi e lacuna con supporto a vista	Possibile perdita di aderenza e/o deformazione del solaio; messa in sicurezza e diagnosi specifica immediata

5. Inquadramento geologico e geotecnico

La relazione geologica [G1] colloca l'area in classe di fattibilità geologica 3C, con consistenti limitazioni di tipo idrogeologico, e segnala una falda freatica a circa 1,10 m dal piano campagna. Le due prove penetrometriche dinamiche raggiungono la profondità massima di 6,30 m e descrivono terreni superficiali di scarsa o pessima qualità geotecnica, con livelli argillosi e localmente torbosi a bassissima consistenza.

Prova	Profondità	Descrizione sintetica	Resistenza
SCPT 1	0,00-0,60 m	Terreno agrario/riporto limoso poco addensato	N≈3-4
SCPT 1	0,60-2,40 m	Limo sabbioso argilloso, bassa consistenza	N≈2-3
SCPT 1	2,40-4,20 m	Argilla torbosa leggermente sabbiosa, consistenza molto bassa	N≈1-2
SCPT 1	4,20-5,10 m	Limo sabbioso argilloso, qualità molto scarse	N≈2-3
SCPT 1	5,10-6,30 m	Sabbia con ghiaietto mediamente addensata	N≈9-11
SCPT 2	0,00-0,60 m	Terreno agrario/riporto limoso poco addensato	N≈3-4
SCPT 2	0,60-3,00 m	Argilla torbosa leggermente sabbiosa, consistenza molto bassa	N≈1-2
SCPT 2	3,00-4,50 m	Limo sabbioso argilloso, qualità molto scarse	N≈3-4
SCPT 2	4,50-6,30 m	Sabbia con ghiaietto mediamente addensata	N≈10-12

Lo strato relativamente più resistente compare a circa 4,50 m nella SCPT 2 e a circa 5,10 m nella SCPT 1. La differenza di quota e la presenza di livelli torbosi indicano eterogeneità e forte deformabilità del primo sottosuolo. Poiché le prove terminano a 6,30 m, non è definita la continuità né lo spessore del livello sabbioso-ghiaioso. Non è pertanto corretto assumere automaticamente una lunghezza dei micropali pari a 5-6 m: il tratto resistente e la profondità di progetto devono essere stabiliti con indagini più profonde e verifiche di capacità portante e cedimento.

La falda superficiale può interferire con la fondazione e con le lavorazioni, ma non deve essere assunta come causa unica del dissesto. Devono essere valutati anche consolidazione dei terreni fini e torbosi, oscillazioni stagionali, perdite da reti interrate, insufficiente regimazione delle acque meteoriche, dilavamento locale e disomogeneità delle fondazioni esistenti.

APPROFONDIMENTO GEOTECNICO NECESSARIO

Prima del dimensionamento esecutivo si raccomanda una CPTu o un sondaggio geognostico con campionamento e prove di laboratorio fino a profondità adeguata, indicativamente non inferiore a 10-12 m salvo diversa valutazione del geologo. Nel corso delle indagini dovrà essere rilevata la quota della falda e valutata la sua interferenza con le lavorazioni.

6. Interpretazione del meccanismo di dissesto

Il quadro disponibile è compatibile con un cedimento differenziale della fondazione o del terreno di appoggio di uno o più piedritti. Il cedimento determina una rotazione del pannello murario, l'apertura di lesioni diagonali e la modifica della geometria degli archi. Gli archi, strutture fortemente dipendenti dalla posizione e dalla rigidezza degli appoggi, possono reagire con concentrazioni di compressione, apertura di giunti, fessure nelle reni e incremento delle spinte orizzontali.

La corrispondenza tra la parete lesionata dell'androne, la parete del locale con camino e le murature fessurate del piano primo rafforza l'ipotesi di una deformazione che interessa un organismo murario più esteso e si trasmette in elevazione. Non costituisce tuttavia, da sola, prova di un unico nesso causale: occorre verificare la continuità delle fessure nella tessitura, la geometria degli appoggi, l'orditura dei solai e l'eventuale presenza di discontinuità costruttive o interventi pregressi.

Il dissesto del soffitto decorato richiede una diagnosi distinta. Le fessure e la lacuna possono essere influenzate dai movimenti delle pareti e degli appoggi lignei, ma anche da perdita di aderenza degli strati, vibrazioni, infiltrazioni o degrado dei sistemi di sospensione. Prima di attribuirlo al cedimento fondazionale devono essere ispezionati l'estradosso, se accessibile, le travi e i travetti, gli appoggi nelle murature e il supporto della finitura decorata.

La diagnosi deve restare aperta fino al completamento delle indagini. In particolare devono essere distinti: movimento ancora attivo o già stabilizzato; cedimento localizzato oppure deformazione di un fronte più esteso; lesioni limitate all'intonaco oppure passanti nella muratura; apertura delle imposte oppure semplice traslazione verticale; presenza di vuoti o perdita di terreno presso le fondazioni.

