



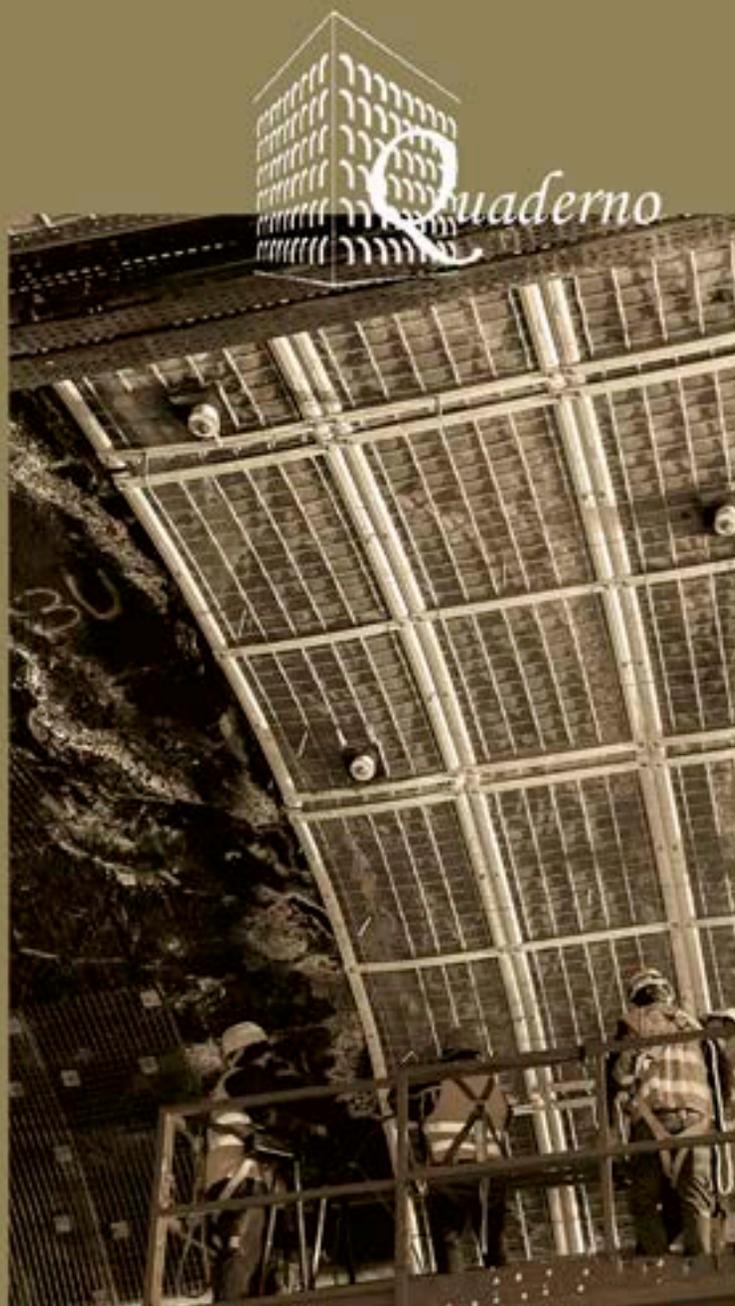
io  
roma

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

N 1S/2022

# Quaderno

Il ciclo di vita delle strutture e  
i benefici attesi dai nuovi materiali



In copertina:

Intervento di messa in sicurezza delle gallerie,  
presidio distacchi corticali del rivestimento delle gallerie.  
Rete di tipo GWN-Cortic e bulloni tiranti passivi in GFRP.

# Il saluto del Presidente

Dott. Ing. Carla Cappiello



L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma è portavoce della diffusione di una cultura di prevenzione del rischio, che sia sismico o idrogeologico o di qualsiasi natura.

Abbiamo assistito negli ultimi anni a un forte deterioramento delle opere di recente costruzione.

Le cause di questo fenomeno sono molteplici e più volte concatenate: la ricerca di "risparmio" da parte di alcune committenze, che abbassando il costo del costruito nell'immediato, non valutano le spese di manutenzione ordinaria e straordinaria; eccessiva sicurezza nella scelta di un materiale, senza un'analisi di rischi e benefici; mancanza, in certi ambiti, di adeguata preparazione tecnica; accettazione a volte nelle gare del massimo ribasso.

Uno dei temi e degli interrogativi più frequenti nell'ambito dell'ingegneria civile contemporanea è quello relativo al termine temporale utile di ogni costruzione in relazione alla sicurezza e all'affidabilità strutturale.

Il degrado di un sistema è il prodotto di differenti fenomeni. La sua raffigurazione tramite modelli matematici è un'operazione alquanto complessa. Il suo effetto è rappresentato da funzioni decrescenti nel tempo con leggi esponenziali, definite curve di ciclo di vita o curve di decadimento.

A giocare un ruolo fondamentale per la durabilità strutturale ci sono i materiali. Sono le caratteristiche fisiche – meccaniche, strutturali, termiche- a condizionarne la scelta.

Attualmente l'introduzione di materiali compositi, realizzati con fibre ad alta resistenza meccanica e resine polimeriche, procura diversi vantaggi sia dal punto di vista tecnico sia pratico. Anche i materiali classici hanno subito un rinnovamento, soprattutto grazie all'introduzione di tecnologie di trattamento e trasformazione degli elementi intrinseci.

In tale contesto risultano di assoluta rilevanza i ruoli di progettista, per il calcolo e per la scelta dei sistemi costruttivi, di direttore dei lavori per l'accettazione dei materiali, e del collaudatore per la certificazione della corretta realizzazione delle opere, che devono rispettare sia la sicurezza prevista dalle NCT sia le linee guida emanate dal Consiglio Superiore dei LL.PP. nel 2019.

Questo quaderno rappresenta uno strumento di lavoro utile per chi nella sua quotidianità professionale deve scegliere tecniche e materiali di rinforzo nel rispetto della normativa vigente e delle nuove concezioni progettuali.

Ing. Carla Cappiello  
Presidente

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

# L'Editoriale

Ing. Francesco Marinuzzi Ph.D.



*Verso un mondo sempre più mutevole*

Nell'ultimo periodo la storia del mondo sembra abbia accelerato la sua velocità verso scenari e situazioni più incerte, o più precisamente denominate in ambito anglosassone V.U.C.A., un acronimo che sta a significare maggiore volatilità (Volatility), incertezza (Uncertainty), complessità (Complexity) ed ambiguità (Ambiguity). Dal problema climatico alla recente pandemia fino agli eventi più recenti. Il tutto in un contesto di forte cambiamento ed innovazione tecnologica soprattutto in ambito digitale. Parlare, pertanto, di maggiore durabilità delle strutture e nuovi materiali rappresenta una sfida sempre più ardua. Le strutture sono, per loro natura, concepite per non esser volatili e non incerte grazie ai corrispondenti progetti esecutivi firmati dai colleghi ingegneri in grado di gestire le più alte complessità. L'unica dimensione non ancora esplicitamente gestita è quella dell'ambiguità che, pertanto, richiede nuovi approcci multidimensionali per trasformarla esplicitamente in polivalenza e polifunzionalità. A tal proposito, ad esempio, si pensi alla galleria del Gran Sasso che è "de facto" anche una via di accesso ad uno dei più importanti laboratori europei di fisica delle particelle coperto da 1.400 metri di roccia, che generano un unico silenzio "cosmico".

A tal fine il ruolo dei nuovi materiali gioca un fattore determinante. Sia in termini di flessibilità, rapidità ed operatività per intervenire su strutture già presenti e critiche sia per il concepimento di nuove strutture nel contesto prima lumeggiato. Ad esempio, si pensi al riscaldamento del clima ed ai violenti fenomeni connessi che già stiamo sperimentando negli ultimi anni. Oppure alla possibilità di dare *ulteriori significati* alle gallerie ed ai ponti.

In termini di durabilità delle strutture, gli antichi romani avevano ideato una serie di calcestruzzi che stanno alla base dei monumenti ed opere che son arrivate ai giorni nostri dopo circa 2.000 anni

grazie alle ceneri vulcaniche delle Pozzolane Rosse o del Pulvis Puteolanum, specifico per strutture a contatto con l'acqua salata.

Da metà Ottocento vediamo le prime opere di *cemento armato* fra cui, ad esempio, il ponte Risorgimento di Roma costruito nel 1911 da Francois Henneique (1824-1921).

Ma è dalla metà del secolo scorso che sono emersi nuovi materiali quali i polimeri e le fibre, che hanno iniziato a diffondersi in vari settori e, nel caso delle plastiche, hanno posto, talvolta, problemi ambientali opposti di eccessiva durabilità. Nel settore delle telecomunicazioni la fibra ottica, ormai, arriva direttamente in casa ed ha sostituito il vecchio doppino in rame con prestazioni nettamente maggiori e sempre più componenti dei computer stanno andando verso modelli fotonici.

Nel settore delle costruzioni, sia per le manutenzioni, per gli interventi di rinforzo strutturale e/o di consolidamento sia per le nuove opere stanno aumentando, per il progettista, le alternative con questi nuovi materiali polimerici dalle notevoli caratteristiche meccaniche che spiccano per leggerezza, grande resistenza alla corrosione, coibenza termica e qualità dielettriche e amagnetiche, evitando a monte il problema critico della carbonatazione del cemento armato.

Questo numero speciale del Quaderno è il secondo sul tema dopo quello 1S/2020. Se il primo puntava all'approfondimento e alla conoscenza della tecnologia sottostante e alle applicazioni possibili, questo, mi auguro, possa essere di ispirazione *anche* per quel processo di polifunzionalità e polivalenza così importante nel nuovo contesto attuale, sia verso le strutture esistenti sia tutte le nuove che saranno oggetto di progettazione, magari con i fondi del PNRR.

Ing. Francesco Marinuzzi, Ph.D.  
Direttore Editoriale

# Relazione Introduttiva

Ing. Tullio Russo



Il tema della sicurezza delle strutture nelle costruzioni esistenti e sulla durabilità è stato in questi ultimi anni di grande attenzione da parte dell'Ordine degli Ingegneri di Roma ed ora dalla Fondazione dell'Ordine (FOIR). Ne sono la riprova i Quaderni N.3/2018 "La sicurezza delle strutture nelle costruzioni esistenti", N1S/2020 "Nuovi materiali e tecnologie avanzate per la durabilità delle strutture" e il Quaderno N 2/2017 "La sicurezza nelle gallerie stradali". Quaderni consultabili sull'indirizzo internet [ioroma.info](http://ioroma.info).

La Fondazione dell'Ordine (FOIR) ha voluto insistere sul tema Sicurezza delle Strutture con due convegni nella giornata del 2 dicembre in presenza, presso la sede dell'ANCE in Roma, ed in webinar con tema "La vita utile delle strutture e i benefici attesi dai nuovi materiali".

Con i due convegni la Fondazione (FOIR), che ha la sua principale ragione di essere nella formazione degli ingegneri, ha inteso dare un contributo sui benefici che possono apportare i nuovi materiali (CRM-Composite Reinforced Mortar), F.R.P. (Fiber Reinforced Polimers), F.R.C. (Fiber Reinforced Concrete) sulle strutture esistenti in fase di manutenzione e nelle nuove realizzazioni.

Se nel patrimonio edilizio esistente si vogliono conseguire adeguati livelli di sicurezza, quali miglioramento sismico, contenimento energetico, la strada maestra è ricorrere alla demolizione e ricostruzione. Lo stesso non si può affermare per le gallerie, i ponti e le opere marittime e idrauliche dove è quanto mai opportuno assicurare un ciclo di vita utile quanto più ampio possibile con monitoraggio e manutenzione continua.

Con le relazioni/interventi tenute ai convegni che si riportano nel presente Quaderno Speciale 1/2022 si ritiene di dare un aggiornamento sulle normative di riferimento dei materiali innovativi, sulle nuove tecnologie per la manutenzione di ponti e gallerie con illustrazioni di diverse applicazioni da parte di ANAS ed ASPI. Si riporta anche una recente interessante applicazione in Florida di realizzazione di un ponte stradale HALLS RIVER BRIDGE con armatura in composito (FRP) di grande durabilità e sostenibilità ambientale.

In ultimo non si può non segnalare, visto che il tema del Quaderno è la Sicurezza, la esaustiva e puntuale relazione del collega Massimo Cerri sulla Sicurezza di chi lavora durante l'esecuzione. A tutti i relatori (Francesca Buttarazzi, Massimo Cerri, Alessandro Focaracci, Antonio Lucchese, Emanuele Renzi ed Achille Rilievi) che hanno partecipato ai Convegni ed alla realizzazione del Quaderno, scaricabile da [ioroma.info](http://ioroma.info), va un sentito ringraziamento. Si riporta di seguito la locandina dei Convegni con i Patrocini del Consiglio Superiore dei LL.PP., della Agenzia ANSFISA, dell'ANCE, del PIARC e con gli Sponsor MAPEI KIMIA E ATP anche ai quali va il nostro ringraziamento.

Ing. Tullio Russo  
Consigliere dell'Ordine  
Coordinatore del Comitato Tecnico  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

## Convegni “Il ciclo di vita delle strutture e i benefici attesi dai nuovi materiali”

**Giovedì 2 Dicembre 2021 ore 9:00- 18:30 presso ANCE**

Con il patrocinio di:



ANCE ASSOCIAZIONE NAZIONALE COSTRUTTORI EDILI



Con il contributo incondizionato di:



I Convegni “Il ciclo di vita delle strutture e i benefici attesi dai nuovi materiali” sono organizzati su iniziativa della Fondazione Ordine Ingegneri Roma (FOIR), da un apposito Comitato Tecnico costituito presso l’Ordine, coordinato dal consigliere della Fondazione Ing. Tullio Russo. Il Comitato Tecnico è partecipato da ingegneri di RFI, ANAS, ASPI, ALIG (Associazione laboratori d’ingegneria e geotecnica) ed Esperti con il compito di portare conoscenza e formazione specifica sul tema dei nuovi materiali e tecnologie avanzate per la durabilità delle strutture esistenti.

Il tema della sicurezza e della durabilità delle strutture portanti nelle costruzioni esistenti, ma anche in quelle da realizzare, è quanto mai di estrema importanza per il vasto patrimonio edilizio storico artistico e infrastrutturale, ponti e gallerie in particolare, soggetti a degrado e a continui fenomeni sismici.

L’esigenza di eliminare incertezze per chi opera sul campo, conoscere e fornire chiarimenti e approfondimenti sui nuovi materiali e le tecnologie avanzate che consentono di assicurare maggiore durabilità alle strutture e del loro monitoraggio, è quindi di grande interesse per la formazione e la professione degli ingegneri. Si parlerà delle linee guida emanate dal Consiglio Superiore dei LL.PP. nel 2019 per la identifi-

cazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione dei sistemi a rete preformata in materiali compositi fibrorinforzati per il consolidamento strutturale CRM (Composite Reinforced Mortar), dei sistemi F.R.P. (Fiber Reinforced Polymer), dei sistemi F.R.C.M. (Fiber Reinforced Cementitious Mortars), dei calcestruzzi fibrorinforzati F.R.C. (Fiber Reinforced Concrete). Saranno anche illustrate le recenti linee guida del Consiglio Superiore 2020 per il monitoraggio, la valutazione della sicurezza strutturale e la classificazione del rischio dei ponti della rete stradale.



