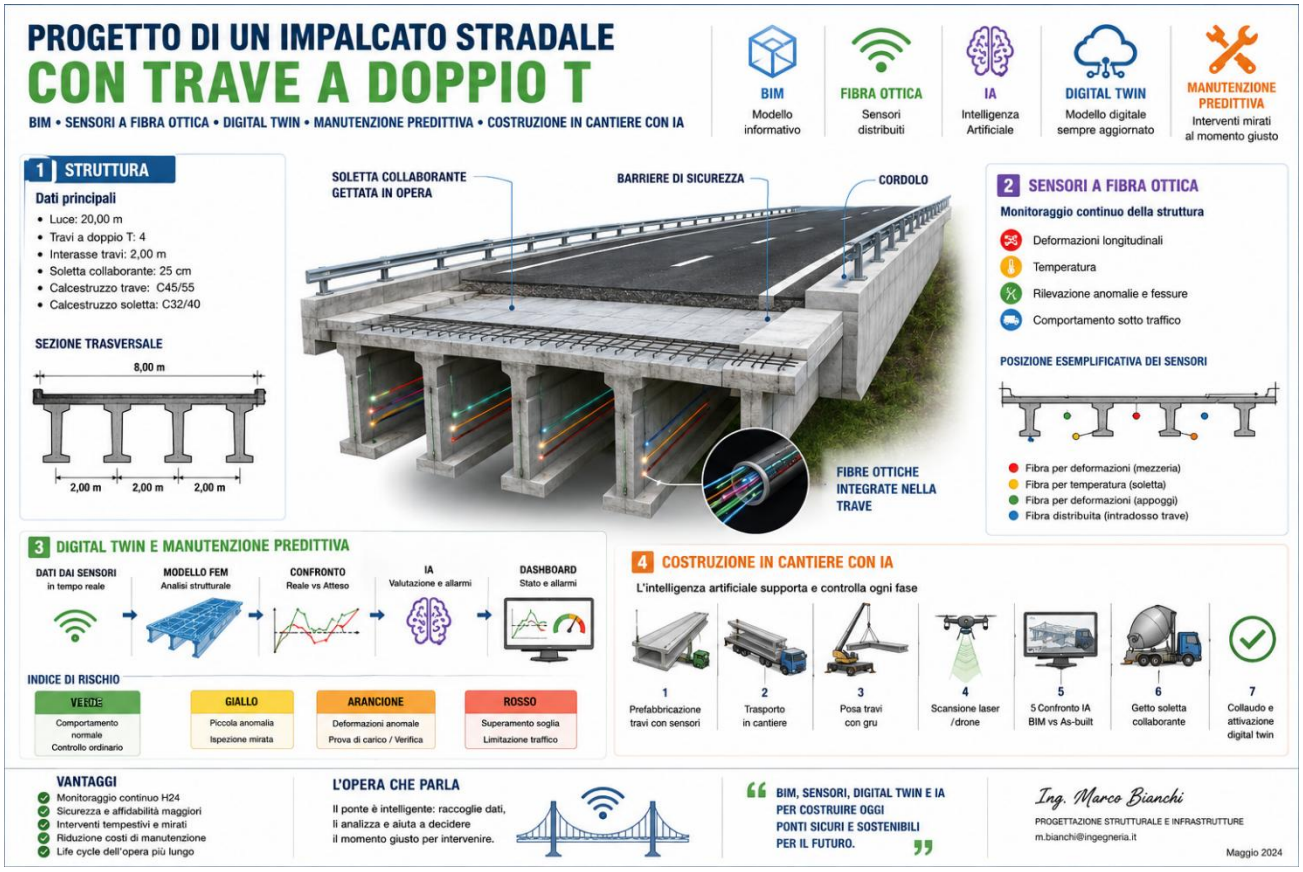
PROGETTO TIPO
IMPALCATO STRADALE CON TRAVE A DOPPI0 T
CON BIM, SENSORISTICA A FIBRE OTTICHE , DIGITALE TWIN, MANUTENZIONE PREDITTIVA E GESTIONE LAVORAZIONE CON IA.



il presente progetto,

propone un impalcato stradale realizzato mediante travi prefabbricate a doppio T in calcestruzzo armato precompresso,

integrato con tecnologie BIM, sensori in fibra ottica, Digital Twin e algoritmi di Intelligenza Artificiale.

