

# Abbazia di Santa Maria di Chiaravalle

IL RESTAURO DI UN MONUMENTO VIVENTE



MINISTERO  
DELLA  
CULTURA

SEGRETARIATO REGIONALE  
PER LA LOMBARDIA



PANIZZA 1914  
EDILIZIA E STRUTTURE



## ABBAZIA DI SANTA MARIA DI CHIARAVALLE

### L'importanza storica e sociale

Situata alle porte di Milano, l'Abbazia cistercense di Santa Maria di Chiaravalle funge da cerniera tra il tessuto urbano e la campagna a sud dell'area metropolitana cittadina.

Fondata nel 1135 da S. Bernardo di Clairvaux, è una delle più belle d'Italia, nel suo stile romanico e con i suoi affreschi di unica bellezza.

La suddivisione dello spazio è studiata sapientemente nelle proporzioni e nella luce per donare agli ambienti un'atmosfera mistica e inconfondibile.

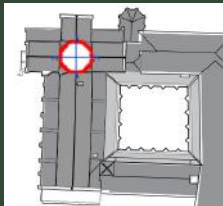


L'Abbazia, tanto cara ai milanesi, è un monumento vivo che ha un forte valore storico e sociale: voluta e finanziata dal popolo di Milano (in particolare dalle famiglie Archinto e Torriani), oggi è sede di corsi, laboratori, performances d'arte, meta di pellegrinaggi o di semplici visite per chi desidera intraprendere un viaggio vicino nello spazio ma lontano nel tempo.

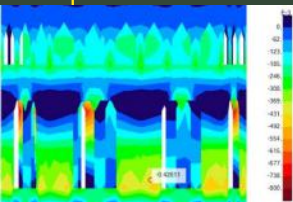
Dopo la sua fondazione, il monastero assunse nel tempo un ruolo sempre più preminente nell'equilibrio economico della Pianura Padana. I monaci cistercensi contribuirono ad introdurre a Milano una cultura nuova e funzionale in grado di cambiare l'intera immagine della città. Per questa particolare ragione, a differenza di quanto previsto dai canoni di S. Bernardo, l'Abbazia possiede una ricchezza d'arte insolita, frutto dell'evoluzione di una colta committenza che nei secoli ha introdotto modifiche di grande pregio.

**Una di queste è la Torre Nolare del 1329 (attribuita all'architetto Francesco Pecorari di Cremona), di straordinaria altezza e decorata da ottanta colonnine di marmo di Candoglia e pinnacoli di influsso gotico.**



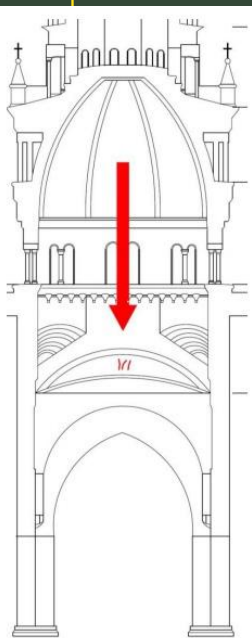
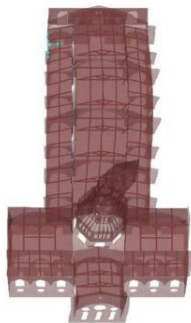
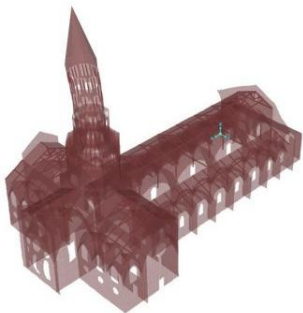


## LE NECESSITÀ DEL MONUMENTO



La Torre Nolare, di pianta ottagonale, sale partendo dal tiburio e si compone di due sezioni, una prima alta 4.14 metri ed una seconda di 12.19 metri, da cui infine parte la sezione conica terminale, per un totale di 56.2 metri.

