

**Zeitschrift:** Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

**Herausgeber:** Società Svizzera Ingegneri e Architetti

**Band:** - (2012)

**Heft:** 1: La conservazione e il rinnovo dei ponti

**Artikel:** La conservazione programmata delle opere d'arte delle strade nazionali

**Autor:** Magistretti, Laris

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-323334>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 22.01.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Laris Magistretti\*

*Geplante Massnahmen zur Erhaltung  
von Kunstwerken an Nationalstrassen*

## La conservazione programmata delle opere d'arte delle strade nazionali

La necessità di tutelare il patrimonio infrastrutturale trova concordi specialisti a livello internazionale e amministrazioni pubbliche che frequentemente hanno in gestione un rilevante numero di manufatti. Una mansione questa, che richiede un notevole onere tecnico e finanziario. Le limitate risorse economiche e la loro razionalizzazione impongono l'applicazione alle infrastrutture viarie di metodologie di gestione analoghe a quelle adottate in altri settori tecnologici. Da diversi anni è infatti in atto una rivoluzione del modo di progettare e gestire le opere d'arte stradali: particolari banche dati assistite tramite ordinatore consentono di valutare quando intervenire, secondo criteri tecnici ed economici, mentre le modalità per l'esecuzione degli interventi, con l'obiettivo di raggiungere la massima efficienza, sono determinate per ridurre al minimo l'impatto sul traffico.

Nel nostro paese la Confederazione, e per essa l'Ufficio federale delle strade USTRA, salvaguarda il patrimonio dell'intera rete delle strade nazionali svizzere in esercizio, del valore di circa 54 Mia di franchi svizzeri, che misura attualmente 1765.6 km dei 1892.5 km pianificati a completamento della rete nel corso dei prossimi quindici anni. Si contano a oggi ca. 7000 manufatti e 220 gallerie che misurano in totale 200 km, delle 270 pianificate per una lunghezza complessiva di 290 km. L'USTRA assolve il compito di conservare, in base alle prescrizioni del Piano di manutenzione delle strade nazionali, l'infrastruttura stradale a un livello qualitativo appropriato, secondo direttive di progetto interne, normative nazionali ed estere, e funzionale per garantirne la sua integrazione nella rete autostradale europea con traffico di transito internazionale, collegare la Svizzera agli altri Paesi e unire gli agglomerati svizzeri.

Rafforzamento delle infrastrutture, miglioramento degli standard progettuali, piani di evacuazione, nuove tecniche costruttive e aumento della sicurezza nelle gallerie stradali sono le strategie adottate a livello svizzero e internazionale, attraverso il consolidamento di tre branche di attività importanti, univoche e integrate fra loro: sorveglianza, progettazione ed esecuzione.

### Una banca dati per programmare la conservazione

La sorveglianza è effettuata da persone esperte e secondo metodi standard. Un'approfondita conoscenza dello stato di degrado dell'inventario stradale acqui-

sito con dati rilevati tramite le ispezioni, attraverso un importante numero d'informazioni codificate, danno corpo, per i manufatti, alla banca dati KUBA, adottata a scala dell'intera rete delle strade nazionali svizzere. Essa permette di programmare la conservazione delle opere d'arte, vagliando un numero elevato d'informazioni che descrivono in modo qualitativo il degrado della struttura, e di pianificare se del caso un suo risanamento nel momento più opportuno, adottando decisioni ottimali al fine di attuare misure di conservazione che garantiscano la perennità dei manufatti.

In questa delicata e importante fase di valutazione, strumenti d'aiuto alla decisione sono necessari ai gestori d'infrastrutture, che devono disporre di una mappa ragionata di metodologie e applicazioni, costituite da database di strategie di successo.

L'utilizzo di tali strumenti per la pianificazione aiuta gli ingegneri a conservare le opere d'arte stradali e consente il passaggio da una gestione pratica a un approccio più programmato, dall'esperienza empirica a un'operatività che poggia su una ricerca scientifica avanzata e su una migliore pratica, sempre più condivisa anche a livello internazionale, dove la soggettività dei controlli ha lasciato progressivamente il posto a banche dati oggettive e a una classificazione standardizzata dello stato di conservazione.

Diversi sono gli approcci alla progettazione di questi sistemi: alla semplice predisposizione di database per la catalogazione frequentemente si affiancano soluzioni più evolute, comprendenti la definizione di metodi dinamici, indicatori di stato, modellazioni del degrado e delle resistenze residue. Sistemi di questo tipo si configurano come corretti strumenti di caratterizzazione dello stato di degrado delle opere.