6.1 Indagini strutturali e locali raccomandate

- Rilievo geometrico tridimensionale degli archi, dei piedritti e delle pareti, con controllo di verticalità, frecce e fuori piombo;
- Mappatura delle lesioni su entrambe le facce e misura delle ampiezze;
- Rimozione controllata di fasce di intonaco nelle zone campione per leggere tessitura, giunti e profondità delle fessure;
- Saggi fondazionali sui due lati della parete, eseguiti per piccoli tratti e sotto puntellamento verificato;
- Endoscopie e, ove pertinenti, prove soniche o martinetti piatti per la caratterizzazione della muratura;
- Rilievo dei solai, dei carichi permanenti e delle pareti dei livelli soprastanti;
- Estensione della mappatura delle lesioni al locale con camino e al piano primo, con correlazione in pianta e in sezione rispetto agli archi sottostanti;
- Monitoraggio delle fessure significative con capisaldi e fessurimetri, prima, durante e dopo le opere, secondo frequenza e durata definite dal progettista;
- Ispezione della parete del camino e della canna fumaria, con verifica di discontinuità, effetti termici, vuoti e interventi pregressi;
- Esame ravvicinato in sicurezza del soffitto decorato, mappatura dei distacchi, riconoscimento del supporto, controllo degli ancoraggi e verifica dell'orditura lignea anche dall'estradosso, ove accessibile;
- Ispezione di pluviali, fognature, pozzetti, adduzioni e drenaggi in prossimità del dissesto.

7. Obiettivi e criteri generali dell'intervento

L'intervento deve perseguire in sequenza quattro obiettivi: mettere in sicurezza le porzioni con rischio di caduta di materiale, in particolare il soffitto decorato; arrestare o ridurre il movimento fondazionale; ricostituire la continuità delle murature lesionate ai diversi livelli; migliorare la capacità degli archi e dei pannelli di distribuire le azioni preservando, per quanto possibile, le finiture storiche.

Il principio fondamentale è che il rinforzo superficiale delle murature non sostituisce il consolidamento della base. La rete deve essere applicata solo dopo avere stabilizzato il meccanismo fondazionale e riparato i difetti locali. Analogamente, un cordolo affiancato alla parete non è sufficiente se non riceve effettivamente i carichi della muratura e non li trasferisce ai micropali.

7.1 Schema funzionale consigliato

- Sottofondazione mediante micropali di diametro massimo 114 mm disposti esclusivamente sul lato dell'androne e concentrati in corrispondenza o in prossimità dei piedritti dell'arco intermedio e dell'arco verso il giardino, con tratto resistente sviluppato nel terreno idoneo;
- Travi o cordoli di trasferimento in calcestruzzo armato sul lato dell'androne, direttamente collegati alle teste dei micropali e configurati in funzione degli appoggi dei due archi; sul lato del locale interno, elementi di ripartizione in calcestruzzo armato privi di micropali;
- Barre o travi-ago passanti, tasche e inghisaggi capaci di collegare gli elementi contrapposti e trasferire alle travi o ai cordoli lato androne le azioni provenienti dalle murature e dagli elementi interni;
- Riparazione della tessitura muraria mediante scuci-cuci, ristilatura profonda, cuciture e iniezioni compatibili, secondo l'esito dei saggi;
- Rinforzo bilaterale con sistemi CRM/FRCM qualificati e connettori passanti, esteso oltre la zona lesionata e correttamente ancorato ai piedritti e alla muratura sana;
- Eventuali catene o tiranti soltanto se il rilievo e il calcolo dimostrano l'apertura delle imposte o la necessità di assorbire la spinta orizzontale.
- Messa in sicurezza localizzata del soffitto decorato con sistemi di ritegno e accesso controllato, seguita da consolidamento conservativo definito dopo l'ispezione del supporto e dell'orditura;
- Riparazione delle murature del piano primo soltanto dopo la stabilizzazione del meccanismo e la verifica degli appoggi dei solai, estendendo gli interventi alle zone effettivamente lesionate senza mascherare movimenti ancora attivi.

8. Progetto preliminare di rinforzo fondazionale

La soluzione preliminarmente assunta consiste in un rinforzo fondazionale profondo realizzato dal solo lato dell'androne e localizzato in corrispondenza o in prossimità degli appoggi dell'arco intermedio e dell'arco verso il giardino, in modo da attraversare i terreni superficiali molto compressibili e trasferire le azioni a livelli più competenti. Sul lato opposto, all'interno del locale, sono previsti cordoli o elementi di ripartizione in calcestruzzo armato senza micropali, collegati alle travi di trasferimento lato androne mediante elementi passanti. Rispetto a un semplice allargamento della fondazione, i micropali riducono la dipendenza dai primi 4-5 m di terreno, nei quali le prove indicano basse resistenze e possibili livelli torbosi.