# Quaderno

**Direttore responsabile**

Stefano Giovenali

**Direttore editoriale**

Francesco Marinuzzi

**Comitato di redazione****Sezione A**

Carla Cappiello

Gioacchino Giomi

Lucia Coticoni

Giuseppe Carluccio

Carlo Fascinelli

Lorenzo Quaresima

Manuel Casalboni

Filippo Cascone

Alessandro Caffarelli

Massimo Cerri

Francesco Fulvi

Tullio Russo

**Sezione B**

Giorgio Mancurti

**Amministrazione e redazione**

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma

Tel. 06 4879311 - Fax 06 487931223

**Direttore creativo e progettazione grafica**

Tiziana Primavera

**Assistenza Editoriale**

Nicolò Notargiacomo

Flavio Cordari

Leonardo Lavallo

**Stampa**

Press Up

**Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma**

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma

[www.ording.roma.it](http://www.ording.roma.it)

[segreteria@ording.roma.it](mailto:segreteria@ording.roma.it)

[editoriale@ording.roma.it](mailto:editoriale@ording.roma.it)

**Finito di stampare:** marzo 2022

Il Quaderno IOROMA è una estensione alla rivista IOROMA

La Direzione rende noto che i contenuti, i pareri e le opinioni espresse negli articoli pubblicati rappresentano l'esclusivo pensiero degli autori, senza per questo aderire ad esse.

La Direzione declina ogni qualsiasi responsabilità derivante dalle affermazioni o dai contenuti forniti dagli autori, presenti nei suddetti articoli.



**MISTO**

Carta da fonti gestite  
in maniera responsabile

**FSC® C109382**

**GLI EDITORIALI**

|  |          |
|--|----------|
| Il saluto del Presidente<br><i>di Carla Capiello</i> | <b>1</b> |
| L'Editoriale<br><i>di Francesco Marinuzzi</i>        | <b>2</b> |
| Relazione Introduttiva<br><i>di Tullio Russo</i>     | <b>4</b> |

**GLI ARTICOLI**

|  |            |
|--|------------|
| Nuovi materiali e tecnologie avanzate per la durabilità delle strutture.<br>Il quadro normativo di riferimento dei nuovi materiali<br><i>A. Lucchese</i> | <b>10</b>  |
| Nuove tecnologie per la sicurezza e la manutenzione delle gallerie<br><i>A. Focaracci</i>  | <b>32</b>  |
| Il ruolo di ANSFISA nella sicurezza delle Infrastrutture stradali esistenti<br><i>E. Renzi</i>   | <b>44</b>  |
| Il ruolo del Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione. Opere pubbliche<br><i>M. Cerri</i>  | <b>60</b>  |
| Applicazioni sulla rete stradale Anas e materiali sostenibili<br><i>A. Rilievi</i>   | <b>80</b>  |
| Applicazione sulla rete autostradale ASPI<br><i>F. Buttarazzi</i>  | <b>92</b>  |
| Halls River Bridge: ponte stradale con armatura in composito<br><i>A. A. Giamundo</i>  | <b>116</b> |
| Myths and Fallacies nell'ispezione e manutenzione delle opere d'arte,<br>la visione a ciclo di vita<br><i>C. Beltrami</i>                                | <b>128</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>L'AREA WEB DEL QUADERNO E DELLA RIVISTA</b> | <b>160</b> |
|--|------------|

**Nuovi materiali e tecnologie avanzate per  
la durabilità delle strutture.  
Il quadro normativo di riferimento dei  
nuovi materiali**

*a cura di* Ing. Antonio Lucchese



## Ordine degli Ingegneri di Roma Seminario 2 dicembre 2021

Nuovi materiali e tecnologie avanzate  
per la durabilità delle strutture

*Il quadro normativo di riferimento dei nuovi materiali*

*Ing. Antonio Lucchese  
già Presidente 2<sup>a</sup> Sezione Consiglio Superiore II. pp.*

**§ 368. — R.D. 16 novembre 1939 n. 2229. Norme per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice od armato (1).**

**12.** Il direttore dei lavori, in contraddittorio col costruttore, deve prelevare in cantiere, dagli impasti impiegati nell'esecuzione delle opere, con la frequenza richiesta dalla natura e dall'importanza delle opere medesime, campioni di conglomerato, per sottoporli presso un laboratorio ufficiale a prove di resistenza secondo le modalità indicate negli articoli seguenti.

La frequenza dei prelevamenti dev'essere in ogni caso tale da ottenere non meno di una serie di quattro cubi per ogni 500 mc. di getto di conglomerato.

Il direttore dei lavori deve altresì prelevare per ogni partita di toncini di uguale diametro ed in ogni caso per ogni mille toncini due campioni di m. 1 di lunghezza per ricavarne le provette da sperimentarsi a trazione ed a piegamento.

### Principio generale:

Di ogni materiale o prodotto, frutto di un processo produttivo:

- Deve essere noto il Fabbricante;
- Deve essere noto il processo produttivo;
- Devono essere noti i requisiti fondamentali;
- Il Fabbricante deve garantire la costanza del processo produttivo e quindi dei requisiti (per questo il Fabbricante deve operare in sistema di qualità)

tutto questo garantisce in generale il processo produttivo, ma non può garantire che ogni lotto di materiale o di prodotti che esca dal processo produttivo possieda effettivamente la qualità attesa, quindi:

- Devono essere sempre effettuate opportune prove di accettazione.



**NTC 2018 – Cap. 4****4.6 - ALTRI SISTEMI COSTRUTTIVI**

Qualora vengano usati sistemi costruttivi diversi da quelli disciplinati dalle presenti norme tecniche, la loro idoneità deve essere comprovata da una dichiarazione rilasciata, ai sensi dell'articolo 52, comma 2, del D.P.R. 360/01, dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici su conforme parere dello stesso Consiglio e previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale.

Si intendono per "sistemi costruttivi diversi da quelli disciplinati dalle presenti norme tecniche" quelli per cui le regole di progettazione ed esecuzione non siano previste nelle presenti norme tecniche o nei riferimenti tecnici e nei documenti di comprovata validità di cui al Cap.12, nel rispetto dei livelli di sicurezza previsti dalle presenti norme tecniche.

In ogni caso, i materiali o prodotti strutturali utilizzati nel sistema costruttivo devono essere conformi ai requisiti di cui al Cap.11.

Per singoli casi specifici le amministrazioni territorialmente competenti alla verifica dell'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni ai sensi del DPR 360/2001 o le amministrazioni committenti possono avvalersi dell'attività consultiva, ai sensi dell'articolo 2, comma 1, lettera b), del D.P.R. 204/2006, del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che si esprime previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale.

**NTC 2018 – Cap. 8 COSTRUZIONI ESISTENTI****8.6 - MATERIALI**

Gli interventi sulle strutture esistenti devono essere effettuati con i materiali previsti dalle presenti norme; possono altresì essere utilizzati materiali non tradizionali, purché nel rispetto di normative e documenti di comprovata validità di cui al Capitolo 12.

Nel caso di edifici in muratura è possibile effettuare riparazioni locali o integrazioni con materiale analogo a quello impiegato originariamente nella costruzione, purché durevole e di idonee caratteristiche meccaniche.

**NTC 2018 – Cap. 11 MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE****11.1. GENERALITÀ**

Si definiscono materiali e prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette alle presenti norme, quelli che consentono ad un'opera ove questi sono incorporati permanentemente di soddisfare in maniera prioritaria il requisito base delle opere n.1 "Resistenza meccanica e stabilità" di cui all'Allegato I del Regolamento UE 305/2011.

I materiali ed i prodotti per uso strutturale devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- **identificati** univocamente a cura del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- **qualificati** sotto la responsabilità del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- **accettati** dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

In particolare, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, possono configurarsi i seguenti casi:

A) materiali e prodotti per i quali sia disponibile, per l'uso strutturale previsto, una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se corredati della "Dichiarazione di Prestazione" e della Marcatura CE, prevista al Capo II del Regolamento UE 305/2011;

B) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma europea armonizzata oppure la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme. E' fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il fabbricante abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;

C) materiali e prodotti per uso strutturale non ricadenti in una delle tipologie A) o B). In tali casi il fabbricante dovrà pervenire alla Marcatura CE sulla base della pertinente "Valutazione Tecnica Europea" (ETA), oppure dovrà ottenere un "Certificato di Valutazione Tecnica" rilasciato dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale, anche sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ove disponibili; con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, su conforme parere della competente Sezione, sono approvate Linee Guida relative alle specifiche procedure per il rilascio del "Certificato di Valutazione Tecnica".

## La normativa europea

### Regolamento 305/11 (CPR)

#### Requisiti Base delle Opere

##### Art.3.2

Le caratteristiche essenziali dei prodotti da costruzione sono stabilite nelle specifiche tecniche armonizzate in funzione dei requisiti di base delle opere

1. Resistenza meccanica e stabilità,
2. Sicurezza in caso di incendio
3. Igiene salute ed ambiente
4. Sicurezza ed accessibilità nell'uso
5. Protezione contro il rumore
6. Risparmio energetico e ritenzione del calore
7. Uso sostenibile delle risorse naturali

## Qualificazione - Marcatura CE

### Acronimi principali:

#### Marcatura CE tramite Norma armonizzata:

CPR Construction Product Regulation

BWR Basic Work Requirements

VVCP Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione

(vecchia Certificazione di conformità)

FPC Factory Production Control

DoP Declaration of Performance

NB Notified Body

---

#### Marcatura CE tramite ETA:

TAB Technical Assessment Body

EAD European Assessment Document

ETA European Technical Assessment



E' soprattutto nel campo del recupero delle costruzioni esistenti che, negli ultimi anni, sono state studiate e sviluppate tecnologie, e quindi materiali, assolutamente innovativi.

Solo per citare quelli più utilizzati, fra gli altri:

•**MATERIALI COMPOSITI:**

- F.R.P. (Fiber Reinforced Polymer)
- F.R.C.M. (Fiber Reinforced Cementitious Mortars)
- C.R.M. (Composite Reinforced Mortar)

•**CALCESTRUZZO FIBRORINFORZATO**

- F.R.C. (Fiber Reinforced Concrete)

•**BARRE PULTRUSE IN FIBRA DI CARBONIO E FIBRA DI VETRO**

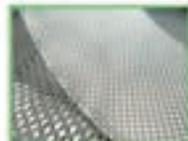
•**ELEMENTI COMPOSITI IN CARTONE (in via di sviluppo)**

**F.R.P. (Fiber Reinforced Polymer)**

I sistemi FRP comunemente impiegati sono di due tipi: Realizzati in situ e Preformati.

I sistemi Realizzati in situ sono costituiti, generalmente, da:

- una rete (o tessuto), con fibre di specifico materiale;
- una resina polimerica termoindurente (organica) che ha la funzione sia di impregnante della rete sia di incollaggio al supporto sul quale si interviene;
- quando necessario, una resina rasante di preparazione del supporto (primer).



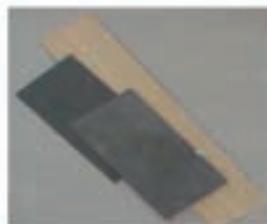
Reti (o Tessuti)



**F.R.P. (Fiber Reinforced Polymer)**

I sistemi Preformati sono costituiti, generalmente, da:

- una lamina preformata per pultrusione;
- una resina polimerica termoindurente (organica) che ha la funzione di incollaggio della lamina al supporto sul quale si interviene;
- quando necessario, una resina rasante di preparazione del supporto (primer).



Il concetto non è completamente nuovo:



Nicaragua: muratura realizzata con fibre di pannocchie a doppia orditura.



El Salvador: maglia di bambù impregnata con fango, letame e paglia.

#### OBIETTIVI PRESTAZIONALI NELLE APPLICAZIONI SU STRUTTURE ESISTENTI

INCREMENTO DI RESISTENZA A FLESSIONE

INCREMENTO DI RESISTENZA A TAGLIO

CONFINAMENTO DI ELEMENTI COMPRESSI

ELIMINAZIONE DI MECCANISMI DI COLLASSO

IRRIGIDIMENTO DI SOLAI

#### I VANTAGGI - FRP

*Elevata Resistenza e Rigidezza con incrementi di Massa trascurabile (Elevate Resistenza e Rigidezza Specifiche)*

*Resistenza alla corrosione elettrochimica*

*Facilità di trasporto ed installazione, spesso senza interruzione di servizio*

*Conservazione della geometria originaria dell'elemento rinforzato*



**Incremento della resistenza flessionale****Rinforzo a taglio****Cerchiatura di elementi verticali**

**Nuovi materiali e tecnologie avanzate per la durabilità delle strutture.  
Il quadro normativo di riferimento dei nuovi materiali**

## Eliminazione meccanismi locali di collasso

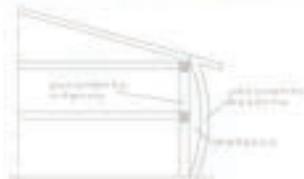
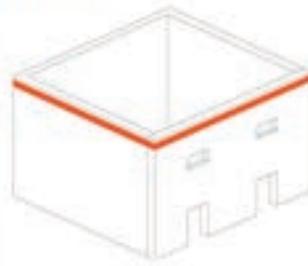


Fig. 5.6



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti

## FRP Preformati - Classi

| Classe         | Natura della fibra | Modulo elastico a trazione nella direzione delle fibre [GPa] | Resistenza a trazione nella direzione delle fibre [MPa] |
|----------------|--------------------|--|---|
| E17B17         | Vetro/Sacchi       | 17   | 175   |
| E27B21         | Vetro/Sacchi       | 21   | 245   |
| G3B33<br>G3B33 | Vetro/Sacchi       | 33   | 300   |
| G3B33<br>G3B33 | Vetro/Sacchi       | 33   | 300   |
| G45B45         | Vetro/Sacchi       | 45   | 1000  |
| C120           | Carbonio           | 120  | 1000  |
| C1501800       | Carbonio           | 150  | 1800  |
| C1502300       | Carbonio           | 150  | 2300  |
| C1801800       | Carbonio           | 180  | 1800  |
| C2001800       | Carbonio           | 200  | 1800  |
| A65            | Aramidico          | 65   | 1200  |



## Requisiti

### Prove di qualificazione

Ai fini dell'avvio della procedura per il rilascio del CVT, dove il richiedente è nel seguito denominato Fabbricante, sono richieste prove iniziali di tipo,

Le prove devono essere effettuate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR 380/2001, con comprovata esperienza e dotato di strumentazione adeguata per l'esecuzione di prove su FRP.

