

Opera

PFTE

Progetto architettonico

Vincenzo Bertoletti
Architetto

Via S Giovanni in Borgo 10 – Pavia

Data 28/05/2026

COMUNE DI BELGIOIOSO - PV



Riquilificazione e restauro Serre del castello di Belgioioso – I lotto



RELAZIONE SOSTENIBILITA' INTERVENTO

RISPETTO DEI CRITERI AMBIENTALI MINIMI (CAM) PER L'EDILIZIA	1
PREVENZIONE DEL DEGRADO E STRATEGIA DI CONSERVAZIONE.....	2
EFFICIENTAMENTO ENERGETICO	3
ADATTAMENTO ALLA CRISI CLIMATICA E RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ AMBIENTALE	5

RISPETTO DEI CRITERI AMBIENTALI MINIMI (CAM) PER L'EDILIZIA

Il progetto di restauro del I lotto delle Serre e scuderie del castello di Belgioioso integra i principi sanciti dai Criteri Ambientali Minimi (CAM) vigenti, coniugando il rigoroso rispetto dei vincoli monumentali con l'ottimizzazione delle prestazioni energetiche e ambientali. Le specifiche tecniche e i materiali previsti a capitolato rispondono ai requisiti di sostenibilità secondo le seguenti direttrici:

- **Efficienza energetica e prestazioni impiantistiche (CAM Energia):** La climatizzazione dei locali di servizio è affidata a un nuovo impianto in pompa di calore ad espansione diretta ad alta efficienza. Per il controllo delle dispersioni termiche, l'intervento prevede l'installazione di nuovi serramenti in acciaio a taglio termico. I tamponamenti vetrati saranno composti da doppia lastra antisfondamento basso emissiva e canalina calda (vetro tipo 3.3/12/3.3, Ug 1.1 W/m²K). Questo sistema garantisce una trasmittanza termica complessiva del serramento inferiore a 1.3 W/m²K.
- **Specifiche dei materiali e isolamento termico (CAM Materiali):** Il recupero architettonico abbraccia una visione profondamente radicata nella bioedilizia, privilegiando l'uso di ecomateriali storici con prestazioni eccellenti in ottica LCA (Life Cycle Assessment). La scelta di utilizzare malte e intonaci a base di calce naturale esente da cemento e finiture in coccio pesto per i pavimenti rappresenta una strategia fondamentale per l'abbattimento del GWP (Global Warming Potential). Rispetto ai leganti cementizi tradizionali, fortemente energivori, la produzione della calce richiede temperature di cottura nettamente inferiori, riducendo in modo drastico le emissioni climalteranti lungo il processo produttivo (*cradle-to-gate*). Inoltre, la calce funge da vero e proprio *carbon sink*, riassorbendo CO2 durante il suo processo di carbonatazione. Sotto il profilo della Qualità dell'Aria Interna (IAQ), questi materiali naturali sono totalmente inerti, garantendo l'assenza di emissioni di VOC (Composti Organici Volatili) e prevenendo la formazione di condense grazie all'elevata traspirabilità. Il confinamento termico è assicurato dalla posa di pannelli isolanti in EPS ad alta densità (spessore 10 cm) sottopavimento e dalla posa di un materassino in lana di roccia da 20 cm (10+10) sull'impalcato del nuovo solaio sottotetto. In rigorosa ottemperanza al D.M. 24 novembre 2025, si specifica che tutti i materiali isolanti impiegati (EPS e lana di roccia) rispetteranno le specifiche tecniche relative al contenuto minimo di materia recuperata o riciclata, certificato tramite idonea documentazione ambientale (es. EPD o ReMade in Italy).
- **Permeabilità del suolo e invarianza idraulica (CAM Uso del suolo e Acqua):** Le sistemazioni esterne sono progettate per mitigare l'impatto sul microclima e favorire la permeabilità naturale del suolo. Per le pavimentazioni esterne e i percorsi pedonali è previsto l'uso del calcestruzzo, una superficie drenante che previene i fenomeni di ruscellamento superficiale. A supporto della resilienza idrica, si prevede il dimensionamento maggiorato dei sistemi di raccolta e allontanamento delle acque meteoriche per far fronte a portate eccezionali.