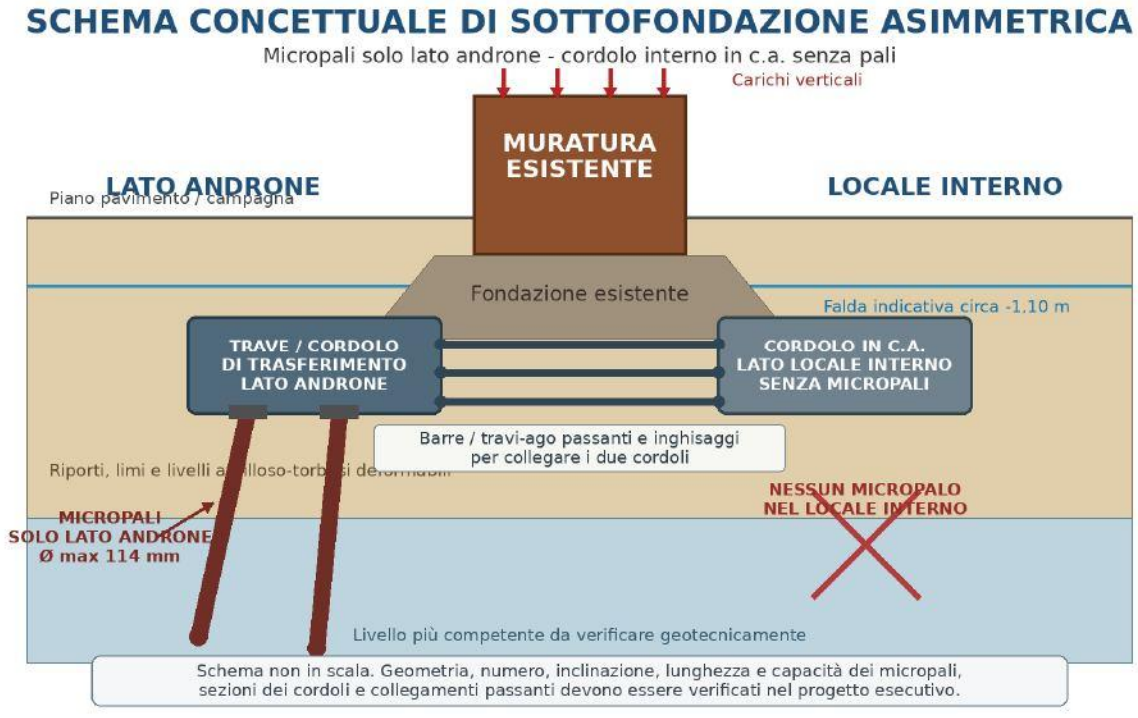


Figura 3 - Schema concettuale del rinforzo fondazionale con micropali Ø max 114 mm disposti esclusivamente sul lato dell'androne e da localizzare presso i piedritti dei due archi interessati, con trave di trasferimento esterna e cordolo interno in c.a. privo di pali. Disegno non in scala; ogni elemento deve essere dimensionato nel progetto esecutivo.

8.1 Micropali

I micropali, previsti esclusivamente sul lato dell'androne e in corrispondenza o in prossimità dei piedritti dell'arco intermedio e dell'arco verso il giardino, avranno diametro massimo pari a 114 mm e dovranno essere progettati verificando portanza geotecnica e strutturale, cedimenti, interazione di gruppo, instabilità del fusto nei terreni molto deformabili, durabilità, attrito negativo e compatibilità con le strutture esistenti. Numero, interasse, inclinazione, armatura, lunghezza e modalità di iniezione dovranno derivare dal calcolo. La quota di attestazione non può coincidere automaticamente con il primo rinvenimento di sabbia e ghiaietto: occorre garantire un adeguato tratto resistente entro uno strato continuo e caratterizzato. Il diametro limitato richiede una verifica specifica della capacità del singolo elemento e può comportare un numero maggiore di micropali o interassi più ravvicinati.

La perforazione dovrà minimizzare perdita di terreno e vibrazioni. In presenza di falda e terreni soffici possono risultare necessari rivestimenti provvisori, utensili a bassa vibrazione e procedure di iniezione controllate. Pressioni e volumi di boiacca dovranno essere registrati, evitando sollevamenti o fessurazioni indotte nelle murature. Dovranno essere previste prove di carico sui micropali secondo il piano dei controlli del progetto.

8.2 Trave di trasferimento, cordolo interno e collegamento alla muratura

Le travi o i cordoli sul lato dell'androne devono essere concepiti come elementi principali di trasferimento dei carichi provenienti dai piedritti e dalle zone d'imposta dei due archi, collegati alle teste dei micropali. Sul lato opposto della muratura, nel locale interno, sono previsti elementi in calcestruzzo armato senza pali, con funzione di ripartizione e contrasto. Gli elementi contrapposti dovranno essere collegati mediante barre o travi-ago passanti, così da coinvolgere lo spessore della muratura e convogliare le azioni verso il sistema micropalato lato androne. Trattandosi di uno schema asimmetrico, il progetto dovrà verificare esplicitamente eccentricità, torsione e flessione delle travi e dei cordoli, trazioni nei collegamenti, pressioni locali sulla muratura e stabilità dei piedritti durante il trasferimento dei carichi.

I collegamenti potranno comprendere barre passanti, travi-ago, tasche realizzate per conci alternati, inghisaggi con materiali qualificati e malte strutturali antiritiro. Il contatto tra le fondazioni esistenti, gli elementi interni e le travi o i cordoli lato androne dovrà essere continuo e controllato. L'eventuale preattivazione dovrà essere limitata e progettata per evitare sollevamenti o inversioni indesiderate delle tensioni.