### Prove di qualificazione di tipo meccanico

Determinazione del modulo elastico e della tensione di rottura

### Prove per l'accertamento della durabilità ambientale

-Prove cicliche di gelo-disgelo

-Prove di invecchiamento artificiale

- Resistenza all'umidità
- Resistenza agli ambienti salini
- Resistenza agli ambienti alcalini

Prove di trazione in presenza di sovrapposizione dei tessuti

Ulteriori prove su tessuto piegato (fibre di acciaio)

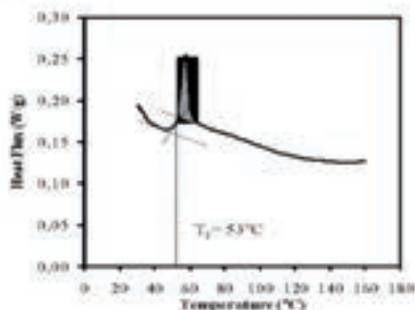
### FRP Realizzati in situ - Classi

| Classe    | Natura della fibra         | Modulo elastico a trazione nella direzione delle fibre [GPa] | Resistenza a trazione nella direzione delle fibre [MPa] |
|-----------|----------------------------|--|---|
| 600/600   | Vetrofibrato               | 60   | 1300  |
| 210C      | Carbonio                   | 210  | 2700  |
| 350/1750C | Carbonio                   | 300  | 1750  |
| 350/2800C | Carbonio                   | 300  | 2800  |
| 500C      | Carbonio                   | 500  | 2000  |
| 100A      | Aramide                    | 100  | 2200  |
| 1800      | Acciaio ad alta resistenza | 180  | 2200 (f)  |
| 1900      | Acciaio ad alta resistenza | 190  | 2200 (f)  |

## La Temperatura di transizione vetrosa (Tg)

Il polimero manifesta un degrado delle proprietà meccaniche rispetto a quelle a temperatura ambiente, per temperature maggiori di quella di transizione vetrosa (ogni resina bicomponente, termoindurente presenta una propria Tg).

In genere si assume come Tg di esercizio, la Tg rilevata con le prove meno 15 °C.



## 9 PROCEDURE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

### 9.1 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere:

- sono obbligatori e devono essere eseguiti a cura e sotto la responsabilità del Direttore dei Lavori;
- devono essere effettuati realizzando campioni contestualmente alla messa in opera del sistema di rinforzo dell'elemento strutturale da consolidare e nelle stesse condizioni ambientali;
- devono essere eseguiti su campioni del rinforzo realizzati, o ricavati, in cantiere con la procedura di installazione prescritta dal Fabbricante, impiegando gli stessi addetti del cantiere ed utilizzando i medesimi materiali.

Il Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, deve verificare che i prodotti costituenti ciascun lotto di spedizione siano coperti da Certificato di Valutazione Tecnica in corso di validità, di cui una copia deve essere allegata ai documenti di trasporto.

Nel caso di materiali e prodotti recanti la Marcatura CE è onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marchiatura stessa e richiedere ad ogni Fabbricante, per ogni diverso prodotto, il Certificato di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea, ovvero la dichiarazione di conformità D.O.P. (Declaration of Performance) in relazione alla normativa europea sui prodotti da costruzione applicabile.

In ogni caso, è inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che i prodotti consegnati in cantiere rientrino nelle tipologie previste nella detta documentazione.

### FRP Preformati - Scheda tecnica

#### Caratteristiche geometriche e fisiche

| Proprietà  | Unità di misura     | Metodo di prova<br>normativa di riferimento |
|--|---------------------|---|
| Spessore (lamina)  | mm                  |   |
| Larghezza  | mm                  |   |
| Lunghezza  | mm                  |   |
| Colore   |                     |   |
| Densità  | fibra               | g/cm <sup>3</sup>                           |
|  | matrice             | g/cm <sup>3</sup>                           |
| Contenuto di fibra   | in peso             | %   |
|  | in volume           | %   |
| Temperatura di transizione vetrosa della resina<br>(in caso di utilizzo di più resine devono essere indicati i<br>valori di T <sub>g</sub> di tutte le resine) | T <sub>g</sub> [°C] | ISO 11357-2:2013 (E)                        |
| Temperature limiti, minima e massima, di<br>utilizzo   | [°C]                | Vedi punto 4.2.4 della I.G.                 |
| Resistenza e reazione al fuoco   |                     | Vedi punto 4.2.4 della I.G.                 |

#### Proprietà meccaniche

| Proprietà  | Unità di misura | Metodo di prova<br>normativa di riferimento |
|--|-----------------|---|
| Modulo elastico (valore medio)                           | MPa             | UNI-EN 13706-1-2-3                          |
| Resistenza a trazione<br>(valore medio e caratteristico) | MPa             |   |
| Deformazione a rottura                                   | %               |   |



## FRP Realizzati in situ - Scheda tecnica

## Caratteristiche geometriche e fisiche

| Proprietà   | Unità di misura                   | Metodo di prova normativa di riferimento |
|---|-----------------------------------|--|
| Densità delle fibre   | $\rho_{fib}$<br>kg/m <sup>3</sup> | ASTM D 792<br>ISO 1183-1                 |
| Massa del tessuto per unità di area   | $\rho_{t}$<br>kg/m <sup>2</sup>   | ISO 3374                                 |
| Densità della resina  | $\rho_{res}$<br>kg/m <sup>3</sup> | ISO 1175                                 |
| Area equivalente  | $A_{eq}$<br>[m <sup>2</sup> /m]   |  |
| Spessore equivalente  | $t_{eq}$<br>[mm]                  |  |
| Frazione in peso delle fibre nel composito  |                                   |  |
| Frazione in volume delle fibre nel composito  |                                   |  |
| Temperatura di transizione vetrosa della resina (in caso di utilizzo di più resine diverse essere indicati valori di T <sub>g</sub> di tutte le resine) | T <sub>g</sub> [°C]               | ISO 11357-2:2013 (D)                     |
| Temperatura limite massima o massima di utilizzo  | T <sub>lim</sub> [°C]             | Vedi punto 5.2.6 della LO                |
| Resistenza e modulo al lacerare   |                                   | Vedi punto 5.2.6 della LO                |

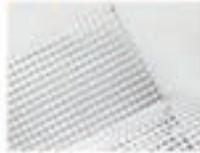
## Proprietà meccaniche

| Proprietà  | Unità di misura          | Metodo di prova normativa di riferimento |
|--|--------------------------|--|
| Modulo elastico riferito all'area netta delle fibre (valore medio)             | E <sub>f</sub><br>[GPa]  | UNI EN 2501                              |
| Resistenza riferita all'area netta delle fibre (valore medio e caratteristico) | f <sub>td</sub><br>[MPa] |  |
| Deformazione a rottura   | $\epsilon_{ru}$<br>[%]   |  |

## F.R.C.M. (Fiber Reinforced Cementitious Mortar)

Fibre:

Vetro AR  
Carbonio  
Aramidica  
PBO  
Basalto  
Acciaio



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici  
Servizio Tecnico Centrale

*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti*

Nuovi materiali e tecnologie avanzate per la durabilità delle strutture.  
Il quadro normativo di riferimento dei nuovi materiali

I compositi *FRCM* sono utilizzabili per realizzare "sistemi di rinforzo" esterni di strutture esistenti in muratura o in conglomerato cementizio armato.

Rientrano nel campo di applicazione della presente Linea Guida i sistemi di rinforzo *FRCM* il cui spessore è compreso, nel caso di una singola rete, tra 5 e 15 mm, al netto del livellamento del supporto. Nel caso di più reti lo spessore massimo non può essere superiore a 30 mm.

I compositi *FRCM* possono essere costituiti esclusivamente da: matrice inorganica, rinforzo, eventuali connettori, dispositivi di ancoraggio, elementi angolari, eventuali additivi ed eventuali adesivi, da aggiungere secondo le istruzioni del Manuale di Preparazione e nel Manuale di Installazione. Il rinforzo può essere costituito da una rete ovvero da elementi monodirezionali organizzati su un supporto a rete.

Nel sistema *FRCM* possono essere presenti anche altre componenti organiche, quali:

- eventuali promotori di adesione rete-matrice;
- eventuali additivi per migliorare le proprietà reologiche (di presa, ecc.) della matrice.

La percentuale complessiva in peso delle predette componenti organiche, rispetto a quelle del solo legante inorganico (cemento e/o calce), deve essere esplicitamente indicata dal Fabbricante sulle confezioni in cui il legante è contenuto per la commercializzazione. In ogni caso non può essere superiore al 10% in peso del legante inorganico.

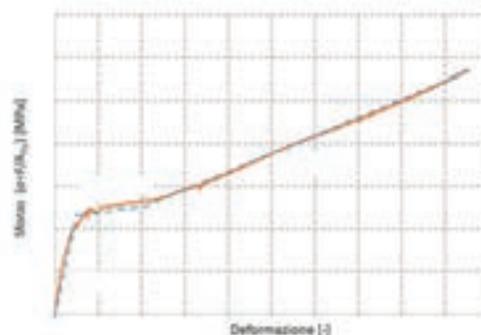
L'utilizzatore deve essere informato dal Fabbricante che, all'aumentare della percentuale complessiva delle componenti organiche, il sistema *FRCM* può conseguire un decadimento delle proprietà di permeabilità, durabilità e di comportamento al fuoco.

Il Fabbricante è tenuto a fornire, in riferimento alla rete presente all'interno della malta, indicazioni utili per il progettista, quali lo spessore equivalente, gli interassi tra i fili/trefoli, nella direzione di trama e ordito e le relative grammature.

La distanza netta tra il contorno dei fili o i trefoli, nelle direzioni in cui sono presenti, non può essere superiore a 2 volte lo spessore della malta e comunque non può essere maggiore di 30 mm.

Il tipico legame costitutivo tensione - deformazione di un sistema di rinforzo *FRCM* in una prova di trazione monoassiale (Allegato 1) è assimilabile ad una polilinea costituita da tre rami consecutivi (Figura 1), corrispondenti, nell'ordine, allo stadio di campione non fessurato (Stadio A), a quello in fase di fessurazione (Stadio B) e a quello fessurato (Stadio C), dove la tensione (o sforzo), espressa in MPa, è definita come:

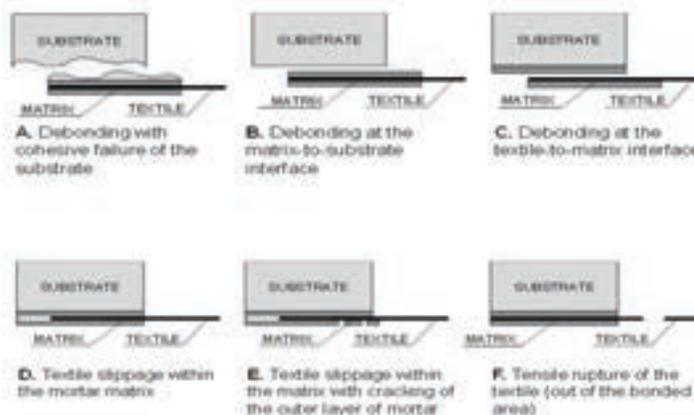
$$\sigma = F/A_f \quad (\text{con } A_f \text{ area del tessuto senza matrice inorganica})$$



Tale legame non è sufficiente a caratterizzare il comportamento meccanico di un sistema FRCM, in quanto l'impiego di quest'ultimo come rinforzo di un elemento strutturale porta a dover considerare i molteplici meccanismi di crisi che possono verificarsi in seguito all'interazione substrato-sistema di rinforzo FRCM. Essi sono descritti in Figura 2 ed includono:

- A. il distacco con rottura coesiva del supporto del sistema di rinforzo;
- B. il distacco all'interfaccia matrice-supporto;
- C. il distacco all'interfaccia matrice-tessuto/rete;
- D. lo scorrimento del tessuto nella matrice;
- E. lo scorrimento del tessuto/rete e fessurazione dello strato di malta più esterno;
- F. la rottura a trazione del tessuto/rete.

Per questi motivi, è necessario che la caratterizzazione meccanica includa, oltre alla prova di trazione del sistema FRCM e del tessuto secco, anche la prova di distacco dal supporto, ed eventuali altre prove appropriate, in relazione alle caratteristiche specifiche del sistema FRCM. A tale riguardo, il Fabbricante deve indicare nell'istanza, il tipo/i tipi di supporto per cui intende conseguire la qualificazione. Le prove devono essere effettuate per ogni tipo di supporto indicato.



#### Caratteristiche meccaniche prestazionali ai fini della qualificazione

I sistemi di rinforzo FRCM oggetto della presente Linea Guida sono qualificati sulla base delle seguenti proprietà meccaniche determinate mediante prove di trazione monoassiale e prove di distacco dal supporto (Allegati 1 e 2):

- a) tensione limite convenzionale  $\sigma_{conv}$  (valore caratteristico) e deformazione limite convenzionale  $\epsilon_{conv}$ , come di seguito definiti;
- b) modulo elastico a trazione  $E_1$  (valore medio) del campione di FRCM nello stadio A, seriale/abile;
- c) tensione ultima  $\sigma_u$  (valore caratteristico) e deformazione ultima  $\epsilon_u$  (valore medio) del campione di FRCM a rottura per trazione;
- d) tensione ultima  $\sigma_u$  a rottura per trazione (valore caratteristico) della rete (tessuto) senza matrice inorganica;
- e) modulo elastico  $E_1$  (valore medio) della rete (tessuto) senza matrice inorganica;
- f) deformazione ultima a trazione  $\epsilon_u$  ( $\epsilon_u = \sigma_u / E_1$ ), della rete (tessuto) senza matrice inorganica;
- g) resistenza a compressione della matrice/malta  $f_{comp}$ , caratteristica o nominale (quest'ultima assunta come caratteristica).

La tensione limite convenzionale, per uno specifico sistema FRCM, rappresenta la resistenza del sistema di rinforzo ricavata mediante prove di distacco da supporti convenzionali e come tale è dipendente dal tipo di supporto; essa si ottiene dividendo il valore caratteristico dei picchi della forza trante  $F$ , registrati durante le prove di distacco dal supporto, per l'area  $A_0$  (§ 7.2).

Le tensioni sono riferite all'area ( $A_0$ ) della sezione trasversale del rinforzo senza matrice inorganica presente nel provino di FRCM, prescindendo cioè dalla presenza della matrice/malta.

## 5. PROCEDURE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

I controlli di accettazione in cantiere:

- sono obbligatori e devono essere eseguiti a cura e sotto la responsabilità del Direttore dei lavori;
- devono essere effettuati realizzando campioni (di FRCM) contestualmente alla messa in opera del sistema di rinforzo dell'elemento strutturale da consolidare e nelle stesse condizioni ambientali;
- devono essere eseguiti su campioni del rinforzo realizzati, o ricavati, in cantiere con la procedura di installazione prescritta dal Fabbricante (cfr. § 6), impiegando gli stessi addetti del cantiere ed utilizzando i medesimi materiali.

I campioni devono essere in numero di 6 per ognuno dei tipi di sistemi di rinforzo da installare, tenendo anche conto dell'eventuale diversa natura delle fasi (in particolare della grammatura del rinforzo e del numero di strati di quest'ultimo). Le dimensioni sono quelle indicate per la prova di trazione (Allegato 1).