- Riduzione degli impatti da cantiere e conservazione delle risorse (CAM Fine Vita e Demolizioni): L'adozione dei principi del minimo intervento e della conservazione programmata riduce drasticamente la produzione di rifiuti (C&D). Il progetto prevede la conservazione e l'integrazione delle murature portanti esistenti e la ricostituzione mirata degli equilibri strutturali, limitando le demolizioni alle sole superfetazioni incongrue. L'utilizzo di biocidi idonei e la disinfestazione mirata garantiscono la bonifica ambientale senza dispersione di inquinanti persistenti.

PREVENZIONE DEL DEGRADO E STRATEGIA DI CONSERVAZIONE

L'intervento in oggetto riguarda l'esecuzione delle opere del I lotto di lavori di restauro, finalizzate al pieno recupero funzionale e alla conservazione di un bene dal grande valore storico-artistico quali le Serre e scuderie del castello di Belgioioso.

L'approccio adotta i principi del minimo intervento e della conservazione programmata, agendo prioritariamente sulle cause del degrado per stabilizzare il manufatto e pianificare la successiva manutenzione ordinaria.

1. Analisi dello Stato di Fatto e Fenomeni di Degrado

Le patologie riscontrate sull'immobile sono l'esito di un'interazione complessa tra fattori intrinseci ed estrinseci, che hanno innescato alterazioni chimiche, fisiche e biologiche:

Fattori di Macro degrado Ambientale e Antropico

- Agenti Atmosferici e Termici: Azione combinata di acqua meteorica, inquinamento atmosferico e sbalzi termici ciclici.
- Fattori Antropici Indiretti: Incuria prolungata e, in particolare, interventi di ristrutturazione pregressi errati che hanno impattato negativamente sugli equilibri architettonici e strutturali originari, vedi relazione tecnica stato di fatto.

Manifestazioni Sintomatiche Specifiche

- Umidità e Infiltrazioni: Presenza di umidità (di risalita e meteorica) con conseguente degrado delle matrici murarie.
- Attacco Biologico: Colonizzazione da parte di vegetazione infestante e fenomeni di infestazione da volatili (guano e nidificazioni).
- Dissesti da Superfetazioni: Alterazioni strutturali causate da passate demolizioni non compensate e superfetazioni incongrue.

2. Programma degli Interventi Operativi (I Lotto)

Le lavorazioni previste in questa prima fase mirano all'arresto dei fenomeni degenerativi in atto e al ripristino delle condizioni di sicurezza e compatibilità materica.

Bonifica ambientale

Bonifica, Disinfestazione e Depolveratura

- Rimozione Vegetazione: Estirpazione meccanica e chimica (mediante biocidi idonei) della vegetazione infestante radicata nelle murature.
- Allontanamento Volatili: Pulizia profonda e sanificazione degli spazi interni ed esterni degradati dalle deiezioni, associata alla predisposizione di sistemi di dissuasione.

Riequilibrio strutturale

Interventi e Ripristini Strutturali

- Rimozione Superfetazioni: Eliminazione degli elementi strutturali aggiunti nel tempo che sovraccaricano o alterano l'organismo fabbricativo.
- Ricostruzione murature: in mattoni pieni in laterizio e malte a base di calce.
- Ricostituzione Equilibrio: Ricostruzione di elementi precedentemente demoliti, nello specifico il solaio in legno dello "spazio artisti", finalizzato a ridistribuire correttamente i carichi e ripristinare il comportamento scatolare dell'edificio.