8.3 Estensione dell'intervento

Il rinforzo fondazionale micropalato dovrà comprendere, sul lato dell'androne, i piedritti e le zone d'imposta dell'arco intermedio e dell'arco verso il giardino effettivamente coinvolti nel meccanismo, estendendosi fino a porzioni sufficientemente stabili. I cordoli interni dovranno avere estensione coerente con le travi lato androne e con la disposizione dei collegamenti passanti. Le lesioni osservate nel locale adiacente e al piano primo impongono di verificare, mediante un rilievo tridimensionale e un modello dei percorsi di carico, che il sistema intercetti davvero gli appoggi delle pareti e dei due archi interessati. L'arresto del rinforzo in corrispondenza della sola fessura potrebbe creare un nuovo gradiente di rigidezza. La posizione dei micropali dovrà inoltre tenere conto di vani, reti interrate, accessi per la macchina perforatrice e delle eventuali opere provvisionali confermate dal progetto.

8.4 Alternative e interventi complementari

Iniezioni cementizie o altri miglioramenti del terreno, richiamati anche in [G1], potranno essere valutati come alternativa o integrazione soltanto dopo prove di fattibilità. Nei terreni torbosi, saturi e fortemente eterogenei la diffusione delle iniezioni può essere poco controllabile. L'eventuale impiego dovrà quindi essere motivato mediante campo prova, registrazione di pressioni e volumi e verifica degli effetti sulle fondazioni adiacenti.

9. Riparazione delle murature e rinforzo degli archi

La riparazione delle murature deve seguire la stabilizzazione fondazionale. Per l'arco intermedio e per l'arco verso il giardino, il consolidamento comprende preliminarmente il rinforzo delle rispettive zone di appoggio mediante il sistema micropalato descritto al capitolo 8. Prima di applicare il rinforzo murario si dovrà rimuovere l'intonaco nelle aree definite dal progetto, pulire i giunti, verificare la presenza di mattoni rotti, vuoti, discontinuità tra paramenti e fessure passanti. La scelta delle tecniche dovrà rispettare la compatibilità meccanica, chimica e igrometrica con murature storiche in laterizio.

9.1 Riparazioni locali

- Scuci-cuci nelle zone con laterizi spezzati, espulsi o tessitura disarticolata;
- Ristilatura profonda dei giunti degradati con malta compatibile;
- Cuciture localizzate delle lesioni mediante barre elicoidali o sistemi equivalenti, se giustificate dal progetto;
- Iniezioni di malta a bassa pressione solo in presenza di vuoti accertati e con miscela compatibile;
- Ricostruzione degli appoggi e delle zone d'imposta degli archi, ove risultino degradati o discontinui.

9.2 Rinforzo CRM/FRCM

Il rinforzo con reti in fibra deve essere costituito da un sistema strutturale qualificato, completo di rete, matrice, connettori, accessori e dettagli di ancoraggio. Una comune rete da intonaco o da cappotto non è idonea all'impiego strutturale. In via preliminare, un sistema CRM può essere valutato sui pannelli piani, mentre un sistema FRCM, più sottile e adattabile alla curvatura, può risultare appropriato sugli archi; la scelta definitiva dipende dalle verifiche, dal supporto e dai requisiti di conservazione.

Il rinforzo dovrà essere applicato su entrambe le facce ove accessibili e collegato mediante connettori passanti distribuiti secondo progetto. La rete dovrà seguire la geometria dell'arco, proseguire nelle zone di imposta e nei piedritti ed estendersi oltre le fessure nella muratura non lesionata. Sovrapposizioni, risvolti, ancoraggi e dettagli attorno alle aperture dovranno rispettare il sistema qualificato e le prescrizioni del produttore.

Per murature storiche e soggette a umidità è preferibile, salvo specifica verifica, una matrice minerale permeabile e compatibile, evitando strati eccessivamente rigidi o impermeabili. Il nuovo intonaco di finitura dovrà essere applicato solo dopo la maturazione del rinforzo e la verifica della stabilizzazione del quadro fessurativo.

9.3 Verifica delle spinte degli archi

Il rinforzo superficiale non sostituisce l'eventuale necessità di contrastare l'apertura delle imposte. Se il rilievo evidenzia spostamenti orizzontali dei piedritti o un meccanismo di spinta non compatibile con la capacità delle pareti, dovranno essere valutate catene, tiranti o altri dispositivi. Tali elementi non devono essere introdotti automaticamente: posizione, pretensione, ancoraggi e impatto sulle murature devono derivare dall'analisi del meccanismo e dal calcolo.

9.4 Murature del piano primo e soffitto decorato

Le riparazioni delle murature del piano primo dovranno essere definite sulla base dei saggi e coordinate con il consolidamento degli archi e delle fondazioni. Prima di chiudere le fessure dovranno essere verificati l'effettivo attraversamento della tessitura, gli appoggi delle orditure lignee e la stabilizzazione del movimento. Scuci-cuci, ristilature, cuciture e rinforzi diffusi dovranno essere limitati alle aree necessarie e realizzati con materiali compatibili con il supporto storico.