Tali campioni devono essere inviati dal Direttore dei lavori ad un Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. A tal fine, il Direttore dei Lavori deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati al Laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

### Scheda tecnica tipo

#### Descrizione

Nome commerciale, tipo di resina e fibra, tipo di matita, numero di strati, spessore e ogni altra informazione produttiva utile.

#### Caratteristiche generali e fisiche

| Proprietà   | Unità di misura      | Metodo di prova<br>Normativa di riferimento      |
|---|----------------------|--|
| Spessore nominale del sistema di rinforzo               | [mm]                 |  |
| Grammatura della rete in carbonio                       | [g/m <sup>2</sup> ]  | ISO 13667 (EN)                                   |
| Grammatura della rete in basalto                        | [g/m <sup>2</sup> ]  | ISO 13667 (EN)                                   |
| Spessore equivalente della rete di carbonio in basalto  | [mm]                 | Quanto (vedi Guida) (2)                          |
| Spessore equivalente della rete di carbonio in carbonio | [mm]                 | Quanto (vedi Guida) (2)                          |
| Eventuale del materiale costituente la rete di carbonio | [g/cm <sup>3</sup> ] |  |
| Percentuale in peso delle componenti organiche          | %                    |  |
| Aspetto di base   |                      | Da specificare nel contratto di UNI EN 12536 (1) |
| Permeabilità al vapore d'acqua                          |                      | Da specificare nel contratto di UNI EN 12536 (1) |
| Intervallo di temperatura di esercizio                  | °C                   |  |

#### Proprietà meccaniche

| Proprietà  | Unità di misura | Metodo di prova<br>normativa di riferimento |
|--|-----------------|---|
| Tensione limite compressiva $f_{c,lim}$                                    | [MPa]           | Quanto (vedi Guida) (6) 2.3-1.2             |
| Deformazione limite compressiva $\epsilon_{c,lim}$                         | %               | Quanto (vedi Guida) (6) 2.3-1.2             |
| Modulo di rigidità $E_c$ della rete (A)                                    | [MPa]           | Quanto (vedi Guida) (6) 2.3-1.2             |
| Tensione ultima $\sigma_u$ del composito FRCM                              | [MPa]           | Quanto (vedi Guida) (6) 2.3-1.2             |
| Deformazione ultima $\epsilon_u$ del composito FRCM                        | %               | Quanto (vedi Guida) (6) 2.3-1.2             |
| Tensione ultima $\sigma_{u,c}$ della rete (basalto) a rottura per trazione | [MPa]           | Quanto (vedi Guida) (6) 2.3-1.2             |
| Modulo elastico $E_c$ della rete (basalto)                                 | [MPa]           | Quanto (vedi Guida) (6) 2.3-1.2             |

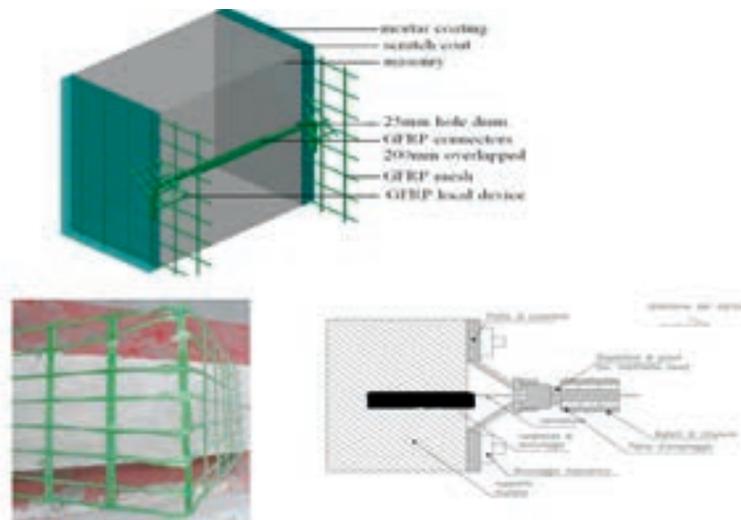


## C.R.M. (Composite Reinforced Mortar)

I sistemi CRM sono costituiti da reti in composito fibrorinforzate a matrice polimerica (FRP- Fiber Reinforced Polymer), da applicare sulle superfici degli elementi strutturali per il consolidamento degli stessi con malte cementizie e/o di calce, ovvero mediante la tecnica dell'intonaco armato di tipo CRM (Composite Reinforced Mortar).

L'intonaco armato, denominato nel seguito CRM, è realizzato mediante una rete preformata in composito (FRP) inserita in una malta ad uso strutturale e applicata sulla superficie dell'elemento strutturale in muratura da rinforzare. In detto sistema la rete in FRP è in grado di assorbire gli sforzi di trazione, mentre la malta strutturale contribuisce ad assorbire gli sforzi di compressione. Il trasferimento degli sforzi fra il supporto e la rete di rinforzo è garantito anche dalla presenza dei connettori, che assicurano la collaborazione strutturale fra l'elemento murario e l'intonaco armato.

Lo spessore dei sistemi di rinforzo CRM di cui alla presente Linea Guida è compreso, di norma, tra 30 mm e 50 mm, al netto del livellamento del supporto.



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione dei sistemi a rete preformata in materiali compositi fibrorinforzati a matrice polimerica da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti con la tecnica dell'intonaco armato CRM (Composite Reinforced Mortar)

I sistemi di rinforzo CRM sono tipicamente costituiti da:

- **reti preformate**, realizzate mediante impregnazione di fibre resistenti agli alcali, in vetro, carbonio, basalto o arammide in un'unica fase produttiva; le reti hanno la funzione di fornire un incremento della resistenza a trazione ed il confinamento degli elementi da rinforzare;
- **angolari in rete preformati** in fibra di vetro, carbonio, basalto o arammide, realizzati con medesimi materiali e processo produttivo delle reti, con funzione di realizzare una continuità strutturale in corrispondenza degli angoli;
- **elementi di connessione** interamente o parzialmente preformati in fibra di vetro, carbonio, basalto o arammide, comunque resistenti agli alcali e realizzati con medesimi materiali, con la funzione di garantire il collegamento dell'intonaco armato con l'elemento murario e con il rinforzo installato sulla faccia opposta di quest'ultimo, laddove previsto;
- **malte a base cementizia o di calce a prestazione garantita per uso strutturale**;
- **ancoranti chimici** per la solidarizzazione dei connettori tra loro o l'ancoraggio degli stessi nel supporto murario.

### Qualificazione del Fabbricante e del sistema di rinforzo

I sistemi di rinforzo CRM devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento e di gestione della qualità, in coerenza con le norme UNI EN 9001:2000 ed UNI EN 45012. Tale sistema permanente di controllo interno, che deve essere attivato secondo quanto previsto nei Piani dei controlli interni, deve assicurare il mantenimento del livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito e del sistema di rinforzo nel suo complesso, nonché l'affidabilità delle relative prestazioni, indipendentemente dal lotto di produzione.

A tal fine, sia durante il processo di produzione in stabilimento, sia ai fini della qualificazione del prodotto mediante il rilascio della Certificazione di Valutazione Tecnica (CVT), devono essere eseguite le prove descritte nei successivi paragrafi, con le modalità ivi precisate.

### Prove di qualificazione per il rilascio del CVT (prove iniziali di tipo)

Ai fini del rilascio del CVT devono essere eseguite le seguenti prove di qualificazione, correntemente denominate prove iniziali di tipo:

#### a. prove meccaniche:

- prove sui componenti in FRP del sistema di rinforzo CRM;
- prove di giunzione per sovrapposizione dei connettori;
- prove di estrazione dei connettori da supporti standard.

#### b. prove di durabilità ambientale sui componenti in FRP del sistema di rinforzo CRM:

- prove cicliche di gelo e disgelo;
- prove di invecchiamento artificiale



## 9 PROCEDURE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

I controlli di accettazione in cantiere:

- sono obbligatori e devono essere eseguiti a cura e sotto la responsabilità del Direttore dei Lavori;
- devono essere campionati nell'ambito di ciascun lotto di spedizione in riferimento al lotto di produzione e devono riguardare tutti i componenti del Sistema CRM oggetto di fornitura.

I campioni devono essere in numero di 3 per ognuno dei componenti dei sistemi di rinforzo da installare, tenendo anche conto dell'eventuale diversa natura delle fasi (in particolare della grammatura del rinforzo) e delle eventuali diverse caratteristiche delle reti nelle due direzioni. Le dimensioni sono quelle indicate per la prova di trazione (Allegato 1).

Le prove da eseguire sono unicamente quelle di trazione sui componenti in FRP del sistema, descritte all'Allegato 1.

Si prescrivono inoltre prove sulle malte da utilizzare in ragione di due provini per ogni lotto di spedizione per verificarne le caratteristiche dichiarate dal Fabbricante e richiamate nel Manuale di installazione. Si adottano a tal fine le stesse norme di riferimento utilizzate per la qualificazione delle materie prime di cui al punto 4.2.

### CIRCOLARE NTC

#### C11.2.12 CALCESTRUZZI FIBRORINFORZATI (FRC)

Le NTC definiscono il calcestruzzo FRC come "caratterizzato dalla presenza di fibre discontinue nella matrice cementizia" e stabiliscono che sia per la sua qualificazione che per la progettazione delle strutture in FRC, si dovrà fare esclusivo riferimento a specifiche disposizioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, rese attraverso apposite Linee Guida.

(Sono state da poco pubblicate le Linee Guida per la identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi fibrorinforzati FRC (Fiber Reinforced Concrete)).

Al riguardo occorre precisare che secondo le dizioni comunemente adottate nel settore della tecnologia delle costruzioni, un calcestruzzo fibrorinforzato ad uso strutturale, per essere definito tale, deve essere caratterizzato da un dosaggio minimo delle fibre al suo interno. Le norme CNR-DT 204/2006 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di strutture di calcestruzzo fibrorinforzato", indicano che "per impieghi strutturali deve essere garantito un dosaggio minimo di fibre" e quantificano tale dosaggio come "non inferiore allo 0,3% in volume".

Pertanto, a meno di specifiche indicazioni eventualmente riportate nelle sopracitate Linee Guida, per quantitativi inferiori a tale dosaggio, allo stato un calcestruzzo che preveda l'utilizzo di fibre non può essere definito, ai fini strutturali, come "fibrorinforzato" e quindi il suo impiego, non vincolato dalle procedure autorizzative di cui al citato p.to 11.2.12, può fare riferimento alle prescrizioni per il calcestruzzo normale, contenute nei pertinenti Capitoli delle NTC.



### Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Servizio Tecnico Centrale

*Linea guida per l'identificazione, la qualificazione, la certificazione di  
valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi  
fibrorinforzati FRC (Fiber Reinforced Concrete)*

Gennaio 2019

Nuovi materiali e tecnologie avanzate per la durabilità delle strutture.  
Il quadro normativo di riferimento dei nuovi materiali

I calcestruzzi fibrinforzati (FRC) sono costituiti da una matrice cementizia additivata con fibre corte discontinue, cui può aggiungersi armatura ordinaria o da precompressione.

Richiamando quanto previsto dalla Circolare esplicativa delle Norme tecniche (emanata nel 2019) al § C11.2.12, cui si rimanda per i dettagli, si precisa che un calcestruzzo fibrinforzato ad uso strutturale, per essere definito tale, oltre ai requisiti minimi prestazionali descritti nel seguito, deve essere caratterizzato da un dosaggio minimo delle fibre al suo interno "non inferiore allo 0.3% in volume"

#### Comportamento a trazione del FRC

L'aggiunta di fibre disperse in una matrice cementizia ne modifica le proprietà meccaniche, contrastando l'apertura progressiva delle fessure e conferendo al prodotto (calcestruzzo o malta), dopo la fessurazione, una significativa resistenza residua a trazione fino al raggiungimento di uno sforzo nullo a trazione per un valore significativo dell'apertura di fessura. L'energia specifica necessaria per rompere a trazione il conglomerato (di seguito denominata "tenacità") o per giungere a valori di apertura di fessura predeterminati, dipende da molteplici fattori tra i quali, ad esempio, il rapporto d'aspetto della fibra, la percentuale di volume delle fibre rispetto al volume totale del composito e le caratteristiche fisico-meccaniche delle fibre in aggiunta alle caratteristiche della matrice cementizia.

In particolare, verificatasi la (micro)fessurazione della matrice, le fibre sono in grado di manifestare il proprio contributo, conferendo al composito una resistenza post-fessurativa, praticamente assente nella matrice senza fibre.

## Classi prestazionali del FRC

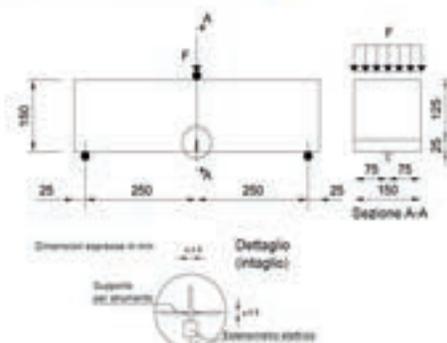
Le prestazioni richieste a un FRC sono le seguenti:

- classe di resistenza a compressione;
- classe di consistenza;
- classe di esposizione;
- limite di proporzionalità (tensione corrispondente);
- classe di tenacità, ovvero resistenza opposta dal materiale all'avanzamento del processo di frattura.

E' inoltre necessario definire le seguenti proprietà:

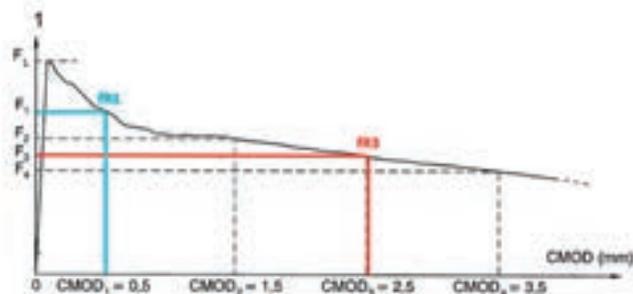
- dimensione massima dell'aggregato;
- caratteristiche geometriche della fibra;
- materiale utilizzato per la fibra.

Il limite di proporzionalità e la classe di tenacità sono determinabili sulla base di un test a flessione su un provino di dimensioni (b x h) 150x150 mm in sezione, lunghezza 550>700 mm, intagliato centralmente, semplicemente appoggiato alle estremità e caricato con un carico centrale (EN 14651) come indicato in Figura.



La prova prevede la misura sperimentale del carico applicato ( $F$ ) e dell'apertura di fessura alla bocca dell'intaglio (CMOD, come definito dalle UNI EN 14651); il valore CMOD viene utilizzato come parametro di controllo della prova.

Una tipica curva sperimentale, ottenuta dalla prova, è riportata in Figura.