Realizzata su più livelli ed in muratura piena, con uno spessore medio di circa 50 centimetri, essa è stata rimaneggiata diverse volte nel corso della storia (in particolare nel secolo scorso) con massicci interventi di sostituzione o di rinforzo degli archi e dei pilastri con pietra o intonaco cementizio. Nonostante l'esterno si presenti in buone condizioni, l'interno cilindrico e cavo della torre, ritmato nei vari livelli da aperture (bifore, trifore e quadrefore) ed elementi decorativi snelli, necessitava di un aumento della capacità di resistenza, in particolare in corrispondenza dell'incastro di base.



L'elevata massa della torre, cui si somma quella della pesante cuspidè alla sua sommità, ha portato nel tempo alla formazione di fessurazioni e di cedimenti per schiacciamento nella zona dell'arco trionfale e nelle volte del presbiterio e del transetto nord.

Il notevole peso avrebbe quindi sempre più amplificato l'effetto di un eventuale moto sismico, come si è potuto constatare dalle prime indagini e modellazioni numeriche che ne hanno di fatto definito globalmente un'allarmante vulnerabilità statica ai carichi orizzontali.

Ulteriori indagini culminate con la restituzione di modelli grafici hanno permesso di identificare nella torre la parte più debole dell'Abbazia in caso di terremoto, con le sezioni murarie che verrebbero sollecitate ben oltre i valori limite ammessi da normativa.



## IL PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO

Identificazione dei comportamenti della torre sotto sforzo e sviluppo della soluzione

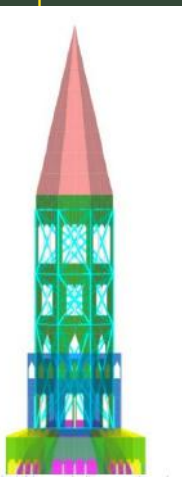
Sulla base dei risultati delle analisi e degli studi di vulnerabilità generale, l'idea progettuale è stata condotta e sviluppata sulla base di un'ulteriore serie di indagini preliminari agli interventi di consolidamento e restauro. Queste si sono concentrate meramente su aspetti geometrici, restituendo, dopo un rilievo scanner 3D, due elaborati grafici per le sezioni e la pianta della torre nolare. Si è avviata quindi un'analisi complessiva delle forme di degrado sia di tipo strutturale (quali lesioni, cedimenti, erosioni) che superficiale (come depositi incoerenti, lacune, macchie, colonie vegetali), culminata con tre tavole di mappatura del degrado.



Le ultime analisi, incentrate alla diagnosi dei materiali di costruzione, sono state prove di tipo dinamico: prove soniche, prove con martinetto, indagini petrografiche, indagini sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), prove dinamiche ambientali, svolte tutte nel loro insieme per caratterizzare le proprietà meccaniche degli elementi costitutivi del monumento in modo da poter prevedere con grande sicurezza il loro comportamento se sottoposti a sollecitazioni sismiche.

Il modello strutturale e tridimensionale della torre nolare, ottenuto successivamente a queste ultime analisi diagnostiche tramite il software SAP2000 (specifico per il calcolo agli elementi finiti), ha individuato nel livello dove compaiono le aperture a trifora la zona meno rigida e più fragile.

Si è rivelato perciò necessario e urgente attuare un consolidamento che agisse sulle maggiori criticità evidenziate nella fase diagnostica, ovvero quelle poste in corrispondenza, non a sorpresa, delle porzioni di muratura più esili e meno spesse.

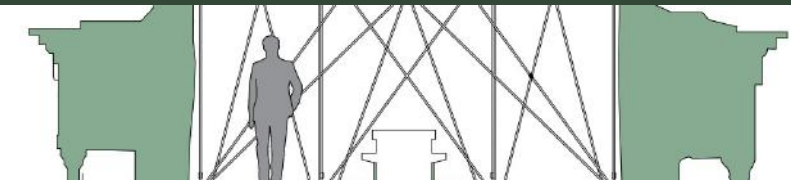


L'idea dell'intervento doveva quindi concretizzarsi in una proposta in grado di conciliare le esigenze strutturali della torre con i criteri di non invasività, leggerezza e reversibilità.

Non volendo modificare l'autenticità storica e architettonica del monumento, la scelta progettuale migliore per il consolidamento sismico si è rivelata essere un'innovativa struttura, interna alla torre, in cavi d'acciaio inox e solidale alla muratura.

