

|                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                   |                   |                  |                                                                                                                                                                                                                                                     |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|                                                                                                            | REGIONE LOMBARDIA - PROVINCIA DI BRESCIA<br><b>COMUNE DI PISOGNE</b>                                                                                                                                                                                                                         |                   |                   |                  |                                                                                                                                                                                                                                                     |      |
| <b>OGGETTO:</b>                                                                                                                                                                           | <b>PROGETTO ESECUTIVO</b><br><b>MESSA IN SICUREZZA STRADA PER SONVICO A SEGUITO DEL CROLLO DELLA</b><br><b>GALLERIA DI PROTEZIONE.</b><br><b>LOTTO 2: STRADA ALTERNATIVA TEMPORANEA, SMARINO DEL MATERIALE,</b><br><b>ULTERIORE DISGAGGI E SISTEMA DI MONITORAGGIO CUP: D57G26000120006.</b> |                   |                   |                  |                                                                                                                                                                                                                                                     |      |
| <b>COMMITTENTE:</b>                                                                                                                                                                       | Comune di Pisogne<br>Viale Vallecamonica 2<br>25055 - Pisogne - BS                                                                                                                                                                                                                           |                   |                   |                  |                                                                                                                                                                                                                                                     |      |
| <b>COMMESSA:</b>                                                                                                                                                                          | L.431.26                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>ELABORATO:</b> | L.431.26.PE.A.008 | <b>DATA:</b>     | LUGLIO 2026                                                                                                                                                                                                                                         |      |
| <b>TITOLO:</b>                                                                                                                                                                            | RELAZIONE RESTAURO PONTE S. MARTINO                                                                                                                                                                                                                                                          |                   |                   | <b>SCALA:</b>    | Doc.                                                                                                                                                                                                                                                |      |
| <b>VERSIONE:</b>                                                                                                                                                                          | DATA                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DESCRIZIONE       |                   | RED.             | VER.                                                                                                                                                                                                                                                | APP. |
|                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                   |                   |                  |                                                                                                                                                                                                                                                     |      |
|                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                   |                   |                  |                                                                                                                                                                                                                                                     |      |
| <b>SPAZIO RISERVATO ALL'UFFICIO TECNICO:</b>                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                   |                   | <b>PROGETTO:</b> | <b>TECNICO INCARICATO:</b><br><b>Renato Moscardi</b><br><i>conservazione e restauro di beni culturali</i><br>via Mezzarro, 21 25043 - Breno (Brescia)<br>cell. 393489812810<br><b><i>renatomoscardi.restauri@gmail.com</i></b><br>p.iva 04222100986 |      |
| <b>IL R.U.P.:</b>                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                   |                   |                  |                                                                                                                                                                                                                                                     |      |
| <b>IL SINDACO:</b>                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                   |                   |                  |                                                                                                                                                                                                                                                     |      |
| <b>TOLLERANZE:</b>                                                                                                                                                                        | TUTTE LE MISURE SI INTENDONO +/- 0.01 MT, SE NON DIVERSAMENTE SPECIFICATO                                                                                                                                                                                                                    |                   |                   |                  |                                                                                                                                                                                                                                                     |      |
| La proprietà di questi disegni è riservata, a termine di legge, allo studio d'ingegneria Luca Vitali. E' fatto divieto di riprodurlo o renderlo noto a terzi senza precisa autorizzazione |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                   |                   |                  |                                                                                                                                                                                                                                                     |      |



---

## **RELAZIONE TECNICA:**

### **PROPOSTA D' INTERVENTO CONSERVATIVO**

**Ponte storico situato in località Mora  
“Valle di San Martino “  
Sentiero per Sonvico.**

**Comune :Pisogne (BS)- Località sentiero di Mora.**



**-Luglio 2026 -**

**RENATO MOSCARDI**

Conservazione e Restauro di Beni Culturali

Via Mezzarro 21 - 25043 Breno (BS) - Tel.3489812810 - Partita IVA :04222100986-C.F MSCRNT95M20D434M

Mail: [renatomoscardi.restauri@gmail.com](mailto:renatomoscardi.restauri@gmail.com) - Pec: [renatomoscardi@pec.net](mailto:renatomoscardi@pec.net)

## Indice:

---

- **1** Scheda riassuntiva/ dati anagrafici.
- **2** Introduzione all'intervento di restauro
- **3** Inquadramento geografico/ localizzazione del Bene
- **4** Descrizione del bene in oggetto.
- **4.1** *Inquadramento storico*
- **4.2** *Descrizione/ tecnica esecutiva*
- **5** Stato di conservazione del bene
- **5.1** *Criticità riscontrate e i fenomeni di degrado in atto:*
- **6** Documentazione fotografica pre intervento
- **7** Analisi autoptica delle malte e degli impasti riscontrati sulla muratura
- **7.1** *Proposta indagini delle proprietà meccaniche delle malte*
- **8** Localizzazione grafica dei fenomeni di degrado
- **9** Proposta di intervento: fasi operative
- **9.1** *Proposta d'intervento per i parapetti*
- **9.2** *Fase di consolidamento strutturale*
- **9.3** *Rilievo grafico operazioni di consolidamento strutturale.*
- **10** Tabella riassuntiva delle operazioni di restauro proposte
- **11** Schede prestazionali dei prodotti

## 1. Scheda riassuntiva/ dati anagrafici.

|                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bene culturale</b>                               | Ponte Storico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Localizzazione</b>                               | Pisogne, sentiero boschivo di Mora che porta a Sonvico, Valle di San Martino.<br>Coordinate geografiche :<br>Latitudine 45. 8122 (45° 48' 44"N)<br>Longitudine 10.1235 (10° 07' 25" E)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Proprietà</b>                                    | <i>Bene pubblico</i><br><i>Proprietà:</i> Comune di Pisogne (BS)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Tipologia di manufatto</b>                       | Ponte storico ad arco a tutto sesto a singola campata, costituito da pietre locali ( verrucano lombardo) allettate con malta costituita da calce e inerti locali.<br>Successivamente alcune porzioni sono state rinzaffate con Malta cementizia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Tecnica esecutiva/<br/>interventi successivi</b> | Il ponte è stato realizzato in muratura allettata da malta di calce e pietrame locale (Arenaria a cemento siliceo- Verrucano Lombardo).<br>L'arco è stato costruito grazie all'utilizzo una centina in legno provvisoria, sostenuta da travi probabilmente inserite nelle buche pontarie ancora visibili alla base dei piloni quadrangolari.<br>Le pietre che costituiscono le murature della volta e delle pareti esterne sono state allettate con abbondante malta di calce ottenuta miscelando il legante ad inerti locali di dimensioni medio-grosse con porzioni di malta che ricoprono interamente o parzialmente le pietre.<br>L'intradosso della volta presenta in ampie zone tracce di un vecchio strato di intonaco grezzo superficiale applicato a coprire le pietre dell'arco. Con il tempo e l'azione dell'acqua/umidità, parte di questa malta si è disgregata lasciando emergere l'ordito murario sottostante.<br>Sono riscontrabili zone interessate da una rinzaffatura cementizia, probabilmente derivata da precedenti interventi di riparazione e consolidamento delle murature riconducibili al '900. |
| <b>Epoca</b>                                        | l'infrastruttura è collocabile nella prima metà del XIX secolo, edificato nel frangente temporale tra il 1809 (Catasto Napoleonico) e il 1853 (Catasto Austriaco).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Tutela</b>                                       | Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le Province di Bergamo e Brescia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## **2.Introduzione all'intervento di restauro.**

Il presente progetto di restauro conservativo si pone l'obiettivo primario di salvaguardare e consolidare l'integrità strutturale e materica del ponte, cercando di contrastare i processi di degrado in atto, al fine di garantirne la conservazione nel tempo e la percorrenza in sicurezza, senza snaturarne l'identità storica.

La necessità dell'intervento si inserisce nel più ampio progetto di adeguamento al traffico veicolare dell'antica mulattiera tra Pisogne e la frazione di Sonvico, divenuta l'unica alternativa viaria a seguito della frana del 26-27 dicembre 2025. Per garantire il transito dei veicoli in sicurezza, le soluzioni di rinforzo strutturale proposte in questo elaborato sono state concordate con l'ingegnere strutturista. Tale collaborazione ha permesso di individuare un metodo di consolidamento capace di assicurare le necessarie prestazioni meccaniche, preservando al contempo la compatibilità chimico-fisica e la natura del bene.

Un ulteriore obiettivo prefissato in questa relazione è quello di restituire piena leggibilità alle superfici del manufatto contrastando le cause di degrado. Si propone quindi la rimozione della vegetazione infestante, il trattamento biocida delle superfici murarie e il successivo lavaggio, per poi eseguire il consolidamento delle fessurazioni e delle cavità e la ristilatura localizzata dei giunti e degli interstizi murari per eliminare le possibili infiltrazioni d'acqua. Contemporaneamente, si propone, dove possibile, la rimozione dei materiali non idonei applicati in precedenti interventi di ripristino (come i rinzaffi in malta cementizia), restituendo dignità a una struttura oggi poco valorizzata.

In questa fase progettuale, però, è stato possibile formulare solo delle ipotesi di intervento, che verranno affinate nelle fasi successive. Allo stato attuale, infatti, una diagnosi esaustiva del quadro patologico risulta complessa: la rigogliosa vegetazione e una fitta copertura di edera mascherano gran parte delle murature. A ciò si aggiunge la difficoltà ispettiva dovuta alla collocazione impervia dell'infrastruttura, difficilmente accessibile e priva di ponteggio di servizio, che limita le osservazioni al solo fondo valle (pieno di vegetazione e rovi) . Per tali ragioni, si rende indispensabile una prima fase di pulizia e deforestazione selettiva e il montaggio di un ponteggio prima di procedere con la mappatura ravvicinata di dettaglio.

### 3. Inquadramento geografico/ localizzazione del Bene.

L'infrastruttura si colloca nel contesto geografico della bassa Val Camonica e della sponda nord-orientale del Lago d'Iseo, all'interno del territorio montano del comune di Pisogne. Nello specifico, il ponte in pietra valica il corso torrenziale della Val San Martino, ponendosi come nodo di attraversamento fondamentale lungo la storica "strada di Mora". Questo antico tracciato mulattiero, che oggi coincide con il tratto iniziale del sentiero escursionistico CAI 202, congiunge l'abitato di fondovalle di Pisogne con la frazione montana di Sonvico. L'area in cui sorge l'opera si configura come un naturale e strategico punto di transito: situata in un ambiente di mezza costa caratterizzato da affioramenti rocciosi e fitta vegetazione, la zona fungeva storicamente da cerniera per il sistema viario diretto verso Fraine e, a quote superiori, verso il Colle di San Zeno, garantendo il vitale collegamento intervallivo tra il bacino del Sebino e la limitrofa Valtrompia.

La struttura è immersa in un suggestivo contesto boschivo. La valle di San Martino si distingue per le sue formazioni di roccia arenaria a cemento siliceo dal caratteristico colore rosso/violaceo, tipiche della Valle Camonica e del tutto analoghe alle rocce incise presenti nel Parco Archeologico di Luine (Darfo Boario Terme) e in gran parte del territorio camuno (Verrucano Lombardo). Tali affioramenti appaiono visibilmente levigati e modellati nel tempo dall'azione combinata dell'acqua e dei ghiacciai.