La tensione corrispondente al limite di proporzionalità è convenzionalmente definita, vedi EN 14651, come:

$$f'_{ct,L} = \frac{3F_1 L}{2bh_p^2}$$

dove:

$F_1$  = massima forza applicata (Figura 4)

$L$  = distanza fra gli appoggi (Figura 3)

Per classificare il comportamento post-fessurativo di un FRC sono presi in esame due parametri: la resistenza nominale per FR1k ed il rapporto FR3k/FR1k, che consentono di identificare la classe di tenacità.

La resistenza nominale per FR1k è definita dal numero appartenente alla seguente successione, immediatamente inferiore al valore di FR1k determinato sperimentalmente:

1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 4,0, 5,0, 6,0, 8,0, 10,0, 12,0, 14,0 [MPa]

Il rapporto FR3k/FR1k viene invece indicato con una delle lettere a, b, c, d, e, ciascuna delle quali indica un intervallo di valori, come specificato nel seguito:

a per  $0,5 \leq \text{FR3k/FR1k} < 0,7$

b per  $0,7 \leq \text{FR3k/FR1k} < 0,9$

c per  $0,9 \leq \text{FR3k/FR1k} < 1,1$

d per  $1,1 \leq \text{FR3k/FR1k} < 1,3$

e per  $1,3 \leq \text{FR3k/FR1k}$

Pertanto, la classe di tenacità di un FRC viene definita da un numero (resistenza nominale per FR1k) e da una lettera (intervallo di valori in cui ricade FR3k/FR1k).

A titolo esemplificativo ad un FRC che presenti una resistenza nominale per FR1k compresa fra  $2,5 \leq \text{FR1k} < 3,0$  e un valore del rapporto FR3k/FR1k compreso nell'intervallo indicato dalla lettera b:  $0,7 \leq \text{FR3k/FR1k} < 0,9$ , viene attribuita una classe di tenacità **2.5b**.

Per impieghi strutturali, le prestazioni di un FRC devono essere prescritte dal progettista, fornite dal Fabbrikante e verificate dalla Direzione Lavori.

## ELEMENTI COMPOSITI IN CARTONE (PASTA DI LEGNO)

Il Cartone è, usualmente, legato a numerosi impieghi che, sebbene riguardino campi diversificati, non comprendono aspetti prettamente strutturali. Nel panorama italiano, infatti, esso rappresenta una risorsa preziosa, attualmente priva di certificazione per utilizzi strutturali. Esso rappresenta uno dei materiali innovativi più utili alle esigenze, spesso di emergenza, che è, purtroppo, costretta ad affrontare l'edilizia del nostro Paese.

L'interesse per questo materiale, al di fuori dell'Italia, è ormai diffuso. Il maggiore esponente di queste soluzioni è l'architetto giapponese Shigeru Ban, il quale sin dagli inizi degli anni '90 ha compreso le proprietà del materiale e si impegna a divulgarne l'utilizzo.

### PREGI

Ecosostenibile  
 Riciclabile  
 Economico  
 Rapido da installare e da smontare

### DIFETTI

Uso esclusivamente temporaneo e per strutture semplici  
 Limitata efficienza meccanica  
 Deve essere trattato opportunamente



Giappone 1991



Giappone 1998



Germania 2000

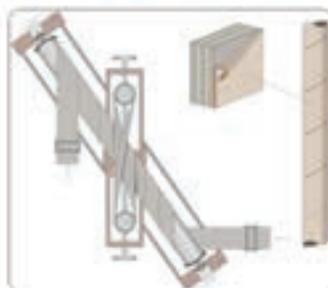


Giappone 2015

## ELEMENTI COMPOSITI IN CARTONE

Un primo studio sulle prestazioni meccaniche del cartone è stato condotto presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica dell'Università Sapienza di Roma.

I tubi in cartone vengono prodotti con l'utilizzo di un mandrino metallico, intorno a cui vengono avvolti, a spirale e strato dopo strato, i fogli di carta. Sono state testate tre differenti qualità di carta, al variare della grammatura e della direzione delle fibre di cellulosa, sia in condizioni di umidità ambientale che dopo essere state completamente essiccate. Una tipologia di carta viene testata nelle due direzioni di orditura delle fibre.



Tubi in cartone





**DANGER**





# NUOVE TECNOLOGIE PER LA SICUREZZA E LA MANUTENZIONE DELLE GALLERIE

*a cura di*  
Ing. A. Focaracci

**Introduzione**

L'Italia è il Paese europeo con il maggior numero di gallerie, circa 650 km di tunnel in esercizio sulla sola rete TERN (Trans European Road Network) e a livello mondiale è seconda solamente al Giappone per dotazione di gallerie.

Per questo i temi della sicurezza in esercizio, di una corretta manutenzione strutturale ed impiantistica ed il monitoraggio di un tunnel vesto-

no un ruolo fondamentale per incrementare la capacità di esso a reagire o adattarsi con maggior successo agli effetti negativi di eventi, reali o potenziali, che influenzano l'utilizzo del tunnel. L'adozione di misure di mitigazione del rischio per l'esercizio di una galleria e la programmazione di interventi di manutenzione sulla base di un'attenta attività di monitoraggio in corso d'opera della galleria stessa permettono di aumentare la resilienza della galleria.

Figura 1:  
EURAM

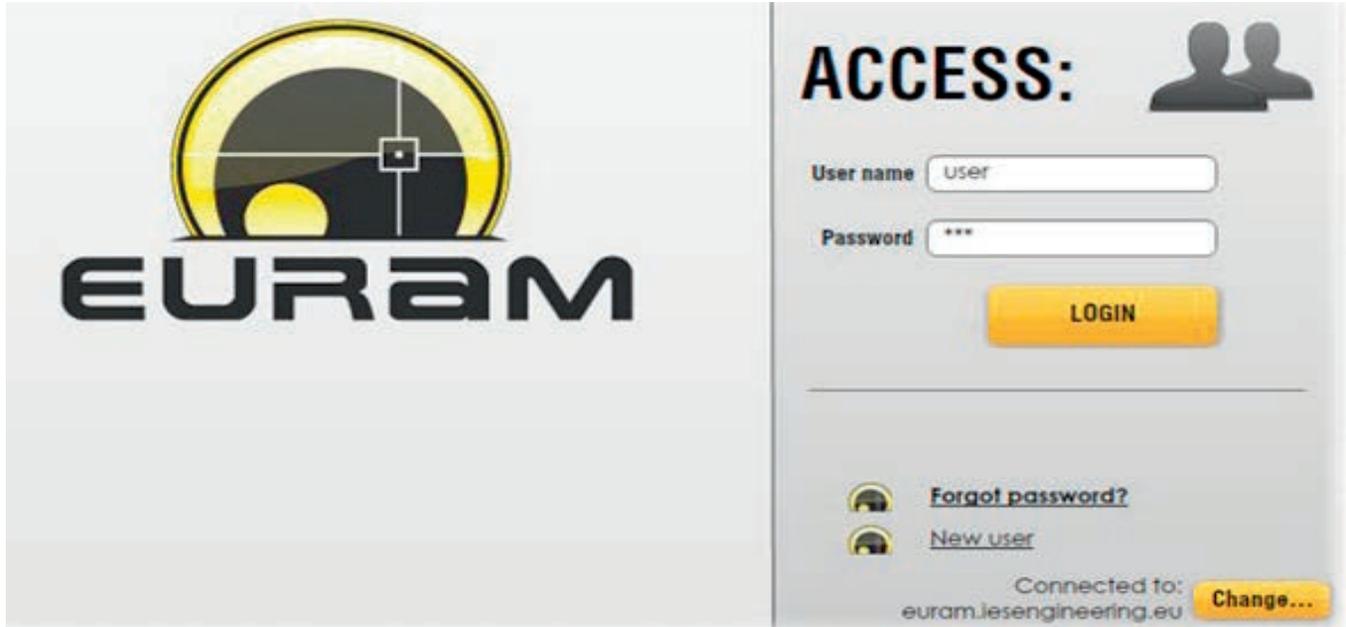


Figura 2: Tunnel monitorato con SCADRA

Secondo il PIARC TC4.4 «Tunnels» la *resilienza* di una galleria è definita come: “La capacità di preparare e pianificare, resistere/assorbire, riprendersi o adattarsi con maggiore successo (tempestivamente ed efficientemente) agli effetti negativi effettivi o potenziali di eventi o sviluppi che influenzino l'utilizzo di una galleria. In questo contesto, un livello di sicurezza accettabile costituisce un vincolo imprescindibile per la disponibilità della galleria”.

Per migliorare la resilienza e garantire lo sviluppo sostenibile del sistema infrastrutturale italiano non si può prescindere da:

- una attenta verifica dello stato di sicurezza delle opere;
- un continuo monitoraggio del mantenimento dei livelli di sicurezza attesi per l'esercizio e la stabilità dell'opera;
- l'adozione delle misure di manutenzione sull'opera e di mitigazione del rischio più adeguate e di volta in volta necessarie.

Così facendo, il monitoraggio strutturale e la valutazione dei rischi connessi all'esercizio delle opere infrastrutturali e delle gallerie in particolare, condotti in continuo, consentono, appunto:

- di classificare le opere in base al livello di rischio proprio di ciascuna di esse, al fine di definire le priorità d'intervento;
- di individuare le necessarie e sufficienti misure mitigative dei rischi esaminati, come interventi di manutenzione o di messa in sicurezza per aumentarne la resilienza;
- di avere una costante informazione delle condizioni statiche e di esercizio dell'infrastruttura, sia in condizioni normali che in corrispondenza di eventi avversi quali sismi, anche di modesta entità, piogge eccezionali, incidenti con o senza incendio, ecc.

Quindi, al fine di una corretta gestione dell'infrastruttura e degli interventi di manutenzione

sull'opera, sia programmata che straordinaria, occorre che tutti gli elementi concorrenti ad un impiego funzionale e sicuro del bene vengano monitorati e verificati in continuo, per questo, struttura, impianti, ambiente circostante e traffico devono essere monitorati con adeguati sensori. I dati dei sensori verranno poi raccolti ed archiviati in apposite banche dati, per essere quindi impiegati in specifici algoritmi.

Nel presente articolo vengono illustrate nuove tecnologie per l'analisi del rischio dinamica (SCADRA) ed i suoi effetti positivi sulla resilienza della galleria, nonché un approccio metodologico per l'adeguamento di gallerie esistenti e le relative soluzioni progettuali che possono essere adottate in relazione allo stato di conservazione ed allo stato di sollecitazione dell'opera stessa.

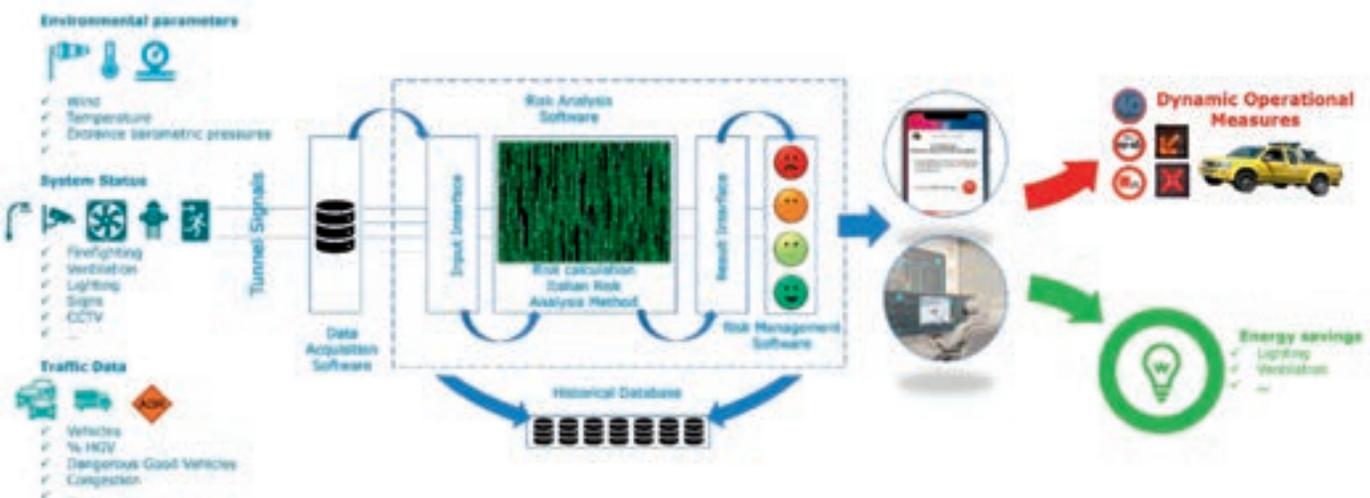
### Aumento di Resilienza nel Tunnel tramite SCADRA

La valutazione nell'ambito dello studio della resilienza di un tunnel è eseguita adottando la metodologia di analisi di rischio prevista dal D.Lgs 264/06 ed in conformità alla metodologia dettagliata nelle Linee Guida Anas denominata IRAM (Italian Risk Analysis Method), l'unica esaminata dal CONSUP LL.PP. con voto n.177/05bis del 15/12/2005.

Tale metodologia è stata sviluppata ed implementata usando il Software EURAM, già impiegato con successo per l'analisi di rischio di oltre 200 gallerie approvate dall'Autorità Amministrativa preposta e che ha già più di 16 anni di applicazione in tunnel stradali ed autostradali.

EURAM è, infatti, il Software italiano più usato per l'Analisi di Rischio in galleria, conforme con il D.Lgs 264/06 ed utilizzato da Enti quali ANAS, ASPI, Autobrennero, Autostrade Siciliane, Autostrada dei Fiori, RAV, SAT, SALT, Asti-Cuneo, SAV e Valdastico.

Figura 3: Funzionamento di SCADRA



Il sistema SCADRA (*Supervisory Control Acquisition and Dynamic Risk*) è un efficace strumento per una pronta e costante verifica del livello di sicurezza di una galleria, ma anche uno strumento di verifica e controllo di tutto quello che può succedere nella galleria a livello di traffico, dello stato degli impianti e della struttura per ogni importante e tempestiva decisione informata.

Il sistema sopracitato impiega un insieme di sensori che monitorano costantemente lo stato di tutti gli impianti, le condizioni dell'ambiente circostante (vento, pioggia e visibilità) e le condizioni del traffico con numero e tipologia dei mezzi in arrivo nella galleria, nonché il comportamento della struttura di rivestimento del cavo. Lo SCADRA raccoglie i parametri significativi dal sistema di monitoraggio e consente di avere una quantificazione costante (ogni 10÷15 minuti) nel tempo del livello di rischio istantaneo, anche a fronte di eventi eccezionali avversi, da confrontare sistematicamente con soglie di attenzione e di allarme in precedenza definite in rapporto ai valori di rischio dichiarati all'Autorità Amministrativa.

Quindi, SCADRA rappresenta un potente strumento di prevenzione, in quanto acquisisce i parametri che determinano le condizioni di sicurezza nella galleria e segnala tempestivamente ogni anomalia conseguente al sistema strutturale ed impiantistico, ai parametri ambientali ed ai dati di traffico, indicando quali sono le azioni più opportune per mantenere il livello di rischio

entro valori predefiniti.