Il sistema di gestione dell'infrastruttura assistito per ordinatore come quello in uso all'USTRA, che sorveglia questi processi lenti e più o meno costanti di degrado dei manufatti, si vede oggi ormai consolidato nei contenuti e nelle metodologie, dopo un lungo processo di affinamento. La prima versione della banca dati risale al 1987 e permetteva di avere una visione d'insieme delle opere d'arte da gestire e ne raccoglieva la relativa documentazione.

È solo nel 1992 che l'USTRA dà avvio a un progetto per l'ottimizzazione della pianificazione delle misure di conservazione, elaborando e testando un processo assistito per ordinatore, attraverso l'aiuto di un algoritmo: nasce così il più recente modulo denominato KUBA-MS.

Sviluppata dall'USTRA durante quest'ultimo ventennio, basata sulle sue direttive previste per la manutenzione e sulle norme svizzere, fondata quindi su una metodologia specifica e riconosciuta, questa banca dati serve essenzialmente a sostenere la conservazione programmata.

Con la raccolta dei dati che si riferiscono alla forma, alla funzione e alla composizione delle opere d'arte, nonché degli elementi di costruzione, si costituiscono nella banca dati le informazioni della sostanza. Le opere d'arte e gli elementi di costruzione sono sottoposti a dei processi di deterioramento che li modificano nel tempo. Grazie alle ispezioni che occupano un ruolo centrale nel contesto della sorveglianza, i danni sono costatati tramite un esame mirato, che di norma avviene per controllo visivo. L'ispezione include l'interpretazione dei danni per rapporto alla loro causa e alla loro successiva evoluzione, mentre il loro aspetto determina un certo processo di deterioramento che gli viene attribuito, così come l'estensione costatata. Un parametro supplementare denominato «influenza» definisce la velocità di degrado prevedibile discernendola tra rapida e lenta. La gravità di un danno di una certa estensione è espressa tramite una classe di stato, mentre la rintracciabilità dello stesso può essere assicurata tramite rilievo fotografico. Frequentemente le parti d'opera sono sottoposte unicamente a una combinazione tra un processo di deterioramento e un'influenza ma non sempre e la segmentazione degli elementi permette di distinguere la casistica.

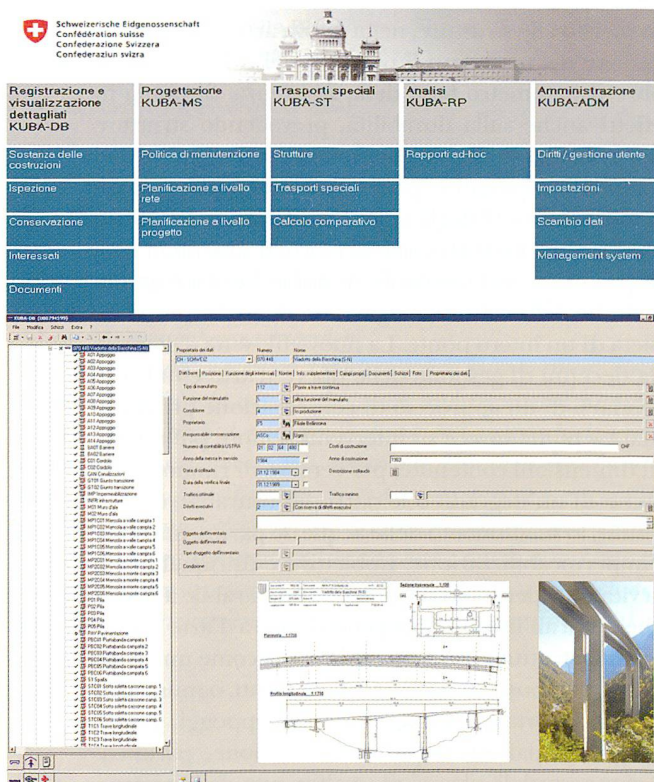
La pianificazione della manutenzione dovrebbe includere anche la pianificazione della sorveglianza e di controllo. Queste attività non sono gestite dalla banca dati, la quale si limita invece unicamente alla pianificazione delle misure di conservazione, distinguendo tra quelle di manutenzione che derivano principalmente da processi di deterioramento progressivo, che si possono predire con modelli matematici, da quelle di rinnovo, legate a nuove esigenze, non calcolabili in maniera algoritmica. La determinazione di misure di manutenzione concrete è opportuna unicamente per un orizzonte temporale dell'ordine compreso fra i 15 e i 20 anni. A lungo termine, invece, si determinano unicamente i fabbisogni finanziari annui, basati su un processo d'ottimizzazione che permette essenzialmente di ridurre i costi d'esercizio a lunga scadenza. Le conseguenze eventuali per la collettività, all'infuori dei costi d'utilizzo durante la realizzazione delle misure di manutenzione, non sono prese in considerazione.