Questa struttura permetterà non solo il confinamento dei lavori, ma di renderli altresì più rapidi e di più facile posa, mitigandoli al ridotto spazio a disposizione.



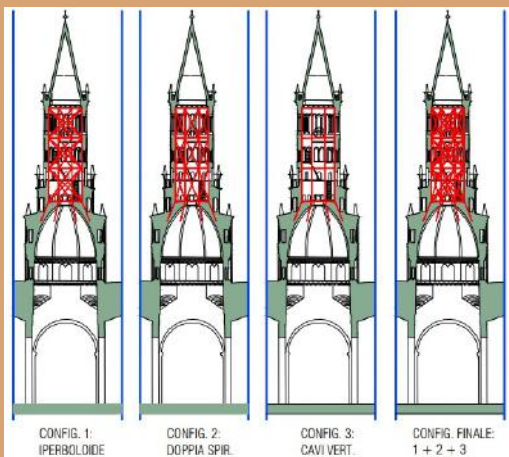


Il prof. Ing. Lorenzo Jurina ed il prof. Ing. Edoardo Radaelli, ideatori di questo inedito intervento di consolidamento, lo definiscono come un iperbolicoide parabolico (HYPAR), una sorta di sistema "a clessidra" che, in caso di terremoto, sarà in grado di controbilanciare per ambo i lati della torre la compressione della muratura.

Per minimizzare al meglio lo stato di sforzo e gli spostamenti di un'eventuale sollecitazione, la struttura si compone come una soluzione mista, ricavata dalla somma di tre configurazioni di disposizione dei cavi:

- 1.** Per una maggiore resistenza al taglio, verranno inserite all'interno della torre quattro cerchiature metalliche orizzontali costituite da una coppia di barre in acciaio inox ancorate tramite apposite piastre, poste ai vertici di ogni livello dell'ottagono che delinea la pianta. Le cerchiature saranno poi collegate tra loro da tre ordini di cavi in acciaio disposti in diagonale: da ogni vertice (e quindi da ogni piastra) partiranno due cavi inclinati tali da raggiungere i due spigoli opposti sia al livello superiore che al livello inferiore.

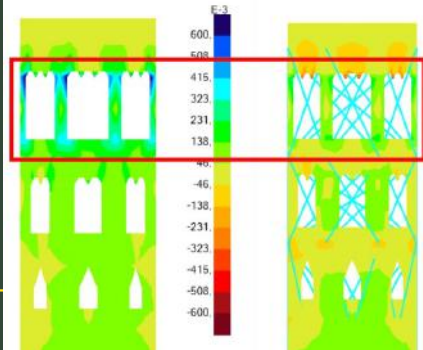




**2.** Per garantire resistenza alla flessione e alla torsione, alcuni cavi saranno disposti secondo una geometria "a doppia spirale" tali da formare delle "X" verticali, parallele ed adiacenti al fusto della muratura.

**3.** Per aumentare la componente di compressione, riducendo al contempo le trazioni in presenza di flessione, saranno infine inseriti otto cavi in posizione verticale, sottoposti come quelli delle precedenti configurazioni ad una tensione di 25kN.

Impiegando materiali leggeri la struttura mantiene la sua duttilità, senza che vi siano quindi aumenti rilevanti nella rigidezza d'insieme. Legando le murature nelle zone più esili, i cavi garantiranno alla torre di mantenere un comportamento scatolare d'insieme, diminuendone gli sforzi di trazione.





## IL PROGETTO DI RESTAURO DELLA TORRE NOLARE

Parallelamente alle necessità statiche, le indagini ed analisi effettuate preliminarmente hanno chiarito la somma urgenza con cui occorre operare la messa in sicurezza dei prospetti della torre, in particolare per i numerosi elementi lapidei e in cotto che si stanno fessurando e distaccando in parti consistenti.

Il restauro intende conservare le integrazioni otto/novecentesche insieme alle stratificazioni più significative, rinunciando quindi al completamento di tali parti mancanti o lacunose (anche se decorative) soprattutto laddove non necessario sotto il profilo funzionale, di sicurezza e di garanzia della durabilità dell'intervento.