Il soffitto decorato deve essere inizialmente protetto contro la caduta di frammenti mediante opere provvisionali specificamente progettate, evitando pressioni concentrate sulle superfici decorate. Dopo il rilievo delle fessure e dei distacchi dovranno essere verificati il supporto, i sistemi di ancoraggio e l'orditura lignea; il consolidamento degli strati decorati e le eventuali reintegrazioni dovranno essere affidati a operatori qualificati e coordinati con il progetto strutturale. Ove l'immobile sia assoggettato a tutela, le lavorazioni dovranno essere preventivamente concordate con l'autorità competente.

10. Fasi esecutive e opere provvisionali

La sequenza costruttiva è parte integrante del progetto. Operazioni corrette dal punto di vista finale possono produrre instabilità temporanee se eseguite senza controllo. Si propone la seguente successione generale:

1. Verifica delle opere provvisionali esistenti e definizione, solo ove necessaria secondo il progetto, di eventuali integrazioni locali per la sicurezza degli archi e delle strutture soprastanti; interdizione o limitazione del transito nell'androne e nei locali del piano primo interessati; messa in sicurezza localizzata del soffitto decorato contro la caduta di frammenti;
2. Rilievi, saggi murari e fondazionali, mappatura coordinata delle lesioni ai diversi livelli, ispezione delle orditure lignee e del soffitto decorato, ricerca delle reti e approfondimento geotecnico;
3. Esecuzione dei micropali di diametro massimo 114 mm esclusivamente sul lato dell'androne e in corrispondenza o in prossimità dei piedritti dei due archi interessati, senza scalzare la fondazione e con controllo dei parametri di perforazione e iniezione;
4. Scavi per conci corti, alternati e non adiacenti sul lato dell'androne e nel locale interno, con immediata protezione dei fronti e gestione localizzata della falda;
5. Realizzazione delle travi o dei cordoli di trasferimento micropalati in prossimità dei due archi sul lato dell'androne, degli elementi in c.a. privi di pali nel locale interno e dei collegamenti passanti tra gli elementi contrapposti;
6. Maturazione dei materiali e trasferimento graduale e controllato dei carichi al nuovo sistema;
7. Riparazione della tessitura muraria nell'androne e al piano primo e applicazione del rinforzo CRM/FRCM dopo il completamento e la verifica del sistema fondazionale; consolidamento conservativo del soffitto decorato secondo specifico progetto e dopo la verifica del supporto;
8. Esecuzione delle finiture traspiranti e rimozione graduale dei puntelli soltanto dopo specifica autorizzazione del direttore dei lavori e verifica del progettista.

Gli scavi continui lungo tutta la parete sono da evitare. I conci dovranno essere dimensionati in funzione della qualità della fondazione, della muratura e del puntellamento. Non dovranno essere eseguiti pompaggi generalizzati o abbassamenti incontrollati della falda, poiché potrebbero indurre ulteriori cedimenti nel fabbricato e nelle strutture adiacenti.

10.1 Requisiti delle opere provvisionali

- Traversi superiori in grado di distribuire le reazioni senza danneggiare archi e murature;
- Basi di appoggio verificate rispetto a punzonamento, scorrimento e capacità del sottofondo;
- Controventamento nelle due direzioni e dispositivi contro la perdita di appoggio;
- Percorso dei carichi indipendente, per quanto possibile, dalla fondazione in cedimento;
- Ispezioni periodiche e dopo ogni fase di perforazione, scavo o trasferimento del carico.
- Sistemi di protezione e ritegno del soffitto con percorso dei carichi verificato, senza azioni concentrate o abrasioni sulle superfici decorate.

11. Controlli in corso d'opera e criteri di accettazione

I controlli in corso d'opera devono verificare la conformità dei materiali, la corretta esecuzione delle perforazioni e delle iniezioni, l'efficacia dei collegamenti tra i due cordoli, la qualità dei getti, la corretta posa dei sistemi CRM/FRCM e l'efficacia delle opere provvisionali e del consolidamento del soffitto decorato. Le registrazioni di cantiere devono essere raccolte per ciascuna lavorazione significativa e rese disponibili alla direzione lavori.

Strumento/controllo	Finalità	Criterio operativo
Micropali: geometria e materiali	Conformità a diametro massimo 114 mm, armatura, inclinazione e lunghezza di progetto	Certificati dei materiali, verifica della perforazione e registrazione per ogni micropalo
Parametri di perforazione e iniezione	Individuazione di anomalie del terreno e controllo della boiacca	Registrazione di profondità, tempi, pressioni, volumi e assorbimenti per ogni micropalo
Prove sui micropali	Capacità portante e deformabilità	Prove preliminari e di verifica secondo il progetto e le norme applicabili
Cordoli in c.a. e armature	Resistenza, geometria, copriferro e corretta connessione alle strutture esistenti	Controlli di accettazione di calcestruzzo e acciaio; ispezione prima dei getti
Collegamenti passanti	Trasferimento delle azioni tra gli elementi interni e le travi o i cordoli micropalati lato androne	Verifica di diametri, interassi, profondità di ancoraggio, inghisaggi e serraggi
Controlli CRM/FRCM	Supporto, connettori, sovrapposizioni, spessori e materiali	Accettazione dei prodotti qualificati, prove e ispezioni in corso d'opera
Opere provvisionali	Stabilità durante scavi, perforazioni e trasferimento dei carichi	Ispezione prima e dopo ciascuna fase critica e prima della rimozione dei puntelli
Soffitto decorato	Stabilità locale, aderenza degli strati, supporto e collegamenti all'orditura	Mappatura dei distacchi, controlli ravvicinati, documentazione fotografica e verifica dopo ciascuna fase critica