Il manufatto si integra in modo armonioso con il paesaggio circostante: le sue murature, infatti, sono state realizzate impiegando massi e pietre della stessa natura della roccia locale, garantendo un'immediata continuità materica e cromatica con l'ambiente naturale in cui sorge.



## 4.Descrizione del bene in oggetto.

### 4.1 inquadramento storico

L'infrastruttura si inserisce nel sistema viario storico "per Fraine", arteria di collegamento diretta verso il Colle di San Zeno e la Valtrompia, direttrice strategica sia per la mobilità locale sia per le attività estrattive e minerarie della zona sin da epoca antica.

Mentre la tradizione o la storiografia locale tendono spesso ad attribuire a tali opere di valico origini medievali o più antiche, l'indagine sulle fonti cartografiche d'archivio ne colloca la realizzazione nella prima metà del XIX secolo. Nello specifico, la mappa del Catasto Napoleonico del 1809 attesta che il punto di attraversamento del torrente nella Valle di San Martino era originariamente posizionato circa 16 metri più a valle rispetto alla sede attuale. L'odierno ponte risulta invece già edificato e cartografato nella sua posizione contemporanea all'interno del Catasto Austriaco del 1853, circoscrivendone la costruzione nell'arco temporale compreso tra il 1809 e il 1853. La successiva cartografia del Catasto del Regno d'Italia (1898) conferma il definitivo consolidamento del tracciato in uscita verso Sonvico, ormai del tutto coincidente con la sede viaria attuale<sup>1</sup>.

La carenza di fonti d'archivio dirette, condizione comune per la viabilità minore di montagna, rende la cartografia storica (a partire dai rilievi del Catasto Lombardo-Veneto del primo Ottocento) e l'analisi archeologica dell'architettura gli unici strumenti d'indagine disponibili per ricostruire le vicende costruttive dell'opera, le sue fasi di manutenzione e il suo valore di testimonianza.

### 4.2 Descrizione / Tecnica esecutiva

Dal punto di vista tipologico ed esecutivo, l'opera si configura come un ponte ad arco ad unica campata con una luce netta di circa 8,10 metri, progettato per superare la valle torrenziale ancorando le spalle direttamente alla roccia affiorante tramite un basamento sagomato quadrangolare. Sui basamenti sono ancora chiaramente visibili le buche pontai e ottenute per ospitare il ponteggio o le centine lignee impiegate durante le fasi costruttive del ponte. A differenza delle tipiche murature rurali, l'apparato murario presenta una struttura mista: i paramenti esterni dei prospetti a monte e a valle sono realizzati con pietre locali (*Verrucano Lombardo*) allettate con impasti di calce e inerti del posto, parzialmente ricoperte da intonaco e successivamente rinzaffati localmente con malta cementizia. L'intradosso del ponte presenta una stesura di intonaco grezzo, che copre quasi interamente le pietre del sott'arco, mostrando fenomeni di dilavamento, specialmente nelle porzioni a terra. Il nucleo interno invece è probabilmente costituito da una muratura in pietrame vario e ciottoli annegati nella malta. L'insieme degli elementi cartografici e materiali restituisce così la testimonianza di un'opera infrastrutturale ottocentesca perfettamente integrata nel contesto paesaggistico del territorio.

Sotto il profilo iconografico e documentario, il ponte non presenta decorazioni o elementi celebrativi, rispondendo a criteri di stretta funzionalità.

---

<sup>1</sup> <sup>1</sup> V. Fausti, *Relazione di archeologia dell'architettura e inquadramento storico*, allegata al progetto di fattibilità tecnico-economica, Comune di Pisogne, 2025/2026.

## 5. Stato di conservazione del bene.

Lo stato conservativo del ponte presenta alcune zone in muratura parzialmente dissestate, pur dovendo considerare questa valutazione come preliminare e parziale, in quanto fortemente condizionata dalle severe limitazioni visive imposte dalla fitta vegetazione infestante e dalla complessa accessibilità del sito.<sup>2</sup>

La superficie intradosale del ponte presenta, anche ad un'osservazione da terra, alcune fessurazioni e fenditure nella compagine muraria, che saranno oggetto di specifici approfondimenti non appena le strutture saranno raggiungibili mediante ponteggio di servizio. A riscontro di tali manifestazioni di degrado, sul fondo della valle sono stati rinvenuti detriti, calcinacci e porzioni di muratura distaccatisi dall'intradosso.

Le murature, oltre ad presentare una fitta vegetazione infestante, risultano interessate da attacchi biologici sotto forma di alghe e muschi, nonché da depositi coerenti e incoerenti di polvere e sporco, forme di degrado tipiche di ambienti umidi come quelli di forra.

I parapetti del ponte si presentano difformi sui due lati: sul lato destro (arrivando da Pisogne in direzione Sonvico) vi è una staccionata lignea oramai fatiscente, mentre sul lato opposto è presente un muretto di contenimento ammalorato, che presenta la stessa tecnica costruttiva del ponte, esteso per circa metà della sua lunghezza complessiva e con la restante porzione crollata, il tutto completamente avvolto da fitta vegetazione.

### 5.1 Criticità riscontrate e i fenomeni di degrado in atto

- **Fessurazioni e quadri fessurativi:** Si rileva la presenza di fessurazioni passanti nella zona dell'intradosso del ponte, visibili dal fondo valle. Tali dissesti necessitano di una verifica ravvicinata e approfondita mediante l'allestimento di un idoneo ponteggio per determinarne l'effettiva profondità e il grado di disgregazione dei materiali. A terra sono presenti calcinacci e porzioni distaccate (aggregati di pietre e malta.)
- **Incompatibilità dei materiali di restauro storico:** Si osserva la presenza di interventi di rinaffatura eseguiti con malta cementizia. Tale materiale presenta una incompatibilità chimico-fisica e meccanica con la muratura storica sottostante in calce e pietrame locale. Il tipo di impasto cementizio usato per le riparazioni contiene impurità e sali solubili che attraverso l'umidità e l'azione dell'acqua possono migrare nella muratura con un potenziale indebolimento delle malte di calce. L'estensione di questo precedente intervento, riscontrabile nelle porzioni alla base della struttura e su alcuni calcinacci presenti a terra, risulta di difficile individuazione vista la patina biologica presente sulle superfici, rendendo, al momento, impossibile la sua esatta quantificazione.
- **Attacco biologico e vegetazione infestante:** Si rileva una copertura capillare e massiva delle superfici murarie, localizzate per lo più nella zona superiore del ponte, ad opera di piante a medio fusto e di patine biologiche (in prevalenza edera, felci e muschi). L'apparato radicale (specialmente dell'edera e delle piante superiori) può penetrare nelle murature e nei giunti, esercitando un'azione disgregante che può provocare il progressivo distacco dei conci lapidei e lo scalzamento dei paramenti.

---

<sup>2</sup> L'osservazione del lato rivolto a monte si è resa difficoltosa per via del fondo sconnesso, della massiccia presenza di vegetazione e dell'ombra che non ha permesso l'esecuzione di una documentazione fotografica valida. Al momento lo stato conservativo è da considerarsi analogo al lato rivolto verso valle.

- ***Decoesione e dilavamento della malta storica:*** Nelle porzioni visibili dell'intradosso e delle spalle si osserva un dilavamento accentuato della matrice legante originaria ad opera delle acque meteoriche, con conseguente svuotamento dei giunti ed erosione superficiale.
- ***Fenomeni di distacco e crollo:*** La presenza sul fondo della valle di piccole porzioni di muratura (composte da pietra legata da malta e aggregato grossolano) testimonia l'insorgere di fenomeni di disgregazione materiale e perdita di porzioni di paramento.
- ***Umidità e depositi superficiali:*** L'ubicazione in ambiente di forra, ad elevato tasso di umidità e con scarsa insolazione, favorisce il percolamento costante di acqua non canalizzata attraverso l'estradosso, con conseguente formazione di patine biologiche e croste calcaree da percolamento.

## 6. Documentazione fotografica pre intervento.

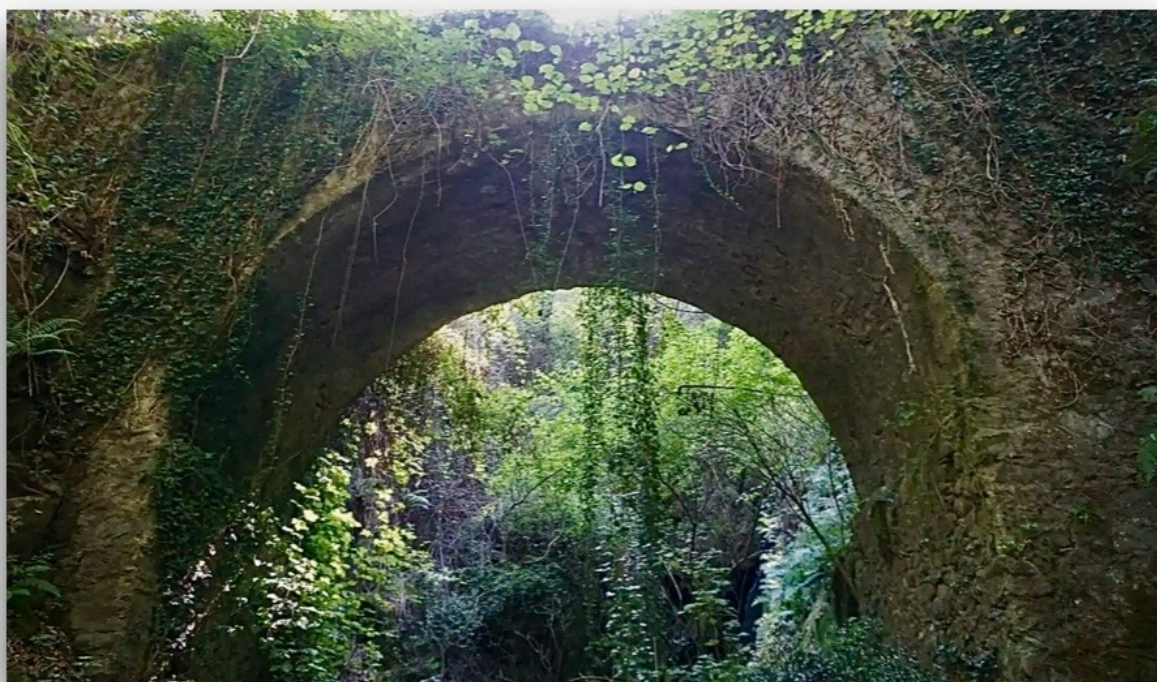


**Fig.1-2-3:** Documentazione fotografica raffigurante la vista del ponte dal fondo valle (lato verso valle), sono visibili gli attacchi biologici e l'infestazione di piante superiori su quasi tutta la superficie in muratura ( Il lato opposto risulta difficilmente fotografabile e osservabile essendo completamente in ombra e per via della presenza di piante nel corso torrenziale che ne ostacolano la visione.)