In generale, la metodologia operativa consiste in:

- Un pre-consolidamento delle superfici decoese, con sospensione di nanosilice in soluzione acquosa per le pietre silicatiche, con fosfato d'ammonio per le pietre carbonatiche.
- Un consolidamento strutturale in profondità alle murature con Geocalce FL Antisismico, effettuato con iniezioni puntuali per il ripristino delle fughe tra i laterizi.
- Un consolidamento strutturale di livello superficiale con Geocalce F Antisismico per ripristinare la continuità strutturale delle murature soggette all'azione erosiva degli agenti atmosferici.
- Una pulitura ad umido per ammorbidire le croste nere, oltre che per nebulizzare e di conseguenza sciogliere i depositi superficiali.
- L'applicazione, a spruzzo e a pennello, di una soluzione biocida a largo spettro d'azione, con la possibilità di operare un'asportazione meccanica sulle colonie più adese alle superfici.
- Delle puliture puntuali con l'impiego di impacchi in carbonato d'ammonio, sempre con la possibilità di asportare meccanicamente tramite bisturi, piccole spatole ed apposite spazzole.
- Un trattamento specifico di passivazione per le parti metalliche con smalto ferromicaceo.



## IL CARATTERE SOSTENIBILE NELLE METODOLOGIE PROPOSTE

In occasione degli 800 anni dalla sua consacrazione, avvenuta il 2 maggio 1221, l'Abbazia regala alla sua torre un completo restauro ed una nuova armatura interna volta a salvaguardarla.

I lavori, finanziati da Ministero della Cultura (MiC) attraverso la Legge 232/2016 (art.1, co. 140), sono stati eseguiti sotto la direzione della Soprintendente Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la Città metropolitana di Milano arch. Antonella Ranaldi e dell'arch. Paolo Savio.

La partenza del cantiere di restauro è avvenuta nel gennaio 2021 con l'allestimento del complesso ponteggio gestito dall'impresa Panizza1914 srl.



Gli interventi specialistici di restauro, conservazione e consolidamento sono eseguiti dalla Cores4N srl, attiva nel settore dal 1985.

Giunta alla seconda generazione, l'impresa abbina alla capacità tecnica di gestione degli interventi tradizionali lo studio profondo di nuovi sistemi tecnologici ed una forte sensibilità sull'impiego dei nuovi materiali eco-compatibili, per garantire nel rispetto delle opere la loro durabilità a mezzo di azioni reversibili e di carattere sostenibile.

Esempio di ciò è la scelta delle malte impiegate, effettuata in relazione alla valutazione Green Building Rating, uno strumento che incoraggia e incentiva gli operatori del settore edile e del restauro storico a spingersi anche oltre i limiti della sostenibilità, elevando le ambizioni delle imprese all'intraprendere nuovi percorsi per la formazione delle maestranze e la pianificazione delle strategie aziendali.



Infatti, le malte Biocalce Pietra, Geocalce F Antisismico e Geocalce FL Antisismico del marchio Kerakoll SpA (valutate con il massimo livello di GBR) contengono solo materie prime di origine naturale e minerali riciclati, hanno un ridotto impatto ambientale nelle loro emissioni di CO<sub>2</sub> e di composti organici volatili (VOC), e sono riciclabili come inerti a fine vita.

Altro accorgimento di carattere sostenibile è l'applicazione di un idrorepellente per pietra naturale, intonaco e terracotta: questo è il Siox-5 RE10S della Siltea srl, un protettivo basato sulla tecnologia sol-gel, reversibile e altamente permeabile al vapore.

Incolore e trasparente, è composto da una soluzione minerale a base di silice veicolata da alcol isopropilico, non contiene solventi dannosi per la salute e l'ambiente e non contiene sostanze PBT (persistenti, bioaccumulabili e tossiche).

La professionalità e le competenze che contraddistinguono la Cores4N srl permetteranno non solo il compimento di un intervento di restauro moderno ed un consolidamento innovativo, ma al contempo garantiranno alla secolare torre nolare di migliorare le proprie capacità di resilienza.





*Il nostro futuro  
trova le sue radici nel passato*

CORES4N