Il piano dei controlli dovrà stabilire documenti di accettazione, prove, frequenze di ispezione e criteri di non conformità. In presenza di anomalie durante perforazioni, scavi, iniezioni o getti, le lavorazioni dovranno essere sospese e riesaminate dal direttore dei lavori e dal progettista prima della prosecuzione.

12. Verifiche progettuali da sviluppare

Il progetto esecutivo dovrà contenere almeno le seguenti verifiche e definizioni:

- Analisi dei carichi gravanti sui piedritti, sulle murature e sugli archi, inclusi piani e coperture soprastanti;
- Valutazione della sicurezza dello stato di fatto e individuazione del meccanismo locale di dissesto;
- Verifica geotecnica e strutturale dei micropali, comprensiva di cedimenti, gruppo, attrito negativo e prove di carico;
- Verifica delle travi o dei cordoli di trasferimento lato androne, degli elementi interni, dei collegamenti passanti e delle fasi transitorie;
- Verifica delle murature riparate e rinforzate, della compatibilità del supporto e degli ancoraggi CRM/FRCM;
- Analisi degli archi nello stato attuale e di progetto, con verifica delle imposte e delle eventuali spinte orizzontali;
- Verifica delle murature del piano primo, delle aperture e degli appoggi delle orditure lignee, con correlazione delle lesioni rispetto agli archi sottostanti;
- Valutazione della stabilità locale del soffitto decorato e progetto delle opere provvisionali e del consolidamento conservativo, coordinato con la verifica del solaio;
- Piano di monitoraggio delle fessure dell'androne, del locale adiacente e del piano primo nelle fasi antecedenti, concomitanti e successive ai lavori;
- Verifica delle opere provvisionali e del percorso dei carichi durante ogni fase;
- Dettagli costruttivi, tolleranze, controlli, piano di manutenzione e criteri per la rimozione del puntellamento.

13. Gestione delle acque e delle interferenze

La falda a circa 1,10 m dal piano campagna impone una specifica pianificazione delle lavorazioni. Gli scavi potranno intercettare acqua e terreni saturi; si dovranno evitare erosione interna, sifonamento, perdita di fini e decompressione. L'eventuale emungimento dovrà essere localizzato, temporaneo e dimensionato dal geotecnico, con controllo degli effetti sulle fondazioni vicine.

Prima dei lavori dovranno essere individuati pluviali, fognature, pozzetti, acquedotto, irrigazione e altre reti. Prove di tenuta o videoispezioni sono raccomandate nelle zone prossime al dissesto. Le acque meteoriche dovranno essere allontanate dalla base delle murature senza generare concentrazioni di infiltrazione. Eventuali drenaggi permanenti dovranno essere progettati con attenzione, perché un abbassamento stabile della falda può modificare lo stato tensionale e innescare consolidazione dei terreni fini.

14. Conclusioni

Il quadro fotografico e geotecnico rende plausibile un dissesto fondazionale con cedimenti differenziali, favorito dalla presenza di terreni superficiali limoso-argillosi e torbosi molto deformabili e da falda superficiale. Le nuove immagini mostrano che le manifestazioni non sono circoscritte all'androne: la parete comune del locale con camino è fessurata e, al piano primo, sono lesionate le murature sopra l'arco intermedio e sopra l'arco verso il giardino. Il soffitto decorato presenta inoltre fessure diffuse, distacchi e una lacuna con perdita di materiale. La distribuzione spaziale rafforza l'ipotesi di un coinvolgimento strutturale più ampio del solo intonaco interno, ma l'attribuzione di tutte le lesioni a una causa unica deve essere verificata con rilievi, saggi, monitoraggio e ispezione delle strutture lignee.

La strategia preliminare ritenuta coerente con le indicazioni assunte prevede il rinforzo fondazionale delle zone di appoggio dell'arco intermedio e dell'arco verso il giardino mediante micropali di diametro massimo 114 mm, disposti esclusivamente sul lato dell'androne e collegati a travi o cordoli di trasferimento in calcestruzzo armato. Sul lato del locale interno sono previsti elementi in calcestruzzo armato senza micropali, collegati agli elementi lato androne mediante barre o travi-ago passanti. Le nuove evidenze impongono di verificarne estensione e geometria affinché il sistema intercetti i reali percorsi di carico delle pareti e dei due archi coinvolti, evitando bruschi salti di rigidezza. I micropali dovranno attraversare gli strati deboli e sviluppare la resistenza in un livello idoneo, la cui continuità deve essere accertata con indagini più profonde. Dopo il trasferimento dei carichi, le murature dell'androne e del piano primo potranno essere riparate e rinforzate con sistemi compatibili e qualificati.