Anno 2026

RELAZIONE TECNICA

PROGETTAZIONE DI UN IMPALCATO STRADALE INTELLIGENTE CON TRAVI A DOPPIO T, BIM, SENSORI IN FIBRA OTTICA, DIGITAL TWIN, INTELLIGENZA ARTIFICIALE E MANUTENZIONE PREDITTIVA

Autore: Ing. Diego Dell'Erba
Settore: Ingegneria Strutturale e Digitale delle Infrastrutture
Anno: 2026

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni il settore delle infrastrutture ha subito una profonda trasformazione grazie all'introduzione delle tecnologie digitali, dell'Intelligenza Artificiale e dei sistemi avanzati di monitoraggio strutturale. La crescente necessità di garantire elevati livelli di sicurezza, sostenibilità ed efficienza economica ha portato allo sviluppo del concetto di **Smart Infrastructure**, ovvero infrastrutture capaci di monitorare autonomamente il proprio stato di salute e supportare processi decisionali basati sui dati.

In questo contesto si inserisce il presente progetto, che propone un impalcato stradale realizzato mediante travi prefabbricate a doppio T in calcestruzzo armato precompresso, integrato con tecnologie BIM, sensori in fibra ottica, Digital Twin e algoritmi di Intelligenza Artificiale.

L'obiettivo è dimostrare come la convergenza tra progettazione strutturale tradizionale e tecnologie digitali possa generare una nuova generazione di ponti intelligenti in grado di ridurre i costi di gestione, aumentare la sicurezza e prolungare la vita utile dell'opera.

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'intervento riguarda la realizzazione di un piccolo ponte stradale a carreggiata singola destinato al traffico ordinario.

Dati geometrici

Parametro	*Valore*
Luce libera	*20,00 m*
Larghezza impalcato	*8,00 m*
Numero travi	*4*
Interasse travi	2,00 m

Parametro	*Valore*
Altezza travi	1,20 m
Soletta collaborante	25 cm
Classe calcestruzzo travi	C45/55
Classe calcestruzzo soletta	C32/40

La struttura principale è costituita da travi prefabbricate a doppio T in calcestruzzo armato precompresso collegate superiormente mediante una soletta collaborante gettata in opera.

Tale configurazione rappresenta una delle soluzioni più diffuse per ponti di piccola e media luce grazie alla rapidità costruttiva, alla durabilità e alla ridotta necessità di manutenzione.

3. PROGETTAZIONE STRUTTURALE

Analisi dei carichi

La progettazione è stata sviluppata considerando:

Carichi permanenti

- Peso proprio delle travi
- Peso della soletta
- Pavimentazione stradale
- Barriere di sicurezza
- Impianti accessori

Carichi variabili

- Traffico veicolare
- Azioni termiche
- Azioni del vento
- Eventuali azioni sismiche

Modellazione FEM

La struttura viene modellata mediante software agli elementi finiti (Finite Element Method).

Il modello consente di valutare:

- Stati tensionali
- Frecce

- Vibrazioni
- Rotazioni agli appoggi
- Distribuzione dei carichi

Le simulazioni numeriche rappresentano il riferimento teorico che verrà successivamente confrontato con i dati reali provenienti dal monitoraggio.

4. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Il BIM costituisce il cuore digitale dell'intero progetto.

Tutti gli elementi vengono modellati tridimensionalmente e corredati da informazioni tecniche.

Informazioni contenute

Geometria

- Travi
- Soletta
- Appoggi
- Cordoli
- Barriere

Materiali

- Calcestruzzi
- Acciai
- Dispositivi di appoggio

Costruzione

- Fasi operative
- Cronoprogramma
- Costi

Gestione

- Ispezioni
- Monitoraggi
- Manutenzioni

BIM 4D

Il modello integra la dimensione temporale.

Ogni elemento è associato alle attività di cantiere:

- Produzione
- Trasporto
- Montaggio
- Getto
- Collaudo

BIM 5D

Viene associato il controllo economico.