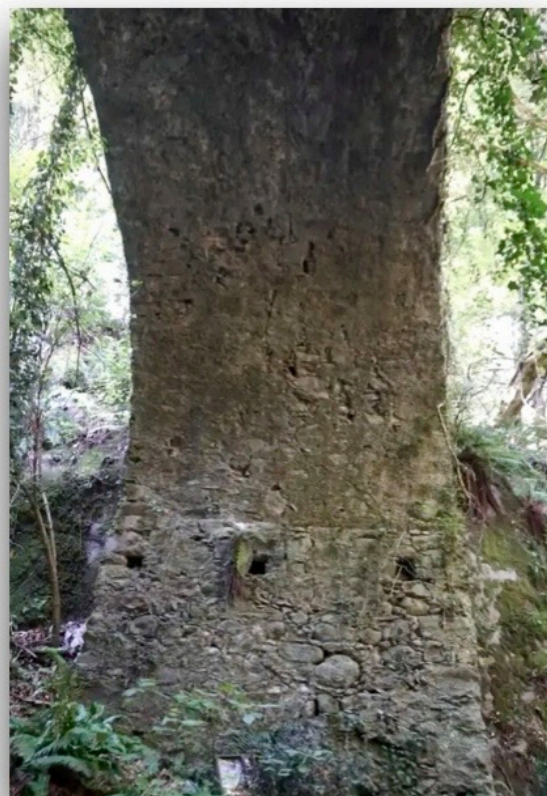


**Fig.4-5-6:** documentazione fotografica raffigurante l'intradosso del ponte sono visibili gli attacchi biologici, l'infestazione di piante superiori alla base del lato a sinistra dell'osservatore. Sono visibili anche fessurazioni e dissesti nell'apparato murario.

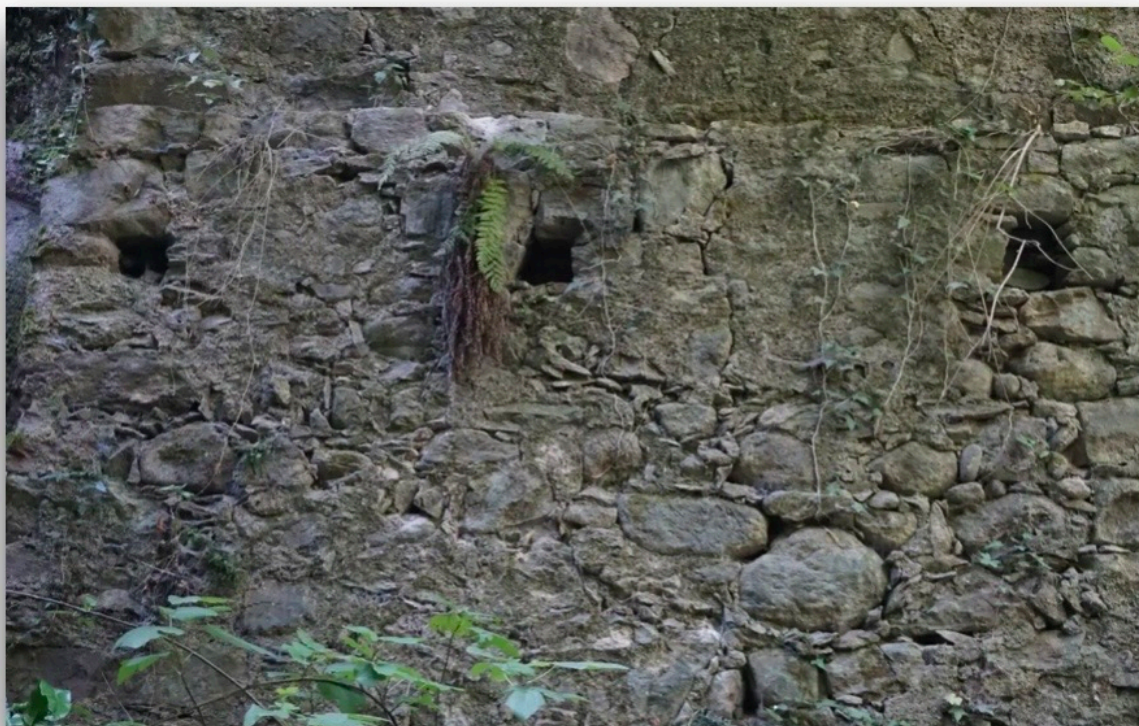


**Fig.7:** Ripresa fotografica raffigurante la base a destra dell'intradosso del ponte in cui sono osservabili le buche ponticarie utilizzate in fase costruttiva per l'alloggio del ponte o della centina lignea.

**Fig.8:** Dettaglio fotografico della muratura in pietra allettata con malta di calce che mostra evidenti attacchi biologici (patina algale e presenza di muschio).



**Fig 9-10:** Piano di calpestio del passaggio sul ponte, sono visibili le sponde (muro di contenimento parzialmente crollato e staccionata lignea fatiscante).



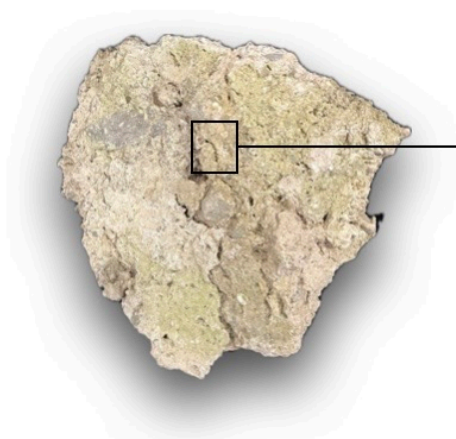
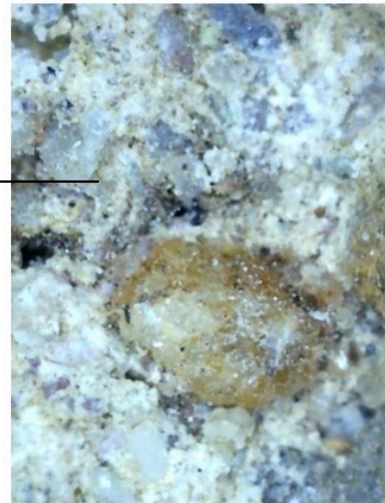
**Fig. 11-12:** Fotografia di dettaglio delle sponde di contenimento del ponte (muretto di contenimento parzialmente crollato e staccionata lignea fatiscente).



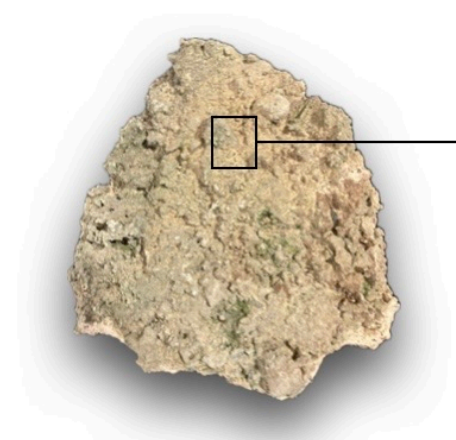
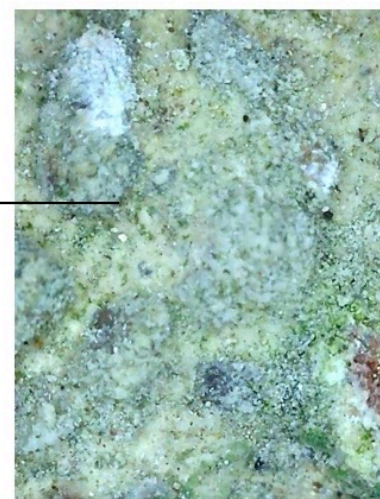
**Fig.13:** Porzione di muratura composta da aggregato di malta di calce e pietre crollata dall'intradosso e raccolta a terra del ponte sul fondo valle

## 7. Analisi autoptica delle malte e degli impasti riscontrati sulla muratura.

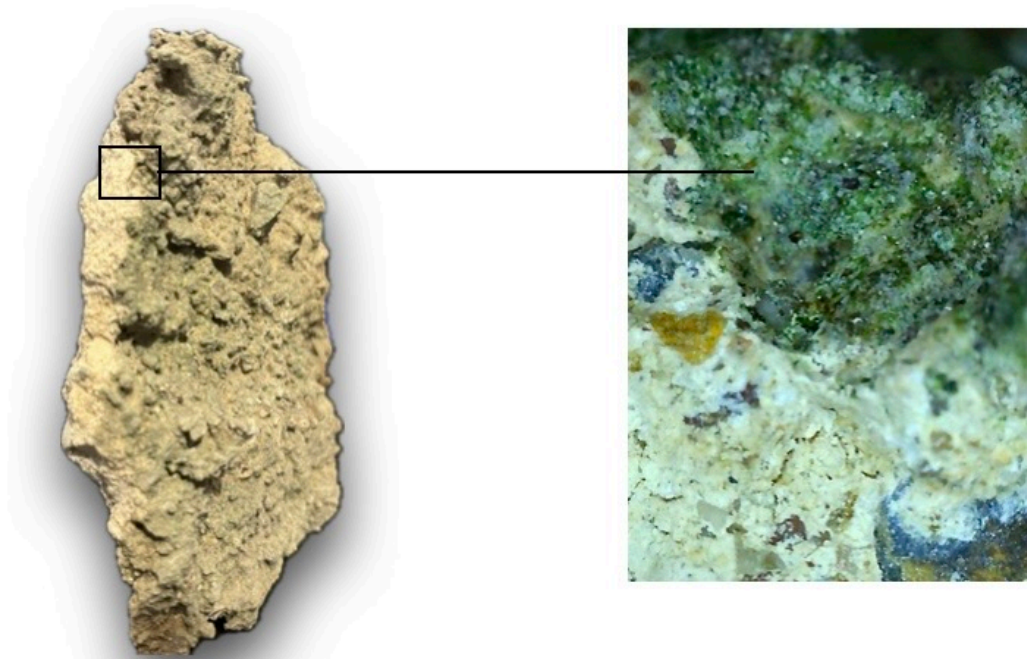
L'analisi autoptica condotta su un campione di malta prelevato a terra della struttura, eseguita sia ad occhio nudo sia mediante microscopia digitale a contatto, ha evidenziato una chiara stratificazione funzionale e cronologica della matrice. Sul lato interno del campione è riconoscibile la malta di calce originaria della struttura, caratterizzata da un impasto cromaticamente chiaro e dall'impiego di inerti e aggregati di matrice locale; tale impasto, pur dimostrando complessivamente buone capacità di resistenza meccanica, presenta una maggiore tendenza alla friabilità. Viceversa, sul lato opposto del reperto è visibile un sottile strato superficiale di colore grigio, di evidente natura cementizia, caratterizzato da una consistenza notevolmente più dura ma al contempo rigida e meno elastica; tale stesura è da ricondurre indicativamente alla prima metà del Novecento.



Campione 1- lato interno: Malta di calce e inerti locali-  
A dx particolare ottenuto tramite osservazione a  
microscopio a contatto della superficie del campione



Campione 1- lato esterno: sottile stesura cementizia color  
grigio - A dx particolare ottenuta tramite osservazione a  
microscopio a contatto della superficie del campione



Campione 1- sezione laterale: è visibile la stratificazione in cui la malta cementizia si sovrappone e al campione di materiale originario. - A dx particolare ottenuto tramite osservazione con microscopio a contatto, in cui è chiara la differenza e la stratificazione dei materiali.