La riuscita dell'intervento dipende in misura decisiva dalla sequenza di cantiere, dalla verifica delle opere provvisionali, dai controlli sui materiali e sulle lavorazioni e dalla compatibilità dei materiali. La porzione di soffitto decorato con perdita di materiale richiede una messa in sicurezza immediata e un progetto conservativo specifico, coordinato con la verifica dell'orditura lignea e delle murature di appoggio. La rimozione dei puntellamenti e la riapertura completa al transito dovranno avvenire soltanto dopo il completamento delle verifiche, la maturazione dei materiali e l'accertamento della stabilità del sistema.

Per la programmazione economica preliminare delle opere si rinvia all'Allegato A, nel quale il budget è articolato tra le opere murarie dell'androne e i soli due archi interessati - arco intermedio e arco verso il giardino. Le lavorazioni di rinforzo fondazionale con micropali presso gli appoggi dei due archi sono contabilizzate nella voce economica dedicata agli archi; il rinforzo FRCM è inoltre confrontato con le alternative di centine permanenti in acciaio o in legno. Gli importi non costituiscono computo metrico estimativo esecutivo e dovranno essere aggiornati dopo il rilievo e la definizione del progetto autorizzato.

Riferimenti documentali e normativi

- [P1] Stralcio planimetrico dell'edificio - file "stralcioPlanimetrie.pdf".
- [D1] Elaborato CAD - file "Dwg Planimetrie.dwg".
- [G1] Dott. geol. Mattia Lucchi, "Relazione geologico tecnica (accorpamento R1 e R2)", novembre 2025, con prove penetrometriche e relazione geofisica.
- [F1] Documentazione fotografica dello stato dei luoghi, immagini IMG_8050-IMG_8069.
- [F2] Documentazione fotografica integrativa, immagini IMG_8127, IMG_8128, IMG_8130, IMG_8131, IMG_8143, IMG_8132 e IMG_8138.
- [N1] Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", come modificato e integrato dal Decreto Ministeriale 9 marzo 2023.
- [N2] Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP., "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".
- [LG1] Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Linea Guida 2022 per la identificazione, qualificazione e controllo di accettazione dei compositi fibrorinforzati a matrice inorganica FRCM per costruzioni esistenti.
- [LG2] Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Linea Guida 2019 per i sistemi a rete preformata in materiali compositi fibrorinforzati utilizzati con la tecnica dell'intonaco armato CRM.
- [N3] Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 e s.m.i., 'Codice dei beni culturali e del paesaggio', Parte II, con particolare riferimento all'articolo 21.
- [N4] Regio Decreto 23 ottobre 1925, n. 2537, articolo 52, per il riparto delle competenze professionali nelle opere di rilevante carattere artistico e negli interventi di restauro e ripristino.
- [V1] D.M. 14 aprile 1989, provvedimento di tutela diretta dell'immobile, come indicato dal Committente.
- [PZ1] Regione Lombardia, Prezzario regionale dei lavori pubblici, edizione 2026, approvato con D.G.R. n. XII/6071 del 27 aprile 2026.

ALLEGATO A - STIMA PRELIMINARE DEL BUDGET DI SPESA

La presente stima è finalizzata esclusivamente alla programmazione economica preliminare. È riferita ai prezzi disponibili nell'agosto 2026, con riferimento al Prezzario regionale dei lavori pubblici della Lombardia [PZ1] e, per le lavorazioni speciali o non direttamente codificate, ad analisi parametriche coerenti con un cantiere di piccola entità, in edificio storico vincolato e con accessibilità limitata. Non costituisce computo metrico estimativo, offerta economica o quadro economico di progetto esecutivo.

A.1 Assunzioni di base

- Murature interessate piano terra e piano primo: sviluppo preliminare di circa 10-12 m, da verificare con rilievo;
- Rinforzo fondazionale dei due archi: 8-10 micropali di diametro massimo 114 mm, lunghezza media preliminare 10-12 m, esclusivamente sul lato dell'androne e localizzati in prossimità dei piedritti; le relative lavorazioni sono contabilizzate nella voce A.3;
- Archi considerati: esclusivamente l'arco intermedio e l'arco verso il giardino;
- Rinforzi degli archi: riparazioni locali e sistema FRCM; confronto con centine permanenti aggiuntive in acciaio o legno;
- Importi al netto di IVA, contributi previdenziali, diritti amministrativi e oneri finanziari.

A.2 Murature

La voce comprende la parete dell'androne, la faccia nel locale con camino e le corrispondenti murature del piano primo. Le lavorazioni di rinforzo fondazionale con micropali in prossimità dei due archi sono escluse da questa voce e contabilizzate nella voce A.3.