Lo SCADRA consente di conoscere in tempo reale cosa accade all'interno di una galleria, al fine di valutare le condizioni di sicurezza istantaneamente e focalizzare la gestione della galleria sulla sicurezza degli utenti, permettendo quindi di individuare gli interventi di mitigazione gestionali più adeguati a riportare il rischio in condizioni ottimali.

La dashboard della specifica galleria consente al Gestore di monitorare in maniera costante il livello di sicurezza della galleria su cui è installato lo SCADRA.

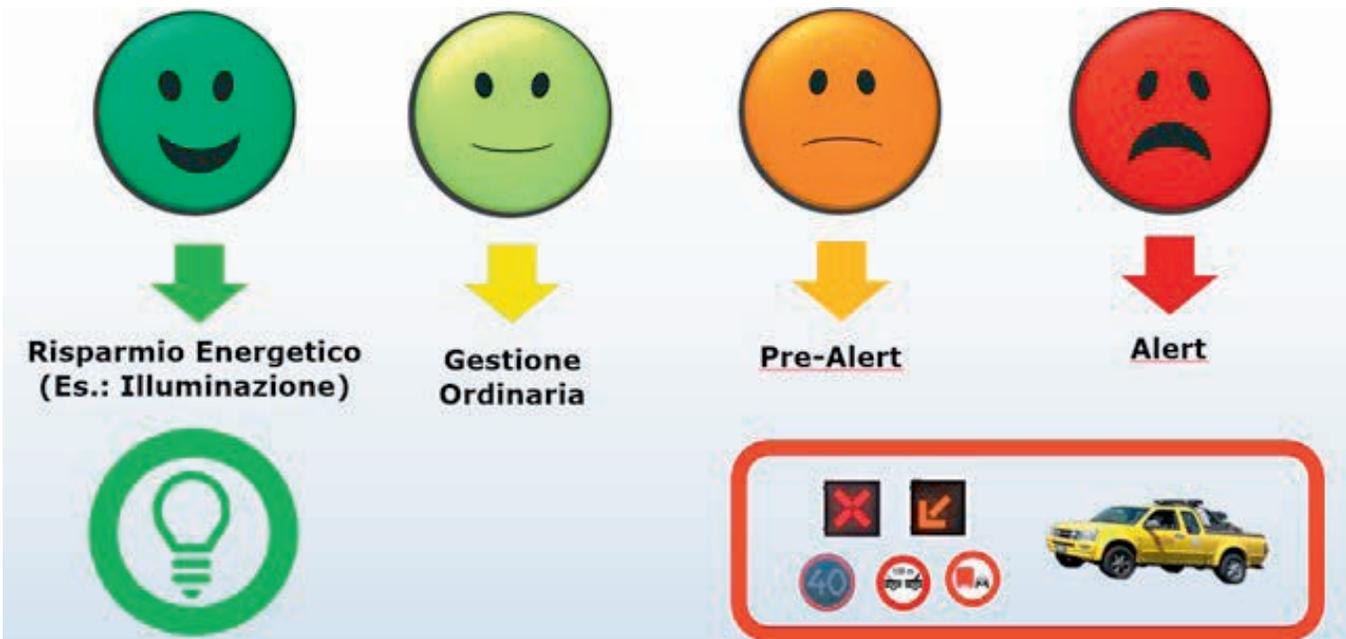
Il livello di rischio istantaneo è rappresentato mediante la classificazione in 4 categorie di rischio mediante l'emoticon (Figura 4):

L'analisi dinamica del rischio, quindi, consente di:

- Identificare le situazioni critiche in tempo reale ed avvisare il Centro di Controllo del Gestore e quindi gli utenti;
- Ristabilire il livello di rischio a valori accettabili attraverso interventi sugli impianti o gestionali;
- Pianificare la manutenzione ordinaria per garantire la massima efficienza degli impianti e della struttura;
- Pianificare la manutenzione straordinaria limitando gli interventi urgenti solo in caso di rischio elevato;
- Ridurre i tempi di intervento grazie ad una continua informazione sullo stato del traffico e della galleria.

Figura 4: Interfaccia livello di rischio istantaneo tramite emoticon

Quindi, SCADRA rappresenta un potente strumento di prevenzione, in quanto acquisisce i parametri che determinano le condizioni di sicurezza nella galleria e segnala tempestivamente ogni anomalia conseguente al sistema strutturale ed impiantistico, ai parametri ambientali ed ai dati di traffico, indicando quali sono le azioni più opportune per mantenere il livello di rischio



Il raggiungimento del livello di rischio 3 corrisponde al superamento del livello di rischio coerente con quello accettato dall'autorità amministrativa. Al superamento di tale soglia, pertanto, il sistema suggerisce le misure gestionali che è necessario intraprendere al fine di ricondurre il rischio ad un livello accettabile.

Qualora il livello di rischio cresca verso limiti di non accettabilità, lo SCADRA provvede ad attivare e/o segnalare tutte le misure di sicurezza necessarie al raggiungimento del livello di sicurezza richiesto, quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo:

- Misure di gestione e contingentamento del traffico (riduzione limiti di velocità, divieto di sorpasso, aumento distanza di sicurezza, ecc.);
- Comunicazioni all'utenza sul comportamento da adottare in galleria;
- Allerta pattugliamenti antincendio (se presenti);
- Pre-allerta Enti istituzionali coinvolti quali la Prefettura e i Vigili del Fuoco.

L'Analisi di Rischio Dinamica, condotta dallo SCADRA, assume particolare rilevanza durante interventi di manutenzione in cui gli impianti possono essere fuori servizio, o operare in condizioni degradate a causa di tali interventi.

È possibile determinare il livello di rischio temporaneo anche in differenti condizioni di esercizio in presenza di cantieri, quali ad esempio:

- Chiusura della sola corsia di marcia;

- Chiusura della sola corsia di sorpasso;
- Restringimenti delle corsie;
- Traffico bidirezionale.

Nel grafico dell'andamento del rischio assoluto sono evidenziati i parametri significativi che hanno determinato una variazione del rischio tale da ricondurlo ad un livello di attenzione (Livello Pre-Alert e Alert) e vengono anche indicate le azioni più adeguate a indurre un contenimento del rischio per ristabilire le condizioni di sicurezza richieste.

Le informazioni che lo SCADRA può fornire in tempo reale al centro di controllo, ai servizi di pronto intervento ed in generale a strutture dedicate, forniscono anche le azioni urgenti da porre in opera a fronte dell'evento registrato. Si può così riscontrare uno dei quattro scenari:

- L'infrastruttura ha manifestato per un tempo significativo un livello di rischio ben al di sotto delle soglie previste, in tal caso si possono adottare misure di efficientamento energetico (riduzione di illuminazione, della ventilazione, ecc.);
- l'infrastruttura non ha subito incrementi di rischio apprezzabili rispetto alle soglie definite, pertanto l'esercizio può procedere in condizioni regolari;
- l'incremento di rischio ha raggiunto valori intorno alla soglia di attenzione (Pre-Alert): si adotteranno quindi misure di contenimento dell'esercizio (limitazione di velocità, tipo ed intensità di traffico o cadenzamento, ecc.),

Figura 5: Esempio di output nelle gallerie equipaggiate



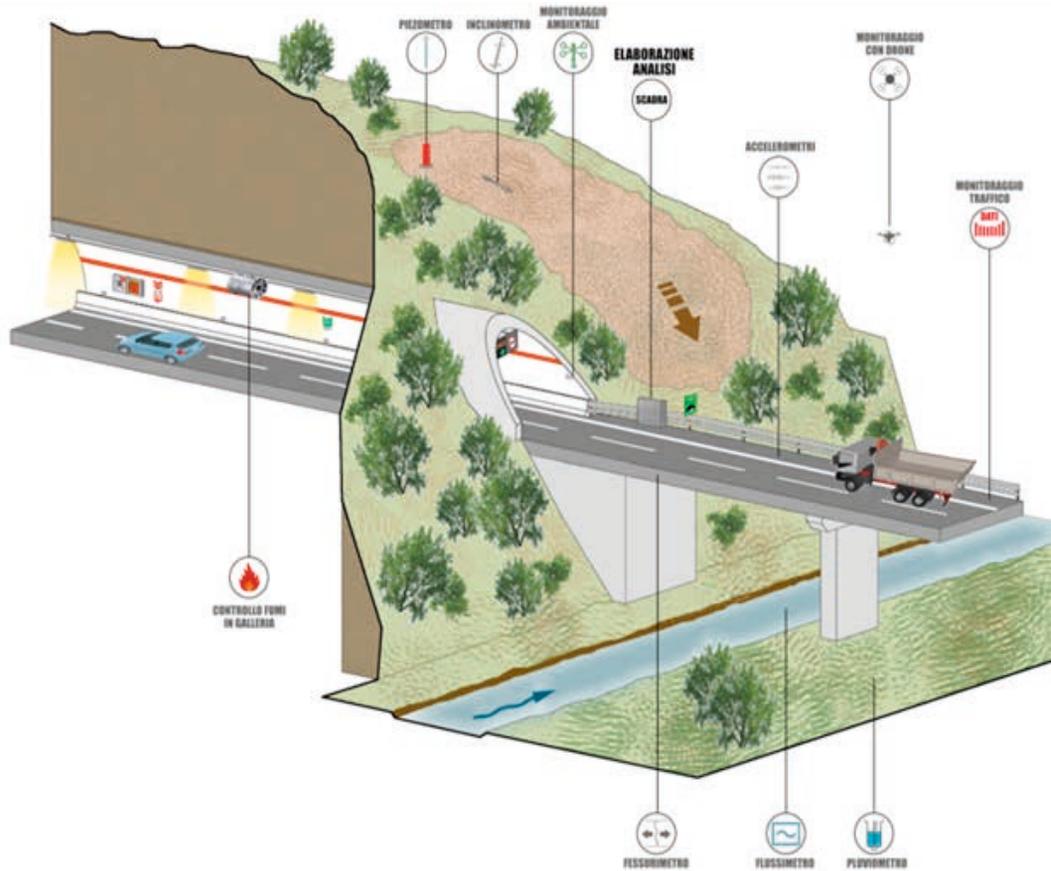


Figura 6:  
Controllo,  
acquisizione dati  
e Dynamic Risk  
Analysis



Figura 7:  
Gallerie esistenti  
ammalorate

oltre che le opportune verifiche sugli effetti nelle condizioni future;

- l'incremento del rischio ha raggiunto i valori di allarme (Alert): in base al piano di emergenza, l'infrastruttura potrebbe essere anche chiusa al normale esercizio per consentire i necessari accertamenti sul reale stato.

Dal 2019 il sistema SCADRA è stato installato nelle seguenti gallerie:

- Galleria Valico (A15 Autocamionale della Cisa);
- Galleria Rimazzano (A12 Autostrada Azzurra);
- Galleria Melarancio (A1 Autostrada del Sole).

Le applicazioni in corso e la validità e l'interesse dei risultati ottenuti, hanno fatto pensare ad importanti sviluppi futuri per la tecnologia proposta. Infatti, utilizzando SCADRA posto agli imbocchi delle gallerie, le opere d'arte all'esterno e l'ambiente limitrofo possono essere attrezzati con opportuni sensori di monitoraggio i cui dati verranno tutti periodicamente letti dallo SCADRA e memorizzati in esso.

Lo studio e la quantificazione dei rischi strutturali propri di ogni singola opera ed idrogeologici verranno condotti facendo ricorso a tecniche di

calcolo probabilistico a partire dai dati raccolti in fase di monitoraggio.

Per ogni opera verranno, quindi, predisposti specifici algoritmi che, elaborando i dati registrati dai sensori, consentiranno di calcolarne le condizioni di stabilità nel normale esercizio.

Attraverso gli specifici algoritmi e l'analisi delle condizioni effettive dell'opera potranno essere definite delle "soglie di attenzione" e delle "soglie di allarme" in funzione della variazione dei principali parametri esaminati.

### La Manutenzione per l'incremento di resilienza delle Gallerie

In Italia, che per la morfologia e l'orografia del suo territorio è il Paese europeo con il maggior numero di gallerie, si pone la necessità di eseguire interventi strutturali in gallerie esistenti, molte delle quali costruite più di 30 anni fa, finalizzati assicurare livelli di sicurezza adeguati a garantire la resilienza del tunnel.

Le gallerie, così come qualsiasi opera di ingegneria civile, sono difatti soggette a deterioramento causato dall'invecchiamento dei materiali da costruzione e dall'interazione con il particolare ambiente circostante, che può mettere a rischio la stabilità e la funzionalità delle opere, nonché la sicurezza degli utenti. Il comportamento delle opere in sotterraneo è condizionato dal contesto geologico-geomeccanico nelle quali sono realizzate e dalla presenza di acque di falda, che possono comportare classi di esposizione molto severe. Inoltre, in relazione all'epoca di costruzione, le gallerie possono presentare problematiche differenti dovute alle tecnologie esecutive adottate e ciò è particolarmente vero per le gallerie realizzate durante il boom economico del dopoguerra, quando ebbe luogo una rapida espansione della rete di trasporto, a volte con tecnologie ancora da perfezionare (Figura 7). Per queste gallerie si osservano spesso anomalie ed imperfezioni che, in molti casi, non hanno riflessi sul comportamento statico, in altri invece, occorre studiare con molta attenzione i reali riflessi sul comportamento dell'opera negli anni a venire.

Nel presente capitolo viene illustrato l'approccio metodologico da seguire nell'adeguamento di gallerie esistenti e le relative soluzioni progettuali che possono essere adottate in relazione alle anomalie individuate.

### L'approccio metodologico per lo studio della stabilità di una galleria esistente

Troppo spesso anomalie ed imperfezioni del rivestimento che non hanno alcun riflesso sul comportamento statico del cavo vengono trattate e curate come se fossero foriere di gravi problemi di stabilità dell'opera.

Le Linee guida del CETU «*Road tunnel civili engineering inspection guide, Book 2: Catalogue of deterioration*» definiscono un approccio sintomatico (basato principalmente sull'indagine visiva) senza procedere all'analisi delle cause profonde che hanno portato al fenomeno in atto, mettendo in relazione attraverso tabelle precostituite i sintomi di deterioramento con i fattori di influenza.

Tale approccio può portare ad un'errata diagnostica, andando a confondere difetti, talvolta, puramente superficiali, senza alcuna influenza sulla stabilità locale o globale dell'opera, con sintomi di un deterioramento ben più gravi.

Nei casi più complessi di monitoraggio e ripristino delle gallerie esistenti non ci si può limitare all'utilizzo di normative straniere messe a punto in contesti certamente molto diversi da quelli presenti nel nostro Paese, ma risulta necessario valutare l'effettivo coefficiente di sicurezza dell'opera ed agire di conseguenza.

La realizzazione degli interventi di manutenzione straordinaria in gallerie esistenti deve essere sempre preceduta da uno studio approfondito dello stato tenso-deformativo dell'ammasso al contorno, già condizionato dallo scavo eseguito, dello stato tenso-deformativo agente nel rivestimento delle gallerie, generalmente molto complesso a causa della storia costruttiva delle gallerie e delle caratteristiche strutturali del rivestimento, identificando ed analizzando le anomalie funzionali e statiche eventualmente presenti.