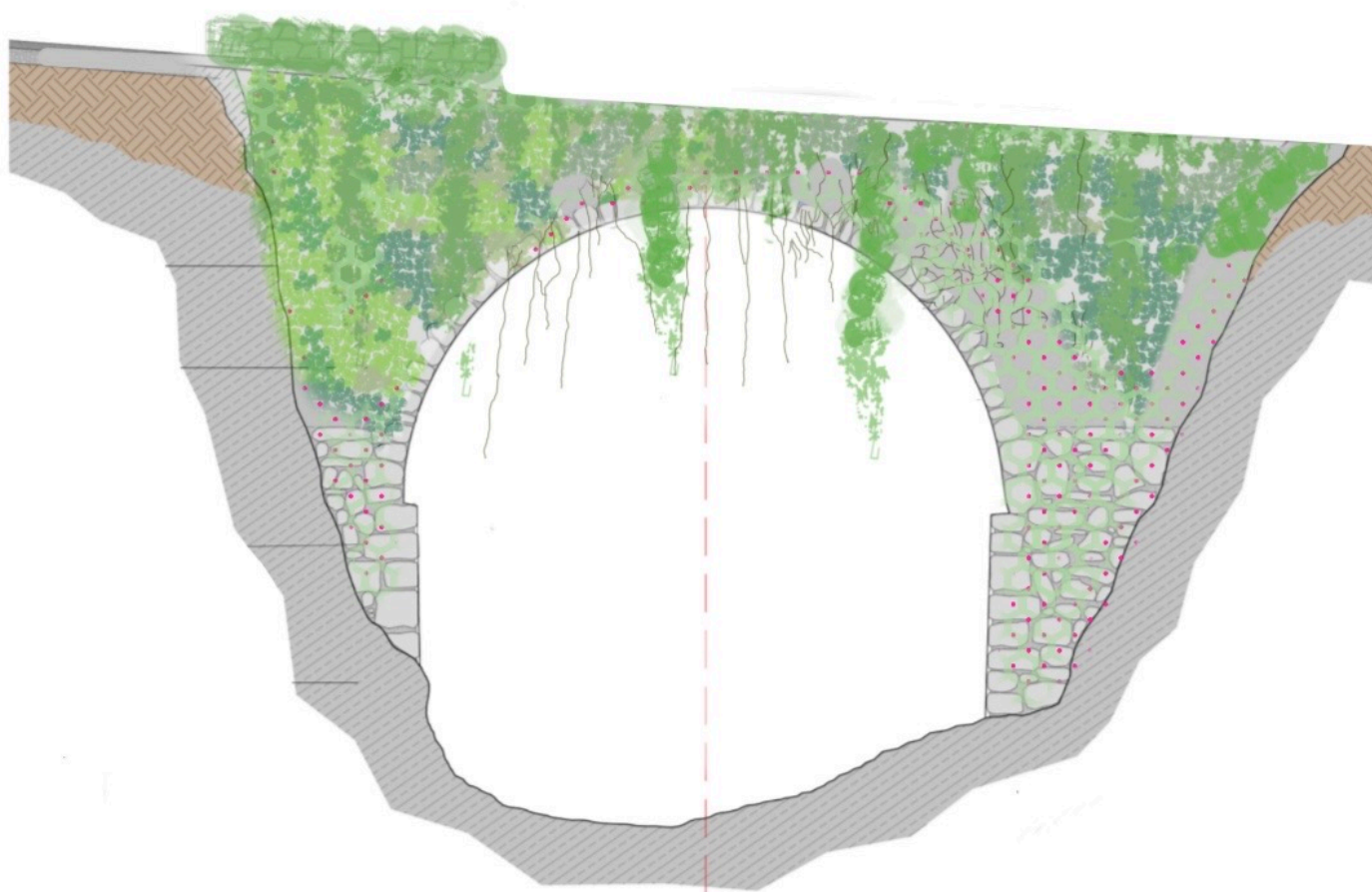
### **7.1 Proposta indagini delle proprietà meccaniche delle malte.**

Al fine di determinare la composizione, la massa e la resistenza a compressione della malta dei giunti di allettamento, si propongono specifiche prove di laboratorio da eseguirsi su campioni di malta prelevati in opera o ricavati dai materiali di crollo presenti alla base della struttura.

## 8. Localizzazione grafica dei fenomeni di degrado.

- **Premessa:**

*La Mappatura tematica preliminare è eseguita sulla base delle sole porzioni visibili da fondo valle. Il quadro dei degradi e dei dissesti strutturali sarà verificato, integrato e ridefinito in corso d'opera, a seguito della preventiva pulizia della vegetazione infestante e dell'allestimento dei ponteggi di servizio.*



LEGENDA:

Scala 1:50



Infestazione piante superiori



Depositi superficiali



Patina biologica  
(muschi e alghe)

Prospetto intradosso Arco  
-lato DX-

LEGENDA:



Fessurazioni - dissesti



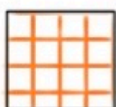
Infestazione piante superio



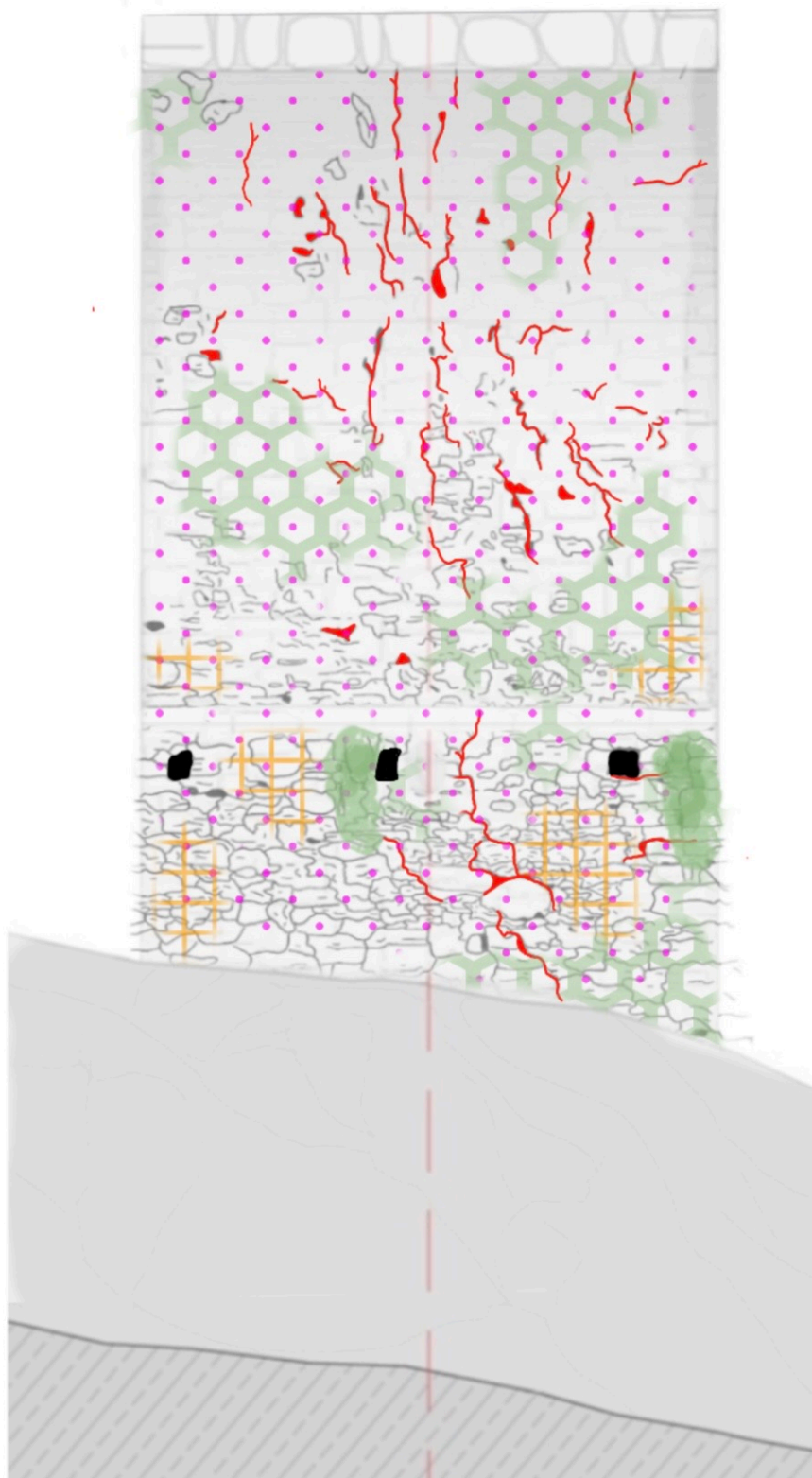
Depositi superficiali



Patina biologica  
(muschi e alghe)



Rinzaffi cementizi



Prospetto intradosso Arco  
- lato SX-

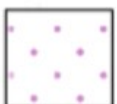
LEGENDA:



Fessurazioni - dissesti



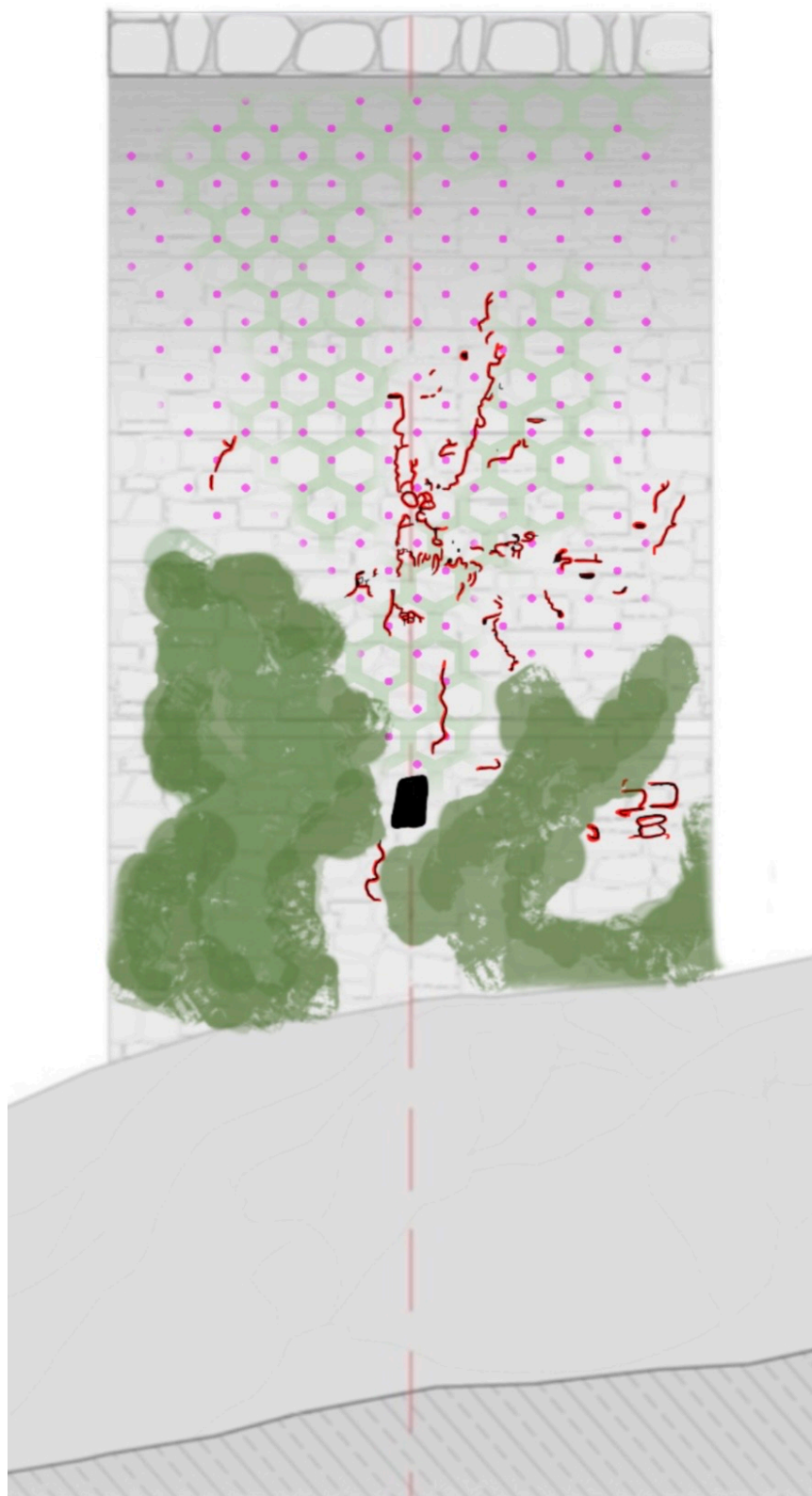
Infestazione piante superiori



Patina biologica  
(muschi e alghe)



Depositi superficiali



## 9. Proposta di intervento: fasi operative.

La proposta d'intervento per il restauro e il consolidamento del ponte si articola in una sequenza di fasi propedeutiche e consequenziali, concepita per garantire la massima tutela del bene storico pur in presenza della difficile accessibilità del luogo. Ogni operazione proposta è finalizzata al recupero e alla futura conservazione dell'infrastruttura. Le metodologie descritte di seguito stabiliscono così i criteri guida indispensabili per operare in sicurezza, definendo le operazioni tecniche su cui si imposterà poi la fase operativa dell'intervento. Lasciando spazio anche a future integrazioni o varianti metodologiche derivate dalla progressiva conoscenza del bene.

- **Devitalizzazione e rimozione delle piante superiori infestanti:**

Questa fase è ritenuta necessaria e propedeutica a tutte le fasi successive di studio e indagine delle superfici e al fine di garantire l'integrità strutturale del manufatto e prevenire il rischio di dislocazione dei conci di pietra e dei paramenti murari. Il protocollo di pulitura esclude tassativamente lo strappo meccanico della vegetazione infestante (con particolare riferimento a *Hedera helix* e altre piante arbustivo-legnose) mentre questa è ancora in stato vegetativo attivo. Gli apparati radicali penetrati all'interno dei giunti di malta esercitano un'azione meccanica di ancoraggio che, se sollecitata senza devitalizzare preventivamente la pianta, comporterebbe il trascinarsi e la perdita irrimediabile di porzioni di materiale lapideo storico.

### Fasi operative:

1. **Taglio di annullamento fustale:** Si procederà all'individuazione dei fusti principali alla base del ponte, eseguendo un doppio taglio d'interruzione con l'asportazione di una porzione di fusto di circa 10/15 cm. Tale operazione isolerà immediatamente la parte aerea ramificata sul manufatto dall'apparato radicale a terra.
2. **Devitalizzazione (*Trattamento sistemico localizzato*):** Solo se ritenuto strettamente necessario, dopo il sezionamento dei fusti, le porzioni radicali a terra e i ceppi primari potranno essere trattati mediante applicazione localizzata a pennello (o micro-iniezione) di un erbicida/biocida sistemico a bassa tossicità ed elevata selettività per essenze legnose. L'applicazione puntuale sul taglio fresco garantirà l'assorbimento per traslocazione verso le radici profonde, diminuendo il rischio di rigetto vegetativo ed evitando la dispersione di prodotti tossici nell'ambiente circostante o nel corso d'acqua sottostante.
3. **Fase di essiccamento:** Si osserverà un periodo di attesa di circa 3-4 settimane per consentire il completo disseccamento e la perdita di aggrappo dei tessuti vegetali. La conseguente contrazione volumetrica delle ventose aride consentirà la successiva rimozione meccanica della parte aerea secca in maggiore sicurezza,
4. **Estirpazione manuale:** Rimozione meccanica mediante l'impiego di forbici-cesoie adeguate, seghetto, bisturi, specilli e spazzole manuali a setole morbide (vegetali o di saggina).

- **Abbattimento biologico e disinfezione delle superfici, devitalizzazione patine biologiche.**

A seguito dell'asportazione della vegetazione macroscopica, le superfici lapidee e i giunti di malta verranno sottoposti a un trattamento di disinfezione e devitalizzazione della microflora (muschi, licheni, alghe e patine biologiche). L'operazione si effettuerà privilegiando l'applicazione a pennello rispetto alla nebulizzazione, riducendo il rischio di dispersione nell'ambiente circostante. Verrà impiegato un biocida specifico per il restauro dei beni culturali a largo spettro d'azione (a base di composti dell'ammonio quaternario, diluito in acqua demineralizzata in basse percentuali (0,5-3%) con conseguente rimozione a secco della patina devitalizzata.

- **Pre-consolidamento delle superfici e Messa in Sicurezza d'Urgenza:**

Se durante lo studio tecnico ravvicinato si dovessero riscontrare porzioni murarie particolarmente degradate o in immediato pericolo di distacco, si effettueranno le operazioni di pre-consolidamento e messa in sicurezza provvisoria. Questa fase ha il duplice obiettivo di tutelare l'incolumità delle maestranze impegnate e di impedire la perdita di elementi lapidei resi instabili dal tempo, dalle infiltrazioni d'acqua o dalla precedente azione di spinta delle radici.

L'intervento d'urgenza si attuerà attraverso metodologie micro reversibili, calibrate in base al livello di criticità rilevato sulle singole parti del ponte. Per le porzioni di paramento o di malta in fase di esfoliazione e polverizzazione, si procederà a un pre-consolidamento localizzato tramite la stuccatura o l'incollaggio provvisorio. In presenza di conci o porzioni di muratura che presentano lesioni passanti o un manifesto rischio di scivolamento, si applicheranno invece presidi di contenimento temporanei, quali bendaggi di protezione con garze, puntellature provvisorie in legno ecc.

Tutti gli interventi di messa in sicurezza temporanea verranno eseguiti garantendo la massima compatibilità chimico-fisica con i materiali originari del ponte, evitando l'impiego di sostanze irreversibili. In questo modo si stabilizzerà la struttura nella sua condizione attuale, creando un contesto operativo sicuro.

- **Pulitura delle superfici:**

A seguito degli interventi di devitalizzazione e messa in sicurezza, si procederà alla pulitura di tutte le superfici in muratura del manufatto, con l'obiettivo di rimuovere i depositi superficiali incoerenti, la patina biologica ormai devitalizzata e gli accumuli di sporco stratificati nel tempo. Trattandosi di una superficie storica complessa ed esposta a differenti microclimi all'interno della vallata, la scelta definitiva della metodologia d'intervento verrà effettuata sul campo, individuando di volta in volta la tecnica più idonea, efficace e meno impattante in base ai risultati emersi dai saggi di pulitura campione.

Tra le metodologie previste, l'opzione elettiva è rappresentata dal lavaggio ad acqua a pressione controllata accompagnata da spazzolatura manuale delle superfici eseguita con spazzole a setole morbide. Questo sistema consentirà di calibrare finemente la pressione e il cono di erogazione del getto, alternando a seconda delle necessità l'uso di acqua nebulizzata a bassa pressione per le zone più delicate o l'utilizzo maggiore pressione per le incrostazioni più tenaci. L'azione idrica, combinata con un'accurata spazzolatura manuale, permetterà di ammorbidire e dilavare le patine di sporco

garantendo di evitare l'abrasione chimico-fisica sulle superfici e sui giunti di malta originari.

Solo se si dovesse ritenere necessario si ricorrerà all'esecuzione di puliture chimiche localizzate come l'uso di carbonato di ammonio, tramite impacchi con polpa di cellulosa. Le metodologie e i tempi di contatto saranno calibrati su preventive prove localizzate e condivise con la soprintendenza.

- **Studio tecnico ravvicinato, osservazione accurata e saggi di pulitura:**

Completata la fase di rimozione della vegetazione infestante e la devitalizzazione delle patine biologiche e montato un ponteggio idoneo, le superfici, fino a questo momento inaccessibili e difficilmente osservabili solo a distanza, potranno essere studiate da vicino. Successivamente si procederà con lo studio tecnico sul campo, indispensabile per passare dalle ipotesi preliminari alla conoscenza reale dell'opera e per calibrare le successive scelte operative più definite.

L'ispezione ravvicinata permetterà innanzitutto di condurre un'osservazione scrupolosa e diretta di tutte le componenti strutturali, rendendo possibile la mappatura precisa dei fenomeni di degrado e dei quadri fessurativi. Permettendo quindi la valutazione dello stato conservativo delle malte storiche e della presenza di conci di pietra instabili o a rischio di crollo imminente, specialmente nelle zone dell'intradosso dell'arco.

Parallelamente all'analisi visiva, si procederà con l'esecuzione di una serie di saggi di pulitura campione su porzioni di superficie contenute e rappresentative, questa sperimentazione preliminare permetterà di individuare la metodologia di intervento più efficace, calibrando con esattezza parametri fondamentali quali la pressione dell'acqua,

i metodi di pulitura, i tempi di posa e il grado di diluizione<sup>3</sup>. L'obiettivo è individuare la tecnica più delicata ed efficace, garantendo la pulizia della muratura senza arrecare danno o erosione alle superfici e alle stuccature originali, limitando inoltre l'utilizzo di prodotti chimici visto l'ambiente boschivo circostante e la vicinanza del torrente.

L'insieme dei dati raccolti durante questa diagnosi ravvicinata verrà accuratamente documentato con schede grafiche e rilievi fotografici di dettaglio.

Questo bagaglio conoscitivo rappresenterà l'anello di congiunzione tra la fase di pulitura e quella di restauro vero e proprio, fornendo allo strutturista e al team di progettazione le informazioni aggiuntive per confermare o ridefinire le scelte esecutive di consolidamento e messa in sicurezza del bene.

---

<sup>3</sup> I tempi di posa e il grado di diluizione si riferiscono all'utilizzo di impacchi o metodi di pulitura chimica, che verranno contemplati solo in caso vengano ritenuti necessari (localizzati solamente a porzioni circoscritte).

