



DICAM
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

INCARICO DI RICERCA DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

Titolo del progetto:

“Valutazione della sicurezza e delle prestazioni strutturali di torri storiche in muratura mediante sistemi integrati di monitoraggio a lungo termine”

Composizione del gruppo di ricerca:

Prof. Ing. Giada Gasparini (supervisor)

Prof. Ing. Stefano Silvestri

Prof. Ing. Tomaso Trombetti

1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO DI RICERCA E DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA (PIANO DI ATTIVITÀ)

1.1 Contesto e motivazioni

Negli ultimi anni, la convergenza tra tecnologie di monitoraggio, analisi dei dati e modellazione strutturale ha profondamente trasformato le modalità con cui le costruzioni esistenti vengono osservate, interpretate e gestite. In questo contesto, il monitoraggio strutturale continuo (Structural Health Monitoring, SHM) rappresenta uno strumento centrale per la comprensione del comportamento reale delle strutture nel tempo.



DICAM
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

Le torri storiche in muratura costituiscono un patrimonio particolarmente vulnerabile, caratterizzato da elevata complessità strutturale, forte influenza dei fenomeni ambientali e significativa evoluzione nel tempo dovuta a degrado dei materiali, azioni esterne e condizioni d'uso. La disponibilità di sistemi di monitoraggio a lungo termine consente oggi di superare l'approccio puramente basato su modelli teorici, introducendo una valutazione delle prestazioni strutturali fondata su dati reali.

Il progetto si inserisce in questo quadro, con l'obiettivo di sviluppare metodologie avanzate per l'interpretazione dei dati di monitoraggio, che tengano conto in modo semplificato ma efficace dei fattori ambientali (variazioni termiche giornaliere e stagionali), e il supporto alle decisioni nella conservazione preventiva delle torri monumentali.

1.2 Obiettivi della ricerca

Il progetto mira a sviluppare un approccio innovativo e scientificamente solido alla valutazione della sicurezza delle torri storiche, basato sull'integrazione tra monitoraggio continuo e analisi avanzata dei dati. L'impatto atteso riguarda sia il progresso metodologico sia le applicazioni pratiche nella conservazione del patrimonio culturale, contribuendo a una gestione più consapevole, efficiente e preventiva delle strutture esistenti.

Obiettivi specifici:

1. Obiettivo 1: Sviluppo di metodologie data-driven per l'analisi di grandi dataset derivanti da monitoraggi a lungo termine, finalizzate all'estrazione di indicatori affidabili del comportamento strutturale.



DICAM
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

2. Obiettivo 2: Definizione di criteri sistematici per l'individuazione di soglie (thresholds) di allerta e prestazione, utili alla valutazione della sicurezza e all'ottimizzazione delle strategie di monitoraggio.
3. Obiettivo 3: Analisi del ruolo del giudizio ingegneristico nell'interpretazione dei dati di monitoraggio e nella sua integrazione con strumenti avanzati di analisi (big data e intelligenza artificiale).

1.3 Temi di ricerca da sviluppare

Monitoraggio strutturale a lungo termine delle torri

- Analisi dei sistemi di monitoraggio esistenti (sensori, acquisizione dati, architetture)
- Studio delle grandezze monitorate (spostamenti, inclinazioni, temperature, vibrazioni)
- Gestione e validazione dei dati acquisiti

Metodologie di analisi data-driven

- Sviluppo di tecniche per l'estrazione di indicatori di comportamento strutturale direttamente dai dati
- Identificazione di trend evolutivi nel tempo
- Rilevamento di anomalie senza ricorso diretto a modelli numerici o compensazioni ambientali

Definizione di soglie e criteri di sicurezza

- Sviluppo di approcci statistici e fisicamente basati per la definizione di soglie
- Differenziazione delle soglie in funzione delle fasi di monitoraggio (iniziale, operativa, emergenziale)
- Applicazione a casi studio reali



DICAM
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

Valutazione strutturale operativa (Operational Structural Analysis - OSA)

- Integrazione con modelli e strumenti avanzati
- Utilizzo di modelli semplificati o numerici di supporto per la interpretazione dei dati e/o l'eventuale generazione di pseudo-dati
- Sviluppo di procedure per la valutazione continua delle prestazioni strutturali
- Integrazione tra dati di monitoraggio e processi ispettivi
- Aggiornamento progressivo della conoscenza della struttura

1.4 Metodologia

Il progetto si articolerà secondo un approccio integrato, basato su:

- Analisi sperimentale: utilizzo di dati reali provenienti da sistemi di monitoraggio installati su torri esistenti
- Analisi dei dati: applicazione di tecniche statistiche e data-driven per l'interpretazione dei segnali
- Sviluppo metodologico: definizione di nuovi indicatori e procedure di valutazione
- Validazione su casi studio: applicazione delle metodologie a torri monitorate (ad es. contesti analoghi alla Torre Garisenda)
- Integrazione interdisciplinare: combinazione di ingegneria strutturale, data science e tecnologie digitali

1.5 Risultati attesi

- Nuove metodologie per l'analisi di dati di monitoraggio a lungo termine
- Procedure per la definizione di soglie di sicurezza e prestazione
- Strumenti per il rilevamento automatico di anomalie



DICAM
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

- Indicazioni e suggerimenti per l'implementazione di sistemi SHM su torri storiche
- Rafforzamento del legame tra monitoraggio e valutazione ingegneristica

1.6 Piano temporale (Diagramma di Gantt – 12 mesi)

Mesi 1–2

- Revisione della letteratura
- Analisi dei sistemi di monitoraggio esistenti
- Definizione dei casi studio

Mesi 3–5

- Raccolta e organizzazione dei dataset
- Sviluppo preliminare delle metodologie data-driven
- Analisi esplorativa dei dati

Mesi 6–8

- Sviluppo di indicatori strutturali
- Definizione delle soglie di sicurezza
- Prime validazioni su dati reali

Mesi 9–10

- Integrazione con modelli e algoritmi di intelligenza artificiale
- Sviluppo di strumenti per il rilevamento automatico di anomalie

Mese 11

- Applicazione completa ai casi studio



DICAM
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

- Confronto tra approcci metodologici

Mese 12

- Sintesi dei risultati
- Redazione di report scientifici
- Disseminazione dei risultati

1.7 Modalità di svolgimento e durata dell'attività di collaborazione

Il titolare della borsa svolgerà le attività previste in collaborazione con il gruppo di ricerca, sotto la supervisione della Prof.ssa Giada Gasparini, del Prof. Stefano Silvestri e del Prof. Tomaso Trombetti (DICAM), professori di TECNICA DELLE COSTRUZIONI, che guideranno lo sviluppo delle attività di studio e ricerca.

Per quanto riguarda la raccolta e l'analisi delle esperienze applicative, potrà operare con un certo grado di autonomia, nel rispetto delle linee guida definite dal gruppo.

La durata dell'attività di collaborazione è pari a dodici mesi consecutivi.

Il supervisore

Prof. Ing. Giada Gasparini