A partire da questi rilievi, prima di progettare gli

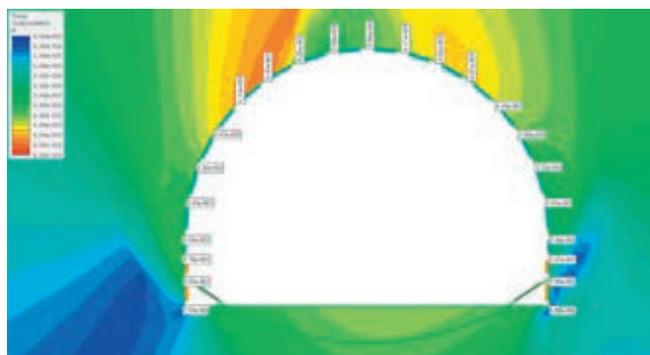


Figure 8 - 9: back-analysis e foto intervento di risanamento

interventi di ristrutturazione della galleria, bisognerà raccogliere tutte le informazioni relative non solo allo stato della galleria in quel momento, ma anche all'evoluzione ed alle modifiche nel tempo della struttura.

Per la valutazione dello stato di sicurezza delle opere esistenti risulta difatti necessaria l'attuazione di campagne di monitoraggio propedeutiche volte ad acquisire una quantità significativa di dati, sulla base dei quali sviluppare lo studio ingegneristico della problematica in oggetto. Il monitoraggio della galleria deve essere volto a determinare le caratteristiche geometriche del cavo, le caratteristiche strutturali con lo spessore del rivestimento definitivo nelle sezioni più singolari e la caratteristica di resistenza del calcestruzzo, nonché lo stato tensionale presente nel rivestimento in esame stesso. Contestualmente alle indagini deve essere condotta un'ispezione visiva delle gallerie nel corso della quale è possibile individuare e classificare eventuali anomalie sulla base delle indicazioni fornite dalla letteratura di riferimento nazionale ed internazionale, distinguendo gli ammaloramenti superficiali dalle situazioni più critiche, che possono essere correlate a sofferenze statiche.

Quando però la galleria presenta problematiche di tipo strutturale, anche locali, tali da condizionare la sicurezza dell'opera, non possono soltanto essere adottati interventi predefiniti per risolvere le anomalie riscontrate, ma risulta necessario determinare i coefficienti di sicurezza della struttura attraverso idonei modelli di calcolo in campo elasto-plastico sviluppati a partire da un approccio di back-analysis necessario

per ricostruire la presunta situazione attuale per le diverse condizioni al contorno (Figura 8).

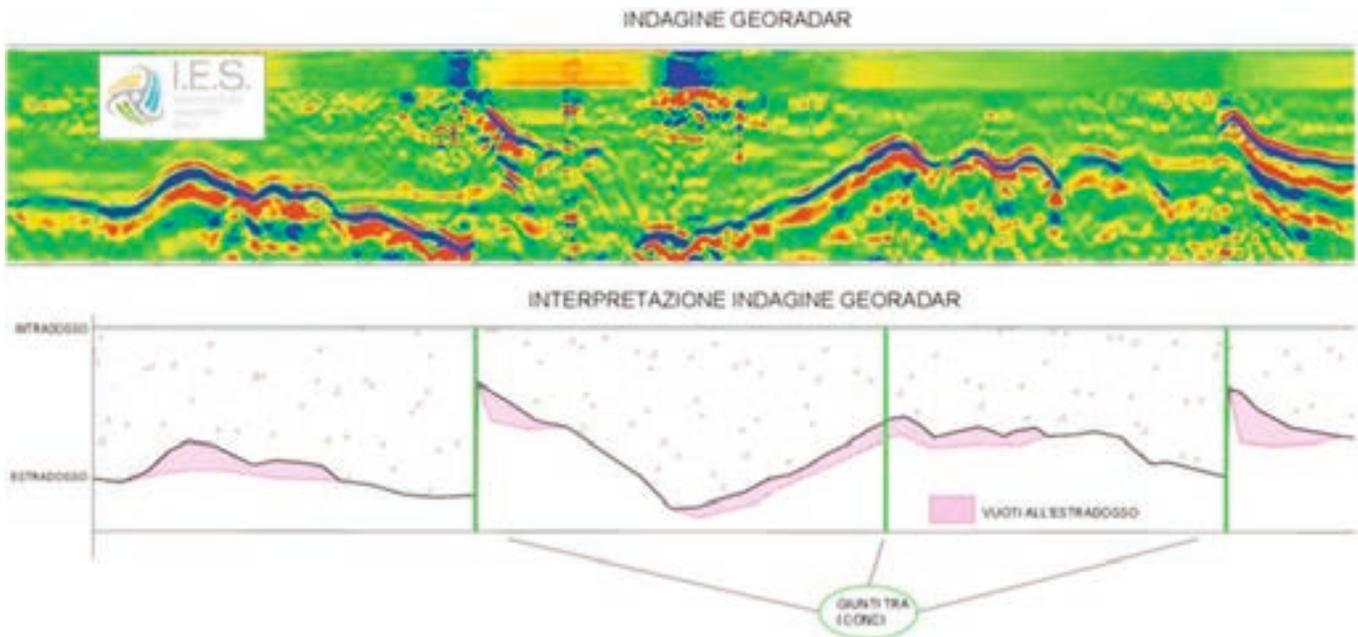
Per poter progettare correttamente gli interventi di ripristino strutturale risulta difatti necessario interrogarsi sulle cause che hanno determinato una specifica problematica, ad esempio causata da modifiche delle condizioni al contorno delle gallerie che, specie in presenza di terreni plasticizzati e materiali ormai degradati, possono mettere in crisi la sicurezza statica delle opere. Tali modelli, capaci di simulare l'interazione della struttura con il terreno circostante, possono fornire la conoscenza del reale coefficiente di sicurezza della galleria ed individuare eventualmente gli interventi di risanamento e l'utilizzo delle tecnologie più opportune per garantire l'incremento dei coefficienti di sicurezza delle opere e la durabilità degli interventi nel lungo periodo.

**Ripristino della sicurezza statica di gallerie esistenti**

Gli interventi di manutenzione straordinaria delle gallerie richiedono sempre l'esecuzione di sopralluoghi ed ispezione visive finalizzati per accertare la presenza e la tipologia di eventuali anomalie e quadri fessurativi.

Per le gallerie che presentano quadri fessurativi diffusi e significativo ammaloramento del rivestimento deve sempre essere condotto un approfondimento conoscitivo della geometria, sia in termini di profili d'intradosso che di spessori, delle caratteristiche di resistenza dell'anello di rivestimento e dell'effettivo stato tensionale del rivestimento definitivo nelle diverse zone della galleria. A tale scopo è quindi necessario pro-

Figura 10: interpretazione indagini georadar



gettare e realizzare una specifica campagna di indagini, costituita da rilievi georadar lungo calotta, reni e piattaforma stradale per investigare la geometria e gli spessori del rivestimento definitivo e dell'arco rovescio, carotaggi di taratura del georadar e per l'esecuzione di prove di resistenza e di carbonatazione in laboratorio finalizzate a determinare le caratteristiche di resistenza e lo stato di degrado del rivestimento e prove di martinetto piatto per ricostruire lo stato tensionale agente nella galleria nelle tratte presumibilmente più sollecitate. Le indagini possono così evidenziare la situazione di grave compromissione del rivestimento definitivo, con la presenza di vuoti a tergo e presenza di sottospessori rispetto a quanto previsto in progetto, probabilmente dovuti alle modalità realizzative dell'opera, e valori di tensione e di resistenza del calcestruzzo estremamente variabili lungo la galleria (Figura 9).

I ridotti spessori e la frequente scarsa qualità del calcestruzzo, impongono di prevedere la realizzazione di interventi di riqualificazione del rivestimento definitivo, tarati sullo stato della galleria e finalizzati al ripristino dell'ade-

guatezza statica dell'opera con adeguati coefficienti di sicurezza. In particolare, nelle tratte più critiche si può prevedere un ripristino del rivestimento definitivo associato al riempimento degli eventuali vuoti mediante betoncino al fine di favorire la corretta redistribuzione delle sollecitazioni sul rivestimento e prevenire forze impulsive dovute ad eventuale caduta di frammenti sovrastanti. L'intervento, dimensionato mediante un modello FEM messo a punto sulla base dei risultati delle indagini, può consistere nell'idrodemolizione del rivestimento esistente per uno spessore adeguato, e nel successivo getto di uno spessore di spritz beton alcalifree armato con centine reticolari accostate che andranno a costituire l'armatura della nuova porzione di rivestimento, collegata al rivestimento esistente mediante inghisaggi per garantire il trasferimento degli sforzi al rivestimento della galleria (Figura 10). Nelle tratte meno ammalorate, l'intervento di rifacimento dello strato superficiale del rivestimento può essere invece sufficiente a garantire il raggiungimento dei coefficienti di sicurezza prefissati.



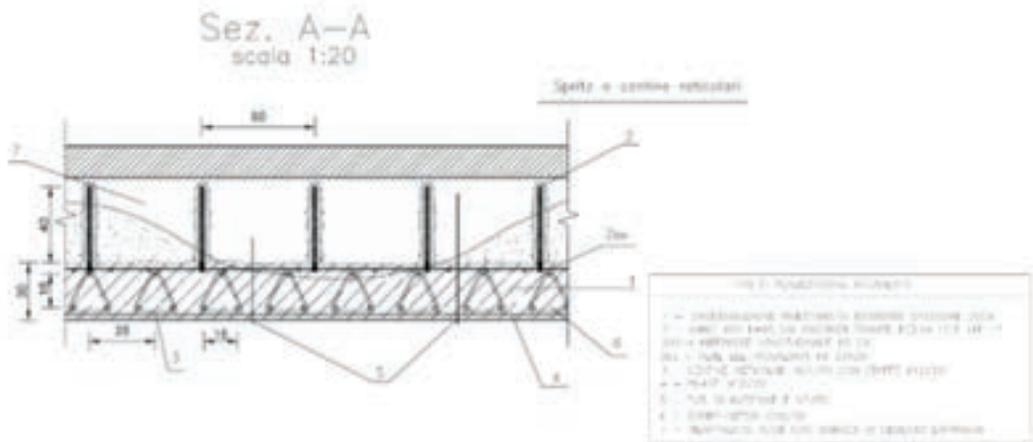


Figura 11:  
interventi di ripristino rivestimento esistente



Figure 12 - 13:  
stato di una galleria che presenta degrado del rivestimento dovuto alla presenza di acqua pre e post-intervento



### Ripristino del rivestimento in presenza di problematiche idrogeologiche

Una differente tipologia di problematica in gallerie esistenti, spesso di tipo estetico/funzionale e non sempre tale da compromettere la statica dell'opera, è relativa alla mancanza o alla rottura della membrana impermeabilizzante tra il rivestimento di prima fase ed il rivestimento definitivo per cui, specie in contesti idrogeologici caratterizzati da terreni con permeabilità medio-alta, può determinarsi la percolazione delle acque all'interno del rivestimento definitivo della galleria. In questi casi possono di conseguenza verificarsi fenomeni di degrado del rivestimento che, nel tempo, riducono la durabilità dell'opera oltre a comportare problematiche per la sicurezza dell'utenza laddove le acque presenti nell'ammasso raggiungono la piattaforma stradale.

A seguito della completa mancanza o della rottura della membrana di impermeabilizzazione le venute d'acqua diffuse, che in un primo momento interessano generalmente zone limitate della galleria, possono arrivare a generare l'ammaloramento del rivestimento definitivo su tratti

molto estesi (Figura 11).

Al fine di ripristinare il rivestimento ed evitare che nel tempo il fenomeno possa generare problematiche di tipo strutturale, risulta quindi necessario progettare un sistema di iniezioni delle lesioni volto a ripristinare lo strato impermeabile a protezione del rivestimento definitivo della galleria. Ad eccezione delle lesioni che si presentano ormai calcificate per effetto della deposizione di carbonato di calcio, possono essere definiti differenti interventi di impermeabilizzazione costituiti da iniezioni di resine ad elevata penetrabilità e resistenza, di tipologia acrilica, epossidica o organo minerale in funzione dello stato del rivestimento e delle problematiche riscontrate.

L'esecuzione di un preliminare ed approfondito campo prove risulta sempre un passaggio di fondamentale importanza per individuare e definire le modalità applicative di intervento (es. distanza tra i fori, angoli di iniezione in relazione alla tipologia delle fessure), ed i volumi di miscela necessari al ripristino dell'impermeabilizzazione della galleria.

Per il ripristino del rivestimento delle gallerie può

essere quindi previsto l'utilizzo delle seguenti tipologie di resine per le differenti tipologie di intervento previste:

- Intervento di sola impermeabilizzazione: utilizzo di resina acrilica, materiale elastico con bassissima viscosità, quindi in grado di penetrare nelle lesioni capillari ed in grado di reagire in qualsiasi condizione, per saturare lesioni con o senza presenza di venute d'acqua o semi asciutte.
- Intervento Strutturale: nel caso di ripristino della continuità strutturale in assenza di venute d'acqua le iniezioni sono costituite da resina epossidica superfluida, materiale in grado di penetrare in lesioni millimetriche grazie alla sua bassa viscosità, e che possiede elevatissime resistenze meccaniche e ottima aderenza al calcestruzzo.
- Intervento Strutturale e di impermeabilizzazione: nel caso di ripristino della continuità strutturale in presenza di venute d'acqua forniscono un'ottima resa le resine organo-minerali, un prodotto bicomponente in grado di reagire anche in presenza d'acqua e nello stesso tempo garantire continuità strutturale, impermeabile e flessibile, in grado di raggiungere resistenze superiori ai 30 MPa dopo poche ore dalla iniezione. Il suo limite risiede nella capacità di penetrazione a causa di una più alta viscosità rispetto alle precedenti

soluzioni, per cui è in grado di saturare lesioni aventi ampiezze millimetriche.

### CONCLUSIONI

In Italia ci sono oltre seicento gallerie molte delle quali costruite prima degli anni '90 ed immerse in terreni spesso molto scadenti. Questa particolare caratteristica impone una particolare attenzione al tema della resilienza delle opere in sotterraneo. L'incremento di resilienza delle gallerie si ottiene principalmente attraverso la ricerca di un miglioramento continuo della sicurezza in esercizio del tunnel (applicando il monitoraggio dinamico delle condizioni di rischio in galleria tramite SCADRA) ed una manutenzione mirata che tenga conto dell'invecchiamento dei materiali da costruzione e dell'interazione dell'opera con l'ambiente, che possono mettere a rischio la stabilità e la funzionalità dell'infrastruttura, nonché la sicurezza degli utenti.

Grazie al progresso tecnico e tecnologico in atto nel campo della sicurezza in esercizio e per la manutenzione di gallerie esistenti si riescono a raggiungere obiettivi di sicurezza e qualità delle opere mai visti in passato.