Il sistema attuale di gestione dell'infrastruttura determina unicamente i bisogni di manutenzione risultanti dal degrado progressivo, per esempio sotto l'effetto della corrosione. Diversi fattori di rischio come ad esempio i pericoli naturali, e quindi, la caduta massi, le valanghe, gli scivolamenti di terreni o

le conseguenze dovute all'aumento del traffico sono attualmente ignorati. In futuro, invece, un metodo globale in fase di sviluppo permetterà anche di calcolare il rischio di defaillance di un'infrastruttura, introducendo il concetto di vulnerabilità di un tratto stradale.

Il perfezionamento di questi strumenti richiederà una miriade di dati di base, affinché possano essere espletate al meglio tutte le loro potenzialità. Una volta acquisiti e implementati, questi dati consentiranno di perfezionare la programmazione degli interventi di conservazione. Quali gestori di grandi infrastrutture disporremo, con la messa a punto di questi sistemi, di una base oggettiva per valutare i rischi con cura, proteggere le infrastrutture a titolo preventivo e a un costo proporzionale. La fase di prevenzione è certamente quella più decisiva e critica, anche perché condiziona le scelte progettuali, che non dovrebbero essere né riduttive, né sproporzionate, bensì appropriate. Attraverso questo supporto informatico sarà possibile un utilizzo ancora più ottimale e oggettivo delle risorse finanziarie.

Il futuro di questa banca dati vedrà tra l'altro la possibilità di visualizzare modelli tridimensionali dei manufatti. In maniera generale, il lavoro attraverso strumenti grafici diventerà una parte integrante e importante della banca dati.



1. Banca dati delle opere d'arte delle strade nazionali - KUBA (USTRA)

### Progetto, tecniche d'esecuzione e di sorveglianza

L'USTRA è sempre più sensibile al tema del traffico. Gli interventi lungo le Strade nazionali avvengono con un approccio che tende a ridurre al minimo i disturbi alla viabilità, anche grazie all'uso di sistemi e di materiali sempre più evoluti. Si evita ad esempio l'occupazione dell'estradosso del ponte, puntando invece su soluzioni più impegnative come le strutture sospese, i modi di raggiungimento del cantiere, la scelta di materiali di nuova generazione che permettono maggior facilità di messa in opera; si adottano inoltre altri accorgimenti capaci di fornire prestazioni più elevate e in tempi più brevi per ridurre l'interferenza con la viabilità. Così, per i controlli e i ponteggi, la nuova frontiera è rappresentata dalle strutture sospese, impalcati semoventi, quasi invisibili agli utenti, che si spostano sul cordolo, scendono sotto il ponte ed estendono una passerella. Allo stesso tempo si va ottimizzando l'uso dei by-bridge – le passerelle metalliche estendibili, montate su veicoli, simbolo per eccellenza dell'attività di controllo ravvicinato di ponti e viadotti – che da sopra il ponte permettono di raggiungere tutte le parti del manufatto. Tuttavia, l'occupazione di una corsia autostradale o almeno quella di emergenza oggigiorno, visti gli importanti volumi di traffico, non è più tollerata nelle ore diurne. L'alternativa è dunque quella di utilizzarli soprattutto di notte (o comunque al di fuori delle ore di punta), facendo luce sulle strutture ad esempio con palloni illuminanti.

In merito alle strutture, nella nuova arte della conservazione dei manufatti il progetto del calcestruzzo va oltre il parametro base della resistenza. Si punta in effetti anche sulla durabilità, prevedendo strutture più robuste, valutando attentamente i requisiti dei materiali impiegati e ponendo severi limiti reologici nei confronti degli agenti aggressivi. Allo stesso modo, nella manutenzione si è ormai superata l'idea di procedere nel momento in cui un'opera è giunta al limite della rottura, magari con ricostruzione completa di un intero ponte. La nuova filosofia – derivata da decenni di gestione delle opere d'arte e dal consolidarsi di un approccio di conservazione programmata – punta invece su interventi sempre più mirati, di dimensioni contenute, per cercare di rimuovere le cause di un degrado o le parti più usurabili, come i giunti, lo smaltimento delle acque, le pavimentazioni, l'impermeabilizzazione. L'obiettivo è di riqualificare la vita utile per renderla almeno comparabile a quella che aveva all'inizio, concependo l'opera d'arte non in quanto struttura pura e semplice, ma come una macchina, composta di una serie di elementi, ognuno con la sua importanza: fondazioni, pile, appoggi, giunti, ritegni, impalcati, impermeabilizzazione, pavimentazione, cordoli, sistemi di smaltimento delle acque e altri ancora.