Ogni componente possiede:

- Quantità
- Prezzi
- Costi di manutenzione

BIM 7D

L'opera viene gestita durante tutto il ciclo di vita.

Il modello diventa il contenitore unico di:

- Ispezioni
- Certificazioni
- Sensori
- Storico manutentivo

5. SENSORI IN FIBRA OTTICA

Per trasformare il ponte in una infrastruttura intelligente vengono installati sensori in fibra ottica distribuiti.

Tali dispositivi consentono il monitoraggio continuo senza interferenze elettromagnetiche e con elevata precisione.

Parametri monitorati

Deformazioni

Misurazione delle deformazioni longitudinali delle travi.

Temperatura

Monitoraggio delle variazioni termiche.

Vibrazioni

Controllo del comportamento dinamico.

Fessurazione

Individuazione precoce di fenomeni di degrado.

Cedimenti

Monitoraggio degli spostamenti sugli appoggi.

Posizionamento

I sensori vengono installati:

- in mezzeria
- in prossimità degli appoggi
- lungo le anime delle travi
- nella soletta collaborante

6. STRUCTURAL HEALTH MONITORING (SHM)

Il monitoraggio strutturale continuo costituisce il sistema nervoso dell'opera.

I dati vengono raccolti 24 ore su 24 e trasmessi a una piattaforma cloud.

Le informazioni consentono di conoscere in ogni istante:

- stato tensionale
- comportamento dinamico
- variazioni termiche
- degrado progressivo

L'infrastruttura diventa quindi un sistema intelligente capace di comunicare il proprio stato operativo.

7. DIGITAL TWIN

Il Digital Twin rappresenta l'evoluzione naturale del modello BIM.

Non si tratta più di un semplice modello geometrico ma di una replica digitale viva e continuamente aggiornata.

Componenti del Digital Twin

Modello BIM

Geometria e dati informativi.

Modello FEM

Comportamento strutturale teorico.

Sensori

Misure reali in tempo reale.

Database Cloud

Archiviazione storica.

IA

Interpretazione automatica dei dati.

Funzionamento

1. Il ponte reale genera dati.
2. I sensori trasmettono informazioni.
3. Il Digital Twin riceve gli aggiornamenti.
4. L'IA confronta dati reali e teorici.
5. Vengono individuate anomalie.
6. Si generano allarmi automatici.

8. INTELLIGENZA ARTIFICIALE

L'Intelligenza Artificiale rappresenta il motore decisionale dell'intero sistema.

Gli algoritmi analizzano milioni di dati provenienti dai sensori.

Funzioni principali

Anomaly Detection

Individuazione automatica di comportamenti anomali.

Pattern Recognition

Riconoscimento delle tendenze evolutive.

Forecasting

Previsione dello stato futuro.

Risk Assessment

Valutazione del rischio strutturale.

Machine Learning

Il sistema apprende continuamente dai dati acquisiti.

La precisione aumenta nel tempo migliorando la capacità predittiva.

9. MANUTENZIONE PREDITTIVA

Tradizionalmente le manutenzioni vengono effettuate secondo scadenze temporali prefissate.

Con il nuovo approccio la manutenzione viene programmata in funzione dello stato reale della struttura.

Livelli di allerta

Verde

Comportamento normale.

Giallo

Piccole anomalie.

Arancione

Anomalie significative.

Rosso

Condizioni critiche.

Benefici

- Riduzione costi
- Riduzione chiusure traffico
- Maggiore sicurezza
- Interventi mirati
- Maggiore vita utile

10. CANTIERE DIGITALE E IA

L'Intelligenza Artificiale supporta anche la fase costruttiva.

Prefabbricazione

Controllo automatico della qualità.

Trasporto

Ottimizzazione logistica.

Montaggio

Verifica geometrica.

Droni

Monitoraggio avanzamento lavori.

Laser Scanner

Rilievo tridimensionale.

Computer Vision

Confronto automatico tra modello BIM e opera realizzata.

11. ANALISI COSTI-BENEFICI

L'adozione delle tecnologie digitali comporta un investimento iniziale superiore rispetto a una infrastruttura tradizionale.