- **Rimozione dei precedenti interventi ritenuti non congrui e dannosi per il bene.**

Tra le cause di degrado riscontrabili rientra la presenza di ripristini e rattoppi eseguiti in epoca recente con materiali inadeguati, in particolare mediante l'impiego di malte e rinzaffi cementizi. Laddove le fasi d'ispezione ravvicinata e di saggio ne confermino la presenza (già riscontrata in alcune porzioni a terra) si procederà, dove ritenuto possibile, alla rimozione sistematica e accurata di tali integrazioni inappropriate. I cementi moderni, infatti, oltre a risultare esteticamente e cromaticamente incompatibili con la muratura storica, innescano meccanismi di degrado chimico-fisico: la loro elevata rigidità crea tensioni meccaniche dannose, mentre la loro quasi totale impermeabilità impedisce la naturale traspirazione della pietra, bloccando l'umidità all'interno delle murature e favorendo il degrado per congelamento ( cicli gelo- disgelo) e la dissoluzione delle malte di allettamento originali a base di calce.

L'intervento di rimozione verrà eseguito esclusivamente ove ritenuto tecnicamente possibile e dove non si rischi di compromettere la stabilità complessiva dei conci di pietra sottostanti. Le operazioni si svolgeranno con approccio rigorosamente manuale e micro invasivo, mediante l'ausilio di scalpelli manuali, bisturi, mazzuoli. È escluso l'impiego di dischi da taglio che potrebbero trasmettere vibrazioni dannose all'arco o intaccare la patina originale del paramento lapideo. Il rinzaffo o la stuccatura in cemento verranno asportati fino al raggiungimento del supporto storico sano, mettendo a nudo i giunti e consentendo così la successiva e corretta ri-stilatura mediante nuove malte, appositamente formulate, traspiranti a base di calce idraulica naturale (NHL).

- **Pulitura delle fessurazioni:**

Prima di procedere con l' intervento di consolidamento profondo, si eseguirà una minuziosa pulitura e preparazione di tutte le fessurazioni, delle lesioni passanti e delle cavità interne riscontrate sul paramento e sulla compagine muraria dell'arco. Questa operazione costituisce una fase propedeutica al consolidamento: all'interno dei distacchi e delle fessure si accumulano infatti nel tempo depositi terrosi, polveri, radici disgregate e residui vegetali che, se non asportati, impedirebbero la perfetta aderenza e la corretta apenetrazione delle successive miscele d'iniezione.

La pulitura verrà condotta combinando un'azione meccanica manuale mediante l'uso di specilli, raschietti, pennelli e scovoli di dimensioni calibrate. Le fessure verranno accuratamente pulite tramite lavaggi a bassa pressione con acqua. Questo trattamento consentirà non solo di liberare i canali interni dai detriti e dai materiali incoerenti, ma anche di umidificare preventivamente le pareti interne delle lesioni. L'idonea bagnatura delle superfici interne è un passaggio imprescindibile per evitare che il supporto lapideo assorba precocemente l'acqua di impasto delle future boiacche, garantendo così le condizioni ottimali per la successiva fase di iniezione di consolidamento e la finale stuccatura di sigillatura.

- **Consolidamento delle fessurazioni**

A seguito del lavaggio e della preparazione delle lesioni, si procederà al consolidamento profondo della compagine muraria mediante l'esecuzione di iniezioni a bassa pressione di miscele leganti alleggerite. Questo intervento è finalizzato a ripristinare la coesione del paramento e dell'arco, riempiendo i vuoti interni provocati dal dilavamento delle malte storiche, dai movimenti della struttura o dall'azione disgregatrice svolta dagli apparati radicali.

**Fasi operative :**

1. **Predisposizione e sigillatura dei condotti:** Lungo lo sviluppo delle fessure più profonde e in corrispondenza dei vuoti mappati, verranno posizionati piccoli tubetti di immissione (cannette in PVC ). Contestualmente, la superficie esterna della fessura verrà temporaneamente sigillata tramite stuccatura con malte a base di calce idraulica naturale (NHL) o stucature provvisorie, al fine di evitare la fuoriuscita indesiderata del prodotto durante la fase di spinta.
2. **Iniezione della miscela consolidante:** il consolidamento delle porzioni vuote e avverrà iniettando dal basso verso l'alto boiacche di prodotto consolidante specifico per il restauro, ad alta fluidità, traspirabilità e a basso contenuto di sali solubili, formulate a base di calce idraulica naturale (NHL 3,5) e micro-inerti altamente penetranti. L'operazione verrà condotta con l'utilizzo di siringhe, a bassa pressione o per semplice caduta gravitazionale.
3. **Verifica e rifinitura:** L'efficacia del riempimento verrà monitorata verificando la risalita del composto e la sua fuoriuscita progressiva dalle cannette poste al livello superiore. A saturazione avvenuta e ad indurimento completato della miscela, le cannette di iniezione verranno rimosse o tagliate e i punti di innesto verranno rasati e stuccati a filo muratura con impasti di calce e inerti appositamente formulati simili per colorazione e granulometria alle malte originali.

- **Stuccatura, ricostruzioni e trattamento delle lacune:**

A seguito della pulitura, dell'asportazione delle malte cementizie incongrue e della fase di consolidamento, si procederà con la fase di stuccatura e stilatura dei giunti e delle cavità presenti, con il duplice obiettivo di ripristinare la continuità strutturale e protettiva della muratura e di restituire leggibilità formale al manufatto, operando nel pieno rispetto del principio di conservazione delle malte originali.

**Fasi operative:**

1. **Integrazione e stilatura dei giunti e degli interstizi:** La stuccatura delle fughe tra i conci lapidei verrà eseguita utilizzando malte appositamente formulate a base di calce idraulica naturale (NHL) e inerti selezionati. La composizione cromatica e granulometrica delle sabbie e gli inerti verranno scelti, previa campionatura, per ottenere una malta idonea per tessitura, colore a quella storica originaria. La malta verrà stesa leggermente sotto livello rispetto al filo della pietra per evitare l'effetto "sbordatura" e lasciare in evidenza la geometria dei singoli conci. Le stucature verranno eseguite solo dove ritenuto necessario, mantenendo dov'è possibile la presenza delle stesure originarie. La stuccatura verrà eseguita a mano con cazzuole e spatola a foglia, con successiva spazzolatura o spugnatura in fase di carbonatazione.

2. **Trattamento delle lacune e ricostruzioni:** In presenza di cavità o mancanze di materiale lapideo che possano innescare ristagni d'acqua o deficit strutturali, si interverrà tramite reintegrazioni materiche superficiali. Per le lacune di piccole e medie dimensioni si applicheranno malte da restauro addizionate con polveri di pietra simili agli inerti originari.
3. **Inserimento di elementi lapidei (Scuci-cuci):** Qualora si riscontrino lesioni profonde o la perdita totale di interi conci di pietra, in particolare nelle aree dell'arco, si procederà con l'inserimento di nuovi elementi lapidei. I nuovi elementi saranno della medesima natura geologica e taglio di quelli originali.

#### • **Raccordo cromatico stuccature**

Dove e solo se ritenuto necessario si propone l'operazione di accordatura cromatica con lo scopo di mitigare eventuali disarmonie visive o discontinuità di tono generate dalle nuove stuccature, dai rinfilanchi e dalle integrazioni di malta rispetto alla patina del paramento murario e delle superfici lapidee storiche.

#### **Fasi operative:**

1. **Pianificazione e Saggi Preliminari:** Prima di procedere su tutte le porzioni di stuccatura che necessitano del raccordo cromatico, verranno effettuati campionamenti e saggi cromatici in porzioni limitate e poco visibili del ponte per individuare le corrette diluizioni e tonalità d'impasto.
2. **Materiali e Leganti:** Si impiegheranno esclusivamente velature stese a pennello a base di calce idrata, molto diluite e pigmentate con terre naturali, ossidi minerali stabili ai raggi UV e all'attacco degli agenti atmosferici.
3. **Metodologia d'Applicazione:** La stesura avverrà per successive trasparenze (sottotono) per garantire il raggiungimento dell'effetto cromatico desiderato, evitando coperture piatte.
4. **Finalità Estetica:** Le stuccature integrate cromaticamente dovranno risultare sì distinguibili ad un'osservazione ravvicinata, ma perfettamente raccordate, omogenee e prive di stacchi visivi stridenti a distanza di osservazione restituendo un'unità visiva equilibrata e coerente all'intero manufatto.

## 9.1 proposta d'intervento per i parapetti del ponte.

Sul punto di percorrenza del ponte si rileva la presenza di un residuo di parapetto in muratura, attualmente in stato di parziale crollo. Per la porzione superstite si prevede l'applicazione dell'intero *iter* progettuale stabilito per l'intera struttura, articolato nelle fasi precedentemente descritte. Nelle porzioni mancanti, su entrambi i lati dell'impalcato, si propone la ricostruzione del parapetto in continuità costruttiva con la tessitura muraria esistente, impiegando sassi e pietre locali allettate con malta di calce simile per colore e granulometria agli impasti originali.

A completamento dell'opera, nella porzione sommatiale delle murature di contenimento viene proposto l'inserimento di una staccionata lignea, sostenuta da montanti in profilati metallici, per garantire la sicurezza del transito pedonale e veicolare.

## 9.2 Fase di consolidamento strutturale.

Tra le ipotesi operative e gli interventi conservativi da vagliare, un ruolo primario sarà affidato al consolidamento strutturale del ponte. L'intervento consentirà di garantire la piena sicurezza del transito veicolare, oggi ridotto a un flusso locale e sporadico, in vista del suo fisiologico incremento a seguito del riassetto del sentiero come viabilità principale di accesso alla frazione di Sonvico.

Tali lavorazioni dovranno essere necessariamente precedute dal montaggio preventivo di una centina provvisoria, opportunamente sagomata sul sesto dell'arco e posta all'intradosso del ponte. Tale struttura d'armatura, garantirà la stabilità e la sicurezza statica del manufatto durante le delicate fasi di scarico e ricarico dei pesi.