Il sistema SCADRA per la sicurezza in esercizio e la metodologia proposta per la manutenzione ed il monitoraggio in galleria rappresentano concrete innovazioni per l'incremento della resilienza dei tunnel.







**Il ruolo di ANSFISA  
nella sicurezza delle  
Infrastrutture stradali esistenti**

*a cura di* Ing. Emanuele Renzi

CONVEGNI \* Il ciclo di vita delle strutture e i benefici attesi dai nuovi materiali \*

2° Convegno

Giovedì 2 Dicembre 2021 ore 14:00  
Presso l'ANCE via Guattani, 16 - ROMA



## Il ruolo di ANSFISA nella sicurezza delle Infrastrutture stradali esistenti

Ing. Emanuele RENZI

*Direttore generale per la sicurezza delle infrastrutture stradali e autostradali*



DIREZIONE GENERALE PER LA SICUREZZA DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI E AUTOSTRADALI



Il rischio è un concetto probabilistico, è la probabilità che accada un certo evento capace di causare un danno.

### RISCHIO



#### RISCHIO: Definizioni normative

- La norma ISO 31000:2018 e la ISO Guide 73 definiscono il rischio come «effetto dell'incertezza sugli obiettivi»;
- Rischio è il potenziale accertato di conseguenze negative derivanti da un pericolo. È la probabilità che il potenziale del pericolo di causare danni si realizzi. (Doc ICAO 9859)
- Per rischio si intende la combinazione della probabilità complessiva o della frequenza di accadimento di un effetto dannoso indotto da un pericolo e la gravità di tale effetto (Danno). (Regolamento (UE) 2017/373)
- La combinazione della probabilità di accadimento di un danno e della gravità di quel danno. (UNI EN ISO 12100-1)

#### RISCHIO: Formulazione probabilistica

$$R = (\text{freq}) \times (\text{danno}) = P \times (V \times E) \quad P: \text{pericolosità} \quad V: \text{vulnerabilità} \quad E: \text{esposizione}$$



### SICUREZZA

La SICUREZZA deve intendersi come individuazione e prevenzione del margine di rischio assunto come accettabile





## SICUREZZA

- E' ormai internazionalmente consolidato, sia a livello tecnico-scientifico che normativo, che la "sicurezza" non possa essere raggiunta in maniera certa ed assoluta (inesistenza del c.d. "rischio zero", concetto ormai unanimemente ritenuto superato), ma che costituisca il risultato di un processo più generale di "gestione del rischio", realisticamente e socialmente sostenibile che, sulla base delle conoscenze e risorse disponibili, consenta la programmazione e l'adozione delle misure atte a ricondurre il rischio stesso, entro una soglia ritenuta socialmente accettabile dal legislatore, in un'ottica di risorse limitate (-> max/min vincolato).
- Il più moderno concetto di "rischio", inevitabilmente valutato in termini probabilistici, rappresenta quindi un elemento di guida del processo di gestione ("risk management").

Gli indicatori del rischio devono infatti porsi l'obiettivo di sintetizzare e descrivere in modo più oggettivo ed efficace possibile l'insieme delle condizioni al contorno per guidare il processo verso una diffusa ed uniforme riduzione dei rischi stessi.



## LINEE D'AZIONE DELL'ANSFISA PER INFRASTRUTTURE STRADALI

(Art. 12 DL 109/18 e s.m.i.; norma istitutiva)

**C.1:** (omissis) Fermi i compiti, gli obblighi e le responsabilità degli enti proprietari e dei soggetti gestori in materia di sicurezza, l'Agenzia promuove e assicura la vigilanza sulle condizioni di sicurezza del sistema ferroviario nazionale e delle infrastrutture stradali e autostradali, direttamente sulla base del programma annuale di attività di cui al C. 5bis.

**C.4:** Con riferimento alla sicurezza delle infrastrutture stradali e autostradali e fermi restando i compiti e le responsabilità dei soggetti gestori, l'Agenzia, anche avvalendosi degli altri soggetti pubblici che operano in materia di sicurezza delle infrastrutture:

a) esercita l'attività ispettiva finalizzata alla verifica dell'attività di manutenzione svolta dai gestori, dei relativi risultati e della corretta organizzazione dei processi di manutenzione. [Audit di sistema; Audit di processo], nonché l'attività ispettiva e di verifica a campione sulle infrastrutture [Audit di prodotto], obbligando i gestori, in quanto responsabili dell'utilizzo sicuro delle stesse, a mettere in atto le necessarie misure di controllo del rischio, nonché all'esecuzione dei necessari interventi di messa in sicurezza, dandone comunicazione al MIMS [...]; [Audit di sistema; Audit di processo; Potere di ordinanza; Misure operative; Interventi mitigazione];

b) promuove l'adozione da parte dei gestori delle reti stradali ed autostradali di Sistemi di Gestione della Sicurezza per le attività di verifica e manutenzione delle infrastrutture, certificati da organismi di parte terza riconosciuti dall'Agenzia [SGS Volontari; Esercizio autonomia regolamentare];

c)...



## LINEE D'AZIONE DELL'ANSFISA PER INFRASTRUTTURE STRADALI

(Art. 12 DL 109/18 e s.m.l.: norma istitutiva)

- d) stabilisce, con proprio provvedimento, modalità, contenuti e documenti costituenti la valutazione di impatto sulla sicurezza stradale per i progetti di infrastruttura di cui all'articolo 3 del citato decreto legislativo n. 35 del 2011; [VISS (validazione)]
- e) cura la tenuta dell'elenco dei soggetti che possono effettuare i controlli ai sensi dell'articolo 4 del citato decreto legislativo n.35 del 2011 nonché la relativa attività di formazione, nel rispetto di quanto previsto dall'articolo 9 del medesimo decreto; [Tenuta albo e formazione ispettori]
- f) provvede alla classificazione dei tratti ad elevata concentrazione di incidenti nonché alla classificazione della sicurezza della rete esistente, secondo quanto previsto dall'articolo 5 del citato d. lgs. n. 35 del 2011, anche al fine di definire, con proprio provvedimento, criteri e modalità per l'applicazione delle misure di sicurezza previste dal medesimo decreto; [Classif. Incidentalità e infrastruttura; Esercizio autonomia regolamentare]
- g) effettua, in attuazione del programma annuale di attività di cui al comma 5-bis e comunque ogni qual volta ne ravvisi l'opportunità anche sulla base delle segnalazioni effettuato dal Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibile o di altre pubbliche amministrazioni, le ispezioni di sicurezza con le modalità previste dall'articolo 6 del citato decreto legislativo n. 35 del 2011, anche compiendo verifiche sulle attività di controllo già svolte dai gestori eventualmente effettuando ulteriori verifiche in sito; [Audit di Sistema; Audit di processo; Audit di prodotto]

3



## LINEE D'AZIONE DELL'ANSFISA PER INFRASTRUTTURE STRADALI

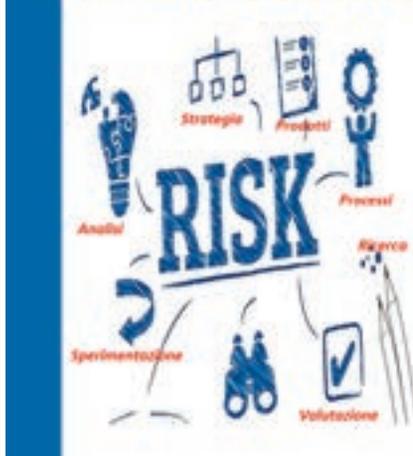
(Art. 12 DL 109/18 e s.m.l.: norma istitutiva)

- h) adotta le misure di sicurezza temporanee da applicare ai tratti di rete stradale interessati da lavori stradali, fissando le modalità di svolgimento delle ispezioni volte ad assicurare la corretta applicazione delle stesse; [Audit di sistema; Potere di ordinanza; Autonomia regolamentare]
- i) sovrintende alla gestione dei dati secondo quanto previsto dall'articolo 7 del citato decreto legislativo n. 35 del 2011; [Regressioni]
- l) ...
- m) svolge attività di studio, ricerca e sperimentazione in materia di sicurezza delle infrastrutture stradali e autostradali. [Programma ricerca; Protocolli intesa]

4



## LINEE D'AZIONE DELL'ANSFISA PER INFRASTRUTTURE STRADALI



Per quanto disposto al co. 4 dell'art. 12 DL 109/18, richiamato nelle diapositive precedenti, e con particolare riferimento ai ponti, l'Agenzia, fermi restando i compiti, gli obblighi e le responsabilità degli enti proprietari e dei soggetti gestori in materia di sicurezza, svolge attività nei seguenti ambiti operativi:

**CONTROLLI A CAMPIONE -SUI PRODOTTI-** - Prodotti Intesi come i singoli manufatti

**CONTROLLI SUI SISTEMI/PROCESSI ADOTTATI DAI GESTORI** - Processi Intesi come sistemi di gestione della sicurezza

**STUDIO RICERCA E SPERIMENTAZIONE** - Nel perseguire gli obiettivi della sicurezza delle infrastrutture stradali, l'Agenzia, all'avvio della propria attività, ha fatto ricorso a competenze derivanti dall'ambito accademico/professionale, con l'instaurazione di collaborazioni allo stato attuale prevalentemente finalizzate alla definizione ed introduzione di procedimenti operativi per le procedure di valutazione del rischio introdotte dalle linee guida ponti adottate con DM 17/12/20 n. 578.

## AZIONI DI ANSFISA PER LA SICUREZZA E LA RESILIENZA SUI PRODOTTI

ANSFISA, formalmente operativa dal novembre 2020, ha intrapreso nei riguardi dei Gestori delle infrastrutture stradali un percorso di **PROMOZIONE** della **SICUREZZA** (che sottende anche la **RESILIENZA**).

L'Agenzia si è attivata in conseguenza ai quesiti posti dalla domanda di utilizzo dei ponti ed in occasione di attività programmate di ispezione e verifica.

Le attività di promozione della sicurezza e di verifica dell'operato dei gestori sui manufatti (prodotti ponti), - in parte affrontate ed in parte da affrontare - si articolano sui seguenti livelli.

- + Individuazione del gestore in quanto responsabile della sicurezza;
- + Conoscenza della struttura dall'origine progettuale ed a seguito di interventi manutentivi di ristrutturazione;
- + Evoluzione della domanda di prestazione dall'origine all'attualità;
- + Conoscenza delle condizioni al contorno idrogeologico dall'origine all'attualità;
- + Valutazione dell'avanzamento del degrado;
- + Stima del rischio ed eventuali azioni di verifica;
- + Eventuale ricorso ad interventi manutentivi straordinari.

Lo strumento normativo/operativo è rappresentato dalle **Linee Guida per la classificazione e la gestione del rischio, la valutazione della sicurezza e il monitoraggio dei ponti esistenti**, approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici il 6/5/2020 ed adottate con D.M. 17/12/2020 n. 578.

Le LL GG sono vigenti per ANAS ed i Concessionari autostradali [e a breve per gli Enti Locali].



## PRIME ESPERIENZE



**Individuazione del gestore in quanto responsabile della sicurezza**

**Operazione talvolta rivelatasi difficoltosa, soprattutto nel caso di visibilità ordinaria interferente e di passaggi di competenze.**

Sulla scorta delle segnalazioni trasmesse all'Agenzia, è possibile individuare, sin d'ora, alcuni aspetti ricorrenti:



**Manufatti a destinazione d'uso non esclusiva:** per tali opere la suddivisione di compiti e responsabilità è definita mediante convenzioni fra co-gestori.



**Opere interferenti con infrastrutture di altro Proprietario / Gestore (es.: Comune vs Provincia), in assenza di convenzioni o altri atti che definiscano competenze e responsabilità.**



**Manufatti soggetti a passaggi di funzioni e compiti fra diverse amministrazioni a partire dal D.lgs. 31/3/1998, n. 112 (dallo Stato alle Regioni ed enti locali), e successivi nenti, rischiano discontinuità nelle attività di manutenzione.**

ING. EMANUELE RENZI



**Conoscenza della struttura dall'origine progettuale a progressi interventi manutentivi di ristrutturazione**

Gli elaborati di progetto delle infrastrutture sono generalmente reperibili, a richiesta, presso gli archivi degli Enti proprietari/gestori. Peraltro, nel caso di opere d'arte non recenti, essi risultano in formato cartaceo, al più digitalizzato. **La acquisizione orientata dei soli documenti necessari alle attività è risultata sovente difficoltosa, con trasmissione di documentazione ridondante, incompleta o non appropriata.**



**Conoscenza delle condizioni al contorno idrogeologico dall'origine all'attualità**

Nelle procedure di classificazione del rischio idraulico o per frana è da sottolineare l'importanza di accedere ai documenti prodotti dalle Autorità di Bacino (P.A.I.; P.S.A.I.) come pure di affidare le osservazioni del contesto morfologico a professionalità esperte.

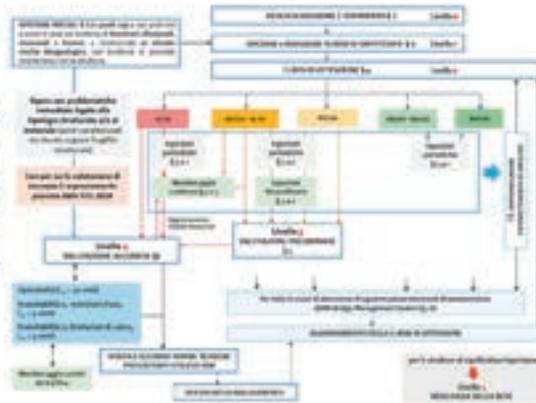
Nelle Linee guida ponti, le opere situate in aree ad elevato rischio idrogeologico, ovvero in aree ad evidenza di fenomeni alluvionali, erosionali o franosi, sono direttamente soggette alla valutazione accurata di sicurezza.





**Stima del rischio ed eventuali azioni conseguenti**

Si ritiene opportuno di ribadire ancora come la classificazione del rischio, e l'eventualità di eseguire valutazioni di sicurezza accurate, a valle delle quali procedere, nel caso, a limitazioni dell'utilizzo dell'infrastruttura e/o alla redazione di un programma di manutenzioni sia di competenza dell'Ente gestore/propietario.



Approccio semplificato e riduzione dei rischi di evento



**ISTRUZIONI OPERATIVE**

ALLE LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO, LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI  
**PARERE CSLP 96 DEL 10/11/2021**

Predisposizione di un documento di indirizzo recente indicazioni sulle modalità operative, per il conseguimento di un'efficace applicazione delle «Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti» adottate dal MMS.

Le Istruzioni Operative non vanno intese in termini di «aggiornamento» o «modifica» delle Linee Guida, bensì come strumento che ne consenta la più ampia, agevole, uniforme ed immediata operatività, anche ai fini di una standardizzazione di approccio da parte dei gestori ai Sistemi di Gestione per le attività di verifica e manutenzione delle infrastrutture, la cui promozione, e