2.



3.



4.

Così, nell'arte della conservazione si compiono interventi impensabili solo poco tempo fa (e anche oggi, almeno dal punto di vista teorico), come sostituire i giunti dei manufatti sotto traffico con l'utilizzo delle rampe *Fly Over*, laddove possibile (è il caso del ponte Bäumlhofbrücke lungo la A2 a Basilea), che consentono il lavoro ininterrotto delle maestranze.

Oppure, tramite la messa in opera di un sistema di piastre provvisorie, come quelle appositamente studiate per la sostituzione dei giunti del Viadotto di Bissonne lungo la A2 in Ticino, che hanno così permesso la sostituzione del giunto con uno nuovo tipo *Silentjoint*, le cui dimensioni di ben 1200 mm costituiscono una prima mondiale. I programmi di lavoro sono stati minuziosamente studiati per intercalare il lavoro notturno alla fruibilità delle carreggiate durante il giorno, rispettando in questo modo i vincoli posti dalle condizioni d'esercizio legati alla viabilità dell'autostrada.

Gli ulteriori passi avanti che si profilano nel campo della conservazione programmata delle opere d'arte sono affidati da un lato al ripensamento del progetto stesso relativo alle opere d'arte in chiave di manutenzione e durata, e dall'altro alle nuove tecnologie d'indagine, specie per l'analisi veloce e strumentale di ponti, viadotti e gallerie. In quest'ambito le novità sono rappresentate dall'uso del laser scanner e della termografia per i rilievi su viadotti e gallerie. Attraverso queste tecnologie si potranno minimizzare i tempi di rilievo con apparecchiature appositamente studiate per compiere la scansione ottica della superficie esterna della struttura. Il risultato sarà dato da un'immagine con un'elevatissima quantità di punti rilevati, trasformabile in una tridimensionale molto vicina alla qualità di un'immagine fotografica. Si otterranno in questo modo vantaggi a livello di analisi, di ricostruzione del modello e di allestimento della documentazione. Tuttavia trattasi di modelli particolarmente complessi, perché il laser scanner deve essere guidato per analizzare tutti i punti di un ponte (e ve ne sono di difficili da raggiungere con mezzi meccanici, come le adiacenze degli appoggi). Per le gallerie, invece, la cui complessità di acquisizione dati è notevolmente inferiore, i sistemi laser scanner sono già utilizzati per il rilievo della geometria e dei difetti con ampio successo.

E così la tecnica della conservazione programmata delle opere d'arte è in continua evoluzione sul piano della sorveglianza, del progetto e dell'esecuzione con margini d'interessante sviluppo per l'ingegneria tutta.

\* Ing. civile EPFL, è responsabile del settore «Pianificazione della conservazione» della filiale di Bellinzona dell'USTRA e assistente di strutture all'AAM.



5.



6.

- 2. Ispezione del Viadotto della Biaschina lungo la N2 in Leventina con ausilio del veicolo passerella. (USTRA)
- 3.-4. Posa della rampa *Fly Over*. (USTRA)
- 5.-6. Posa di piastre provvisorie. (USTRA)

*Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) plant Massnahmen zur Erhaltung von Kunstwerken im gesamten schweizerischen Nationalstrassennetz. Dazu wird eine spezifische Datenbank eingesetzt. Die Massnahmen werden mit Hilfe von fortschrittlichen Systemen, Techniken und Werkstoffen so geplant, dass Verkehrsstörungen auf ein Minimum begrenzt werden.*

*Die Techniken der geplanten Erhaltung von Kunstwerken, die in planerischer Hinsicht mit langlebigeren und robusteren Konstruktionen, im Bereich der Instandhaltung mit zielgerichteten und begrenzten Massnahmen, mit denen die Ursachen für Zustandsverschlechterungen behoben oder die am stärksten angegriffenen Elemente auch ohne Verkehrsunterbrechungen ersetzt werden können, und im Rahmen der Überwachung durch neue Untersuchungstechniken wegweisende Fortschritte macht, zeigt auch dem gesamten Ingenieurwesen interessante Entwicklungsfelder auf.*