Tuttavia i benefici economici nel ciclo di vita risultano molto superiori.

Voce	Ponte Tradizionale	Ponte Smart
Monitoraggio	Ispezioni periodiche	Continuo
Sicurezza	Media	Elevata
Costi manutenzione	Elevati	Ridotti
Disponibilità	Limitata	Maggiore
Vita utile	Standard	Estesa

12. SOSTENIBILITÀ E INDUSTRIA 5.0

L'opera si inserisce pienamente nel paradigma Industria 5.0.

Le tecnologie digitali consentono:

- riduzione delle emissioni;
- riduzione degli sprechi;
- ottimizzazione delle risorse;
- incremento della resilienza infrastrutturale;
- gestione sostenibile del patrimonio esistente.

Il ponte diventa quindi una infrastruttura intelligente, resiliente e sostenibile.

13. CONCLUSIONI

La combinazione di travi prefabbricate a doppio T, BIM, sensori in fibra ottica, Digital Twin e Intelligenza Artificiale rappresenta una delle più avanzate evoluzioni dell'ingegneria delle infrastrutture.

L'opera non è più un elemento passivo ma un sistema intelligente capace di monitorarsi, apprendere e supportare le decisioni gestionali durante tutto il proprio ciclo di vita.

Il modello proposto costituisce una concreta applicazione delle Smart Infrastructure e dimostra come la digitalizzazione possa migliorare contemporaneamente sicurezza, sostenibilità, efficienza economica e durabilità delle opere civili.

"Dal ponte progettato al ponte che pensa, misura, comunica e prevede."

Ing. Diego Dell'Erba
Ingegneria Integrata – Smart Infrastructure & Digital Twin Engineering

Breve Curriculum Professionale

Ing. Diego Dell'Erba

L'Ing. Diego Dell'Erba è un professionista multidisciplinare con una formazione di base nell'ambito dell'**Ingegneria Nucleare** e una consolidata esperienza nei settori dell'ingegneria civile, strutturale, energetica e della trasformazione digitale delle infrastrutture.

Nel corso della propria attività professionale ha sviluppato competenze trasversali che spaziano dalla progettazione strutturale e infrastrutturale alla modellazione numerica avanzata, dal Building Information Modeling (BIM) ai sistemi Digital Twin, fino all'applicazione dell'Intelligenza Artificiale e dell'Internet of Things (IoT) nel monitoraggio e nella gestione del ciclo di vita delle opere.

La sua attività è orientata allo sviluppo di soluzioni innovative per infrastrutture intelligenti, ponti smart, monitoraggio strutturale mediante sensori avanzati, manutenzione predittiva e integrazione tra modelli fisici e digitali. Ha maturato esperienza nell'impiego di tecnologie di simulazione, analisi FEM, sensoristica a fibra ottica, sistemi GIS e piattaforme digitali per la gestione sostenibile delle opere civili.

Particolare attenzione è rivolta ai temi della resilienza infrastrutturale, della sostenibilità ambientale, della sicurezza delle costruzioni e dell'Industria 5.0, promuovendo l'integrazione tra ingegneria tradizionale e innovazione digitale.

Attualmente opera nell'ambito della consulenza, ricerca e sviluppo di progetti complessi ad elevato contenuto tecnologico, contribuendo alla diffusione delle metodologie BIM, Digital Twin e Artificial Intelligence applicate alle infrastrutture del futuro.

Principali aree di competenza

- Ingegneria Nucleare ed Energetica
- Ingegneria Strutturale e delle Infrastrutture
- Ponti e Opere d'Arte
- Building Information Modeling (BIM)
- Digital Twin Engineering
- Intelligenza Artificiale applicata all'Ingegneria
- Structural Health Monitoring (SHM)
- Sensori a Fibra Ottica e IoT
- Analisi FEM e Simulazione Numerica
- Manutenzione Predittiva
- Smart Infrastructure e Smart Cities
- Sostenibilità e Industria 5.0

"L'innovazione nasce dall'integrazione tra conoscenza scientifica, esperienza ingegneristica e tecnologie digitali avanzate."