Ripristino materico

Restauro Conservativo delle Superfici Murarie

- Rimozione Intonaci Incongrui: Asportazione delle vecchie malte cementizie o degradate, incompatibili con il supporto storico.
- Risanamento con Calce Naturale: Scelta di malte e intonaci a base di calce esenti da cemento, specifici per il restauro, per garantire la traspirabilità delle murature, la compatibilità chimico-fisica e l'evacuazione dell'umidità.

Prospettive future: la Conservazione Programmata

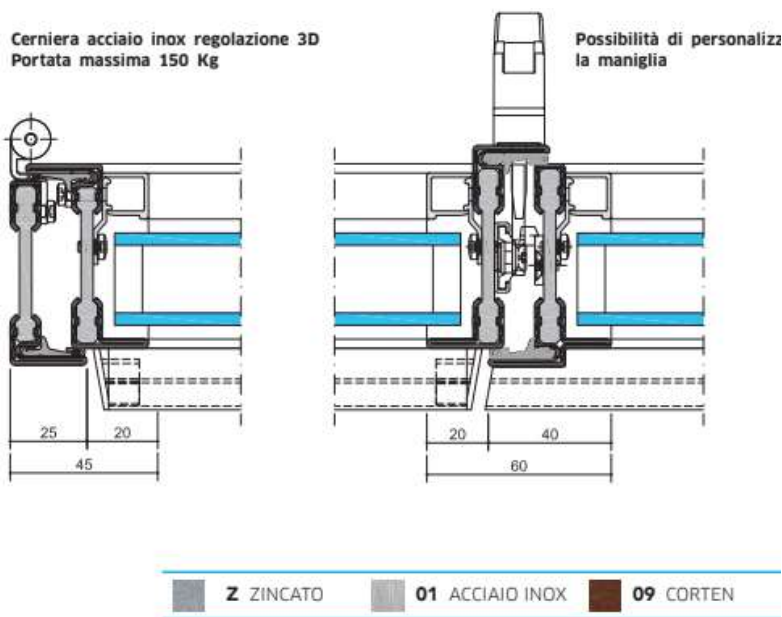
Il completamento di questo I lotto pone le basi per la successiva redazione del Piano di Monitoraggio e Manutenzione dell'immobile che sarà sviluppato in fase esecutiva. L'obiettivo a lungo termine è la transizione da un regime di "pronto soccorso edilizio" a una gestione ordinaria e predittiva, volta a contenere l'impatto dei fattori ambientali e antropici analizzati e a evitare il ripetersi di interventi invasivi o errati.

EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

Serramenti

I serramenti della serra costituiscono elementi fortemente caratterizzanti dell'identità architettonica dell'immobile, ma il loro stato di degrado non consente un recupero funzionale degli stessi.

Per questa ragione è prevista l'installazione di nuovi serramenti in acciaio a taglio termico con sezioni di profilo ridotte, tipo profili minimali Jansen, per non impattare esteticamente sull'architettura del prospetto e dialogare con gli elementi preesistenti. I tamponamenti vetrati saranno composti da doppia lastra antisfondamento basso emissiva e canalina calda, vetro tipo (3.3/12/3.3) – Ug. 1.1 Wm²/K, il serramento ha una trasmittanza termica <1.3 W/m²K a norma di legge.



Dettaglio profili serramenti in acciaio

Condivisione Istituzionale: Ogni decisione finale sulla tipologia dei serramenti sarà strettamente concordata con la competente Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio, nel pieno rispetto del Codice dei Beni Culturali.

Isolamento strutture orizzontali

Nel recupero del volume per spazio artisti è prevista sottopavimento la posa di un pannello isolante in EPS sp. 10cm ad alta densità, a finire realizzazione di sottofondo e finitura pavimento in coccio pesto.

Sull'impalcato del nuovo solaio sottotetto è prevista la posa di un materassino in lana di roccia da 20cm (10+10).