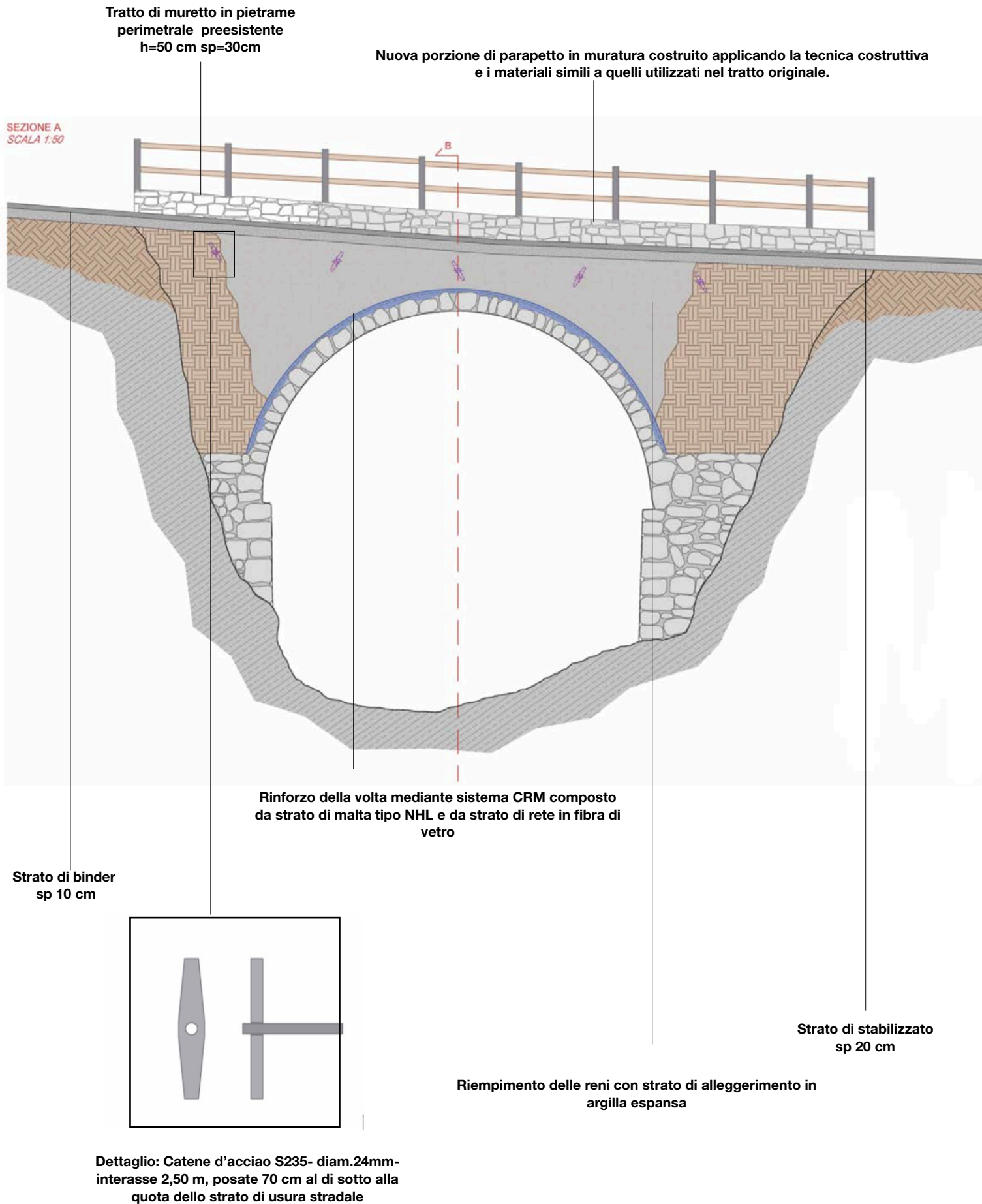
La prima operazione sarà lo svuotamento controllato del rinfiando all'estradosso della volta. L'operazione, da eseguirsi a partire dal piano di calpestio esistente, consentirà l'asportazione dei riempimenti disgregati e la successiva ispezione visiva dell'estradosso. Lo strato di riempimento a contatto con l'estradosso verrà rimosso tramite pulizia manuale controllata, utilizzando scopa, spazzola e paletta. I residui incoerenti presenti verranno aspirati e/o soffiati tramite l'utilizzo di soffiatore con l'obiettivo preparare al meglio la superficie per la fase di stesura della malta strutturale a base calce (NHL5).

A seguito si procederà con il rinforzo dell'estradosso: nello specifico, si prevede, previa bagnatura della superficie, l'applicazione di uno strato dallo spessore di 5 cm, formulato con malta fibrorinforzata a base di calce idraulica naturale NHL (miscela di NHL 3,5 + NHL5). Per garantire una perfetta distribuzione delle tensioni e migliorare la resistenza a trazione dell'arco, lo strato sarà rinforzato mediante l'inserimento di reti strutturali in fibra di vetro, caratterizzate da elevata resistenza meccanica e totale inerzia alla corrosione.

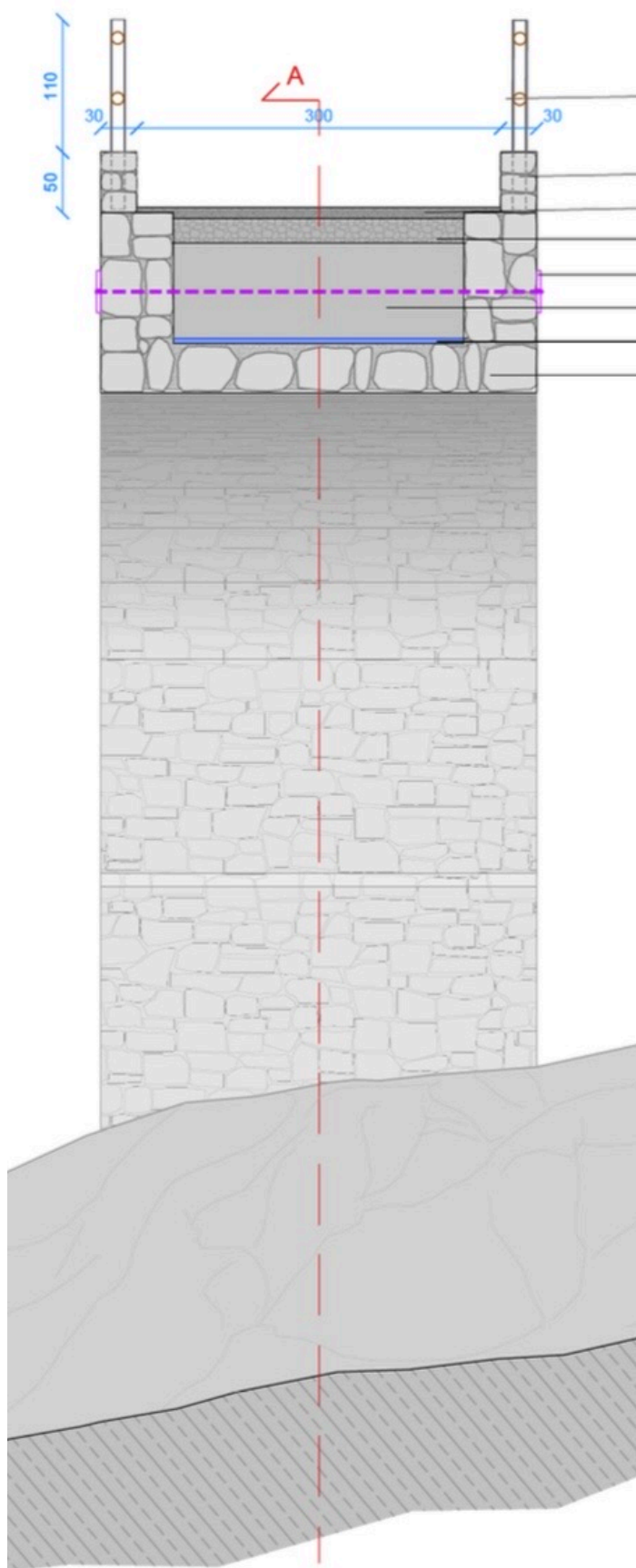
Il successivo riempimento verrà integrato impiegando materiale alleggerito ad alte prestazioni (a base di argilla espansa), garantendo così il corretto ripristino delle quote del piano viabile e una duratura stabilità complessiva.

In rinforzo a questo intervento, la verifica statica ha riscontrato la necessità di contrastare il possibile ribaltamento delle pareti e le azioni di spinta orizzontale delle murature. A rimedio di tale problematica si propone l'installazione di tiranti metallici passanti orizzontalmente da un lato all'altro della struttura (*in acciaio S235, diametro 24 mm, interasse 2,50m*). Tali elementi trasversali, posizionati 70 cm al di sotto rispetto alla quota dello strato di usura stradale, agiranno da catene, bloccando e vincolando i paramenti murari per garantire la stabilità dell'opera anche sotto i carichi del traffico.

### 9.3 Rilievo grafico operazioni di consolidamento strutturale.



**SEZIONE B**  
**SCALA 1:50**



Staccionata costituita da due piantoni in acciaio e da n. 2 traversi in legno

Nuova porzione di parapetto in muratura costruito applicando la tecnica costruttiva e i materiali simili a quelli utilizzati nel tratto originale.

Strato di binder sp10 cm

Strato di stabilizzato sp 20 cm

Catene di acciaio S235- diam.24mm- interasse 2,50 m

Riempimento delle reni con strato di alleggerimento in argilla espansa

Rinforzo della volta mediante sistema CRM composto da strato di malta tipo NHL e da strato di rete in fibra di vetro

Spalle e volta del ponte in muratura

## 10.Tabella riassuntiva delle fasi di intervento sulle superfici murarie

| FASI DI INTERVENTO                                                                       | Descrizione operazioni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Operazioni preliminari /messa in sicurezza porzioni pericolanti e a rischio              | <b>Rimozione vegetazione</b><br>disinfestazione di arbusti mediante rescissione delle parti aeree, se necessario infiltrazione di biocida nelle zone recise, rimozione finale dell'apparato radicale, devitalizzato o riduzione dello stesso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                          | <b>Abbattimento biologico</b><br>disinfezione da coloni di microorganismi autotrofi o/e mediante applicazione di biocida e successiva rimozione meccanica<br><u>Utilizzo a bassa percentuale di soluzione (0,5-3%) favorendo la stesura a pennello per non disperdere biocida nell'ambiente</u><br><b>Pre-consolidamento delle superfici pericolanti e messa in sicurezza</b><br>Operazioni di pronto intervento su porzioni pericolanti, distaccate o a rischio crollo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Fase di pulitura<br><br>Rimozione elementi incongrui                                     | <b>Pulitura delle superfici</b><br>Rimozione di depositi superficiali coerenti e incoerenti , e macchie solubili mediante accurato lavaggio delle superfici tramite l'uso di acqua a bassa pressione e spazzola a setole morbide ( dove la superficie lo consente lavaggio controllato con idropulitrice)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                          | <b>Impacchi localizzati di ammonio carbonato e polpa di cellulosa</b><br>Rimozione di depositi superficiali coerenti e incrostazioni tenaci tramite l'uso localizzato di impacchi di carbonato d'ammonio in soluzione satura con conseguente abbondante risciacquo.<br><i>(Solo se necessario, tempi di posa da valutare previe prove preliminari di pulitura)</i><br><b>Rimozione precedenti interventi non congrui</b><br>Rimozione delle stuccature decoese e degli imbratti e porzioni rinzaffate con malta cementizia<br>operazione svolta tramite bisturi, martellina e micro-scalpelli.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Consolidamento e stuccatura delle fessurazioni, fughe e interstizi dell'apparato murario | <b>Iniezione di Malta fluida per consolidamento nelle porzioni di intonaco distaccate</b><br>Consolidamento delle fessurazioni e fenditure presenti nell'assetto murario mediante iniezioni di malta pre miscelata a base di calce e a basso contenuto di sali solubili e/o consolidamento di lesioni strutturali mediante preventiva sigillatura delle lesioni sotto livello con malta di calce e inerti, inserimento di tubi necessari alle iniezioni e successiva infiltrazione in profondità di malte idrauliche specifiche per interventi su beni culturali                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                          | <b>Stuccatura di riempimento delle fughe , degli interstizi e delle porzioni disgregate</b><br>Ripresa della stilatura dei giunti e degli interstizi a spatola e cazzuola, tramite utilizzo di impasti preventivamente studiati a base di malta di calce e i III nerti selezionati, simile per cromia e granulometria.<br>Nelle lacune più profonde verranno eseguiti sottofondi con malta di calce e inerti medio/grossi lasciando lo spazio per la finitura.<br>La fase di stuccatura non è da eseguire solo e dove vi è necessità, cercando dove possibile di mantenere le stuccature e gli allettati originari.<br><b>Risarcitura (scuci/cuci ) delle porzioni in muratura crollate</b><br>risarcitura ( scuci /cuci) di lacune che interessano il nucleo murario da eseguirai mediante integrazione con materiali analoghi , operazioni localizzate ai solo punti in cui vi è necessità ( grosse lacune / zone di crollo) |
| Revisione cromatica delle stuccature                                                     | <b>Revisione cromatica localizzata ( dove e se vi è necessità)</b><br>Revisione cromatica per il minare squilibri eccessivi creatisi nel tono generale del paramento murario e delle integrazion                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

## 11.Schede prestazionali dei prodotti proposti.

### ERBICIDA / BIOCIDA SPECIFICO PER INFESTANTI AEREI A FUSTO LEGNOSO

**Destinazione d'uso:** Devitalizzazione radicale e sistemica della vegetazione infestante macroscopica ad alto fusto (edera e arbusti rampicanti) infiltrata nella compagine muraria del ponte storico.