Lavorazione	Stima
Cantierizzazione, protezioni e opere provvisionali generali	€ 2.000
Rilievi, monitoraggio	€ 1.000
Scuci-cuci, cuciture, iniezioni e rinforzi dei pannelli murari	€ 20.000
Ripristini, finiture e smaltimenti	€ 7.000
Totale lavori muratura	**€ 30.000**
Spese tecniche,	€ 5.000
Imprevisti e lavorazioni non definibili	€ 6.000
BUDGET MURATURE	**€ 41.000**

A.3 Due archi - rinforzo fondazionale, consolidamento murario e FRCM

La stima riguarda unicamente l'arco intermedio e l'arco verso il giardino e comprende il rinforzo fondazionale con micropali in prossimità dei relativi piedritti, oltre alle riparazioni locali e al rinforzo FRCM. Le superfici piane delle murature sono già ricomprese nella voce A.2.

Lavorazione	Stima
Micropali armati e iniettati presso i piedritti dei due archi, mobilitazione e prove	€ 26.000
Scavi per conci, travi e cordoli di ripartizione e collegamenti ai micropali presso gli archi	€ 24.000
Scuci-cuci, ripristino imposte, cuciture e iniezioni	€ 5.000
Rinforzo FRCM bilaterale, con connettori e ancoraggi	€ 12.000
Accantonamento per eventuali catene o tiranti	€ 3.000
Intonaci compatibili, finiture e smaltimenti	€ 4.000
Totale lavori archi	**€ 74.000**
Progettazione, direzione lavori e sicurezza, Rilievi, saggi, indagini geotecniche e monitoraggio	€ 25.000
Imprevisti	€ 5.000
BUDGET DUE ARCHI - FRCM	**€ 104.000**

A.4 Alternativa con centine permanenti in acciaio

Per ciascun arco si ipotizzano profili metallici calandrati, piastre e collegamenti trasversali, con appoggi impostati sui piedritti consolidati e percorso dei carichi verificato fino alla nuova fondazione. La centina non deve scaricare sulla pavimentazione o su porzioni fondazionali non stabilizzate.

Maggiorazione rispetto al consolidamento base	Stima
Rilievo geometrico, sagome e disegni d'officina	€ 1.500
Profili calandrati S275/S355, piastre e collegamenti	€ 11.500
Trasporto, montaggio, sollevamento e adattamenti	€ 4.000
Protezione anticorrosiva ed eventuale trattamento al fuoco	€ 1.000
Maggiori spese tecniche e imprevisti	€ 2.000
MAGGIORAZIONE CENTINE IN ACCIAIO	**€ 20.000**

Budget dei due archi con rinforzo fondazionale, FRCM e centine permanenti in acciaio: € 124.000;

A.5 Alternativa con centine permanenti in legno

Per ciascun arco si ipotizzano centine curve in legno lamellare GL24h/GL28h, collegate mediante traversi, selle e piastre metalliche. Dovranno essere verificate umidità, durabilità, deformazioni viscose, resistenza al fuoco e ispezionabilità dei collegamenti.

Maggiorazione rispetto al consolidamento base	Stima
Rilievo geometrico, sagome e disegni costruttivi	€ 1.500
Centine curve in legno lamellare realizzate su misura	€ 7.000
Selle, piastre, bulloneria e collegamenti trasversali	€ 2.500
Trasporto, montaggio e adattamenti	€ 2.000
Trattamenti protettivi, maggiori spese tecniche e imprevisti	€ 2.000
MAGGIORAZIONE CENTINE IN LEGNO	**€ 15.000**

Budget dei due archi con rinforzo fondazionale, FRCM e centine permanenti in legno: € 119.000;

A.6 Quadro economico comparative

Scenario	Muratura	Due archi	Totale
FRCM senza centine permanenti	€ 41.000	€ 104.000	€ 145.000
FRCM + centine permanenti in legno	€ 41.000	€ 119.000	€ 160.000
FRCM + centine permanenti in acciaio	€ 41.000	€ 124.000	€ 165.000

A.7 Precisazioni ed esclusioni

- Le lavorazioni micropalate e i relativi scavi, travi, cordoli e collegamenti sono riclassificati nella voce A.3 quali opere di rinforzo fondazionale delle zone di appoggio dei due archi;
- La centinatura e il puntellamento provvisorio dei due archi non sono valorizzati come voce autonoma nella stima A.3. L'eventuale necessità di integrazioni alle opere provvisionali esistenti dovrà essere accertata dal progetto e, se confermata, quantificata nel computo metrico estimativo definitivo;
- Le riparazioni murarie e il rinforzo FRCM sono mantenuti anche nelle alternative con centine permanenti, poiché la centina sostiene l'arco ma non ricostituisce da sola la continuità della muratura lesionata.
- La geometria, il materiale, il numero delle costole, i collegamenti e l'eventuale precarico delle centine permanenti devono derivare dal rilievo e dal calcolo;
- **Non è compreso il restauro conservativo completo del soffitto decorato. Per tale lavorazione si suggerisce un accantonamento separato di € 15.000-30.000, da definire con restauratore qualificato e architetto incaricato;**
- Gli importi sono al netto di IVA, contributi previdenziali, diritti e spese amministrative;
- Il budget dovrà essere aggiornato nel progetto architettonico e strutturale autorizzato dalla Soprintendenza e trasformato in computo metrico estimativo sulla base delle quantità rilevate e delle lavorazioni approvate.