I pacchetti isolanti delle strutture orizzontali sono verificati per rientrare nelle trasmittanze a norma di legge.

Impianto di riscaldamento e condizionamento

E' prevista la realizzazione di un nuovo impianto di riscaldamento e condizionamento in pompa di calore ad espansione diretta con console a controsoffitto nei locali di servizio, sistema ideale per la tipologia dei locali in oggetto, sia dal punto di vista energetico che come impatto estetico e funzionale, nei locali di servizio è prevista l'integrazione con termosifoni elettrici a parete.

Il posizionamento delle unità esterne è in nicchia esistente sul muro esterno a nord sotto il portico schermata da griglia metallica così da non impattare sul contesto.

- **Regolazione Idraulica delle Pertinenze:** Gli interventi sugli spazi aperti che circondano il bene sono orientati a favorire la permeabilità del suolo, è previsto l'uso del calcestruzzo per le pavimentazioni esterne, evitando fenomeni di ruscellamento superficiale e ristagno idrico in prossimità delle fondazioni del nucleo monumentale.

Gestione degli Shock Termici e Mitigazione del Microclima

Le forti escursioni termiche stagionali e le ondate di calore estive accelerano i processi di degradazione fisica dei materiali (dilatazioni, fessurazioni, shock termici sulle superfici lapidee e sugli intonaci).

- **Isolamento ed Efficientamento degli Infissi:** L'inserimento dei nuovi serramenti con trasmittanza termica a norma di legge $\leq 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ funge da barriera termica. Questa misura stabilizza il microclima interno, riducendo lo stress termico sulle strutture portanti e sui solai appena ricostituiti (come il solaio in legno dello spazio artisti).
- **Il Nodo Critico della Serra:** La serra e i suoi serramenti, in quanto strutture a forte prevalenza di superficie vetrata, sono l'elemento più vulnerabile agli sbalzi termici e alla grandine. L'intervento previsto di realizzare serramenti in acciaio a taglio termico con i tamponamenti vetrati composti da doppia lastra antisfondamento basso emissiva e canalina calda, vetro tipo (3.3/12/3.3) – Ug. $1.1 \text{ Wm}^2/\text{K}$, riescono a proteggere l'interno dall'effetto serra estremo e da impatti meccanici violenti. Nel lotto di lavori successivo di completamento, che prevede la rifunzionalizzazione del volume serra come spazio per eventi, le vetrate saranno integrate con un sistema di schermature solari per rendere ancora più efficiente la gestione del microclima e la mitigazione degli shock termici.

Gestione della Vegetazione Pertinenziale e Sicurezza al Vento

La presenza di vegetazione infestante e la gestione delle aree verdi di pertinenza richiedono un approccio preventivo contro le forti raffiche di vento e le tempeste.

Bonifica Botanica Preventiva: la rimozione della vegetazione infestante dalle murature elimina il rischio che l'azione del vento sulle piante crei un "effetto leva", scalzando elementi lapidei o porzioni di intonaco già indeboliti.

Messa in Sicurezza delle Pertinenze: Il controllo e la manutenzione programmata del verde circostante sono finalizzati a prevenire il crollo di rami o alberature monumentali sulle strutture del bene principale o sulle coperture della serra.

Integrazione nel Piano di Conservazione Programmata

La riduzione della vulnerabilità climatica non si esaurisce con il cantiere del I lotto, ma ridefinisce i protocolli del futuro Piano di Manutenzione:

1. **Monitoraggio Meteo-Climatico:** Integrazione di sensori ambientali per registrare le variazioni di temperatura e umidità in correlazione agli eventi esterni.
2. **Ispezioni Post-Evento:** Introduzione di procedure di controllo straordinarie e immediate da eseguire subito dopo eventi meteorologici di eccezionale intensità, per verificare la tenuta delle coperture, dei serramenti e dei sistemi di scarico prima che l'eventuale danno diventi irreversibile.