- **Tipologia di formulato:** Erbicida sistemico, non residuale, ad azione endoterapica e citotropica.
- **Meccanismo d'azione richiesto:** Il prodotto deve essere assorbito per via sistemica ed essere traslocato per via linfatica dalle foglie o dal taglio del tronco fino all'apparato radicale profondo, garantendo la devitalizzazione totale della pianta ed limitando il rigetto.
- **Modalità di applicazione nel protocollo**
  - **(Tronco principale):** Applicazione localizzata per spennellatura pura o inoculo localizzato sul taglio fresco del fusto legnoso, subito dopo la rimozione della chioma esterna .

## BIOCIDA A LARGO SPETTRO

**Destinazione d'uso:** Abbattimento biologico (muschi, licheni, alghe e patine biologiche) sulle superfici lapidee e nei giunti di malta.

- **Tipologia di formulato:** Preservante liquido concentrato a base di sostanze attive da impiegarsi previa diluizione in acqua demineralizzata.
- **Composizione chimica:** Miscela sinergica di un Sale di Ammonio Quaternario (tensioattivo cationico) e
- **Spettro di attività richiesto:** Efficacia certificata contro attacchi biologici, fungini, algali e specificatamente attiva sui ceppi lichenici.
- **Modalità di applicazione in cantiere:** Nebulizzazione a bassa pressione o applicazione a pennello/impacco. Non additivabile a malte fresche.
- **Diluizione d'uso presunta:** Soluzione acquosa dal 0,5% al 3% in volume in funzione dell'intensità dell'attacco biologico.

## REAGENTE CHIMICO PER IMPACCHI E PULITURA (CARBONATO D'AMMONIO)

**Destinazione d'uso:** Rimozione chimica controllata di patine biologiche coerenti, depositi carboniosi, sporco stratificato e croste superficiali parzialmente solubili tramite impacco supportato.

- **Tipologia di formulato:** Sale inorganico puro in polvere cristallina, da solubilizzare in acqua demineralizzata in cantiere.
- **Composizione chimica:** Carbonato d'ammonio purissimo  $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$
- **Caratteristiche fisiche e chimiche della materia prima:**
  - Aspetto: Polvere cristallina o masse friabili di colore bianco.
  - Solubilità in acqua (a 20°C): Altamente solubile (circa 220 g/l).
  - pH (in soluzione acquosa): Debolmente alcalino (circa 9.0).
- **Requisiti e meccanismo d'azione:** Il reagente deve agire per idrolisi alcalina blanda sulle sostanze organiche e per conversione chimica controllata sulle croste, ammorbidendole senza aggredire la matrice minerale della pietra.
- **Veicolazione in cantiere:** Da applicarsi interposto tra fogli di carta giapponese ed incorporato in un mezzo supportante inerte e igroscopico (es. polpa di cellulosa purificata e/o sepiolite) per controllare i tempi di contatto ed evitare la penetrazione profonda nei giunti di malta.
- **Precauzioni in fase di esecuzione:** L'operazione deve concludersi con un accurato e ripetuto lavaggio finale con acqua per eliminare ogni residuo del sale

## MISCELA A BASE CALCE FLUIDA PER INIEZIONI DI CONSOLIDAMENTO

**Destinazione d'uso:** Consolidamento profondo della assetto murario dell'arco, riempimento dei vuoti interni e ripristino strutturale.

- **Tipologia di formulato:** Premiscelato fluido preconfezionato da impastare esclusivamente con acqua demineralizzata per iniezioni a bassa pressione o gravità.
- **Composizione chimica:** Formulato a base di calce idraulica naturale ed eco-compatibile, leganti idraulici speciali stabili, inerti pozzolanici superventilati, silicei e ardesia, esente da cemento Portland e additivi sintetici nocivi.
- **Requisiti prestazionali obbligatori:**
  - Contenuto di sali solubili: Bassissimo o nullo (per prevenire efflorescenze saline secondarie).
  - Fluidità e penetrabilità: Ottima stabilità e assenza di segregazione in dispersione planetaria per un tempo minimo di 20 minuti.
  - Compatibilità meccanica: Bassa resistenza meccanica ed elevata elasticità, chimicamente e fisicamente compatibile con malte storiche a base di calce aerea.
- **Limiti di impiego termici:** Applicazione vietata con temperature ambientali inferiori a 5°C o superiori a 35°C.

## **CALCE IDRAULICA NATURALE (NHL) PER MALTE DA RESTAURO**

**Destinazione d'uso:** Confezionamento di malte per l'allettamento, la ri-stilatura dei giunti (fughe), la reintegrazione delle lacune e la risarcitura (scuci-cuci).

- **Classificazione normativa:** Calce idraulica naturale pura, designazione **NHL 3.5** o **NHL 5** conforme in modo tassativo alla norma europea **UNI EN 459-1**.
- **Costituenti:** 100% calce naturale ottenuta dalla cottura di calcari storicamente silicei, esente da qualsiasi additivo legante idraulico artificiale (clinker cementizio).
- **Caratteristiche fisiche e meccaniche (Valori di riferimento a norma EN 459-1):**
  - Resistenza a compressione a 28 giorni: Compresa tra un minimo di 3,5 MPa (per NHL 3.5) e un massimo di 10 MPa (o conforme a limiti NHL 5 per esigenze strutturali dell'arco).
  - Inizio presa:  $\geq 60$  minuti.
  - Fin presa:  $\leq 900$  minuti.
  - Massa volumica apparente (polvere):  $\sim 590-600$  g/l.
  - Stabilità (espansione):  $\leq 2$  mm.
- **Caratteristiche chimiche:** Contenuto di ossido di calcio libero (CaO libero)  $\geq 20\%$  e triossido di zolfo ( $\text{SO}_3$ )  $\leq 3\%$ .
- **Requisiti estetici della malta finale:** L'inerte da associare in cantiere dovrà essere selezionato su base locale, simile per granulometria e tessitura cromatica alle sabbie storiche rilevate in fase autoptica.

## CONSOLIDANTE SUPERFICIALE

**Destinazione d'uso:** Pre-consolidamento d'urgenza e trattamento conservativo superficiale di porzioni lapidee o malte storiche in fase di esfoliazione, decoesione o polverizzazione.

- **Tipologia di formulato:** Consolidante minerale a base nanometrica in dispersione acquosa o solvente alcol-siliceo
- **Composizione principale:** Sospensione stabile di nanoparticelle di silice (silice colloidale / silicato di etile) ad altissima penetrazione.
- **Proprietà applicative ed ecologiche:**
  - Reversibilità e compatibilità: Totale inerzia chimica sul supporto in pietra locale.
  - Mantenimento della traspirabilità: Il reticolo cristallino generato non deve occludere la porosità naturale, garantendo il passaggio del vapore acqueo.
  - Reazione: Assenza totale di sottoprodotti di reazione dannosi o sali solubili migranti.

## MALTA CONSOLIDANTE PER RINFORZO DELL'ESTRADOSSO

Malta premiscelata in polvere, traspirante ed esente da cemento Portland, a base di calce idraulica naturale (**NHL** secondo EN 459-1), pozzolana ad attività idraulica, sabbie calcaree/silicee selezionate in curva granulometrica controllata e microfibre sintetiche.

È espressamente progettata per la realizzazione di **intonaci armati strutturali ad elevate prestazioni meccaniche (sistemi CRM)**, la stilatura dei corsi e il consolidamento di murature storiche, di pregio o tutelate (in pietra, mattoni, tufo e tessiture miste).

### Prestazioni e Caratteristiche Tecniche

#### 1. Caratteristiche dei Componenti e Fisico-Chimiche

| Parametro                    | Norma di Riferimento | Prestazione / Valore Tipico                |
|------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|
| Legante Principale           | EN 459-1             | Calce Idraulica Naturale (NHL 3.5 / NHL 5) |
| Dimensione Massima Aggregato | EN 1015-1            | $\leq 2,5$ mm                              |
| Contenuto di Cloruri         | EN 1015-17           | $< 0,05\%$                                 |
| Reazione al Fuoco            | EN 13501-1           | Classe <b>A1</b> (Incombustibile)          |

#### 2. Prestazioni Meccaniche (a 28 giorni)

| Parametro                       | Norma di Riferimento | Valore / Categoria Tipica                                    |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------|
| Classificazione Intonaco        | EN 998-1             | Categoria <b>CS IV</b>                                       |
| Classificazione Muratura        | EN 998-2             | Classe <b>M 10</b> (oppure <b>M 15</b> )                     |
| Resistenza a Compressione       | EN 1015-11           | $\geq 10,0$ N/mm <sup>2</sup>                                |
| Resistenza a Flessione          | EN 1015-11           | $\geq 3,0$ N/mm <sup>2</sup>                                 |
| Modulo Elastico Statico (E)     | EN 13412             | 8.000–10.000 N/mm <sup>2</sup>                               |
| Adesione al Supporto (Muratura) | EN 1015-12           | $\geq 0,8$ N/mm <sup>2</sup> (Modalità rottura: FP A, B o C) |

#### 3. Prestazioni Igrotermiche e Durabilità

| Parametro                            | Norma di Riferimento | Valore / Categoria Tipica                                                    |
|--------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Assorbimento d'Acqua per Capillarità | EN 1015-18           | Categoria <b>W 2</b> ( $c \leq 0,2$ kg/m <sup>2</sup> · min <sup>0,5</sup> ) |
| Fattore di Resistenza al             | EN 1015-19           | $\leq 15$ – $20$ (Elevata traspirabilità)                                    |
| Conducibilità Termica                | EN 1745              | 0,8–0,9 W/m · K (valore tabellato P=50%)                                     |

29/07/2026

  
**RENATO MOSCARDI**

*Restauri di Beni Culturali*

Via Mezzarzo, 21 - 25043 BRENO (BS)

Tel. 348.9812810 - P.IVA: 04222100986

renatomoscardi.restauri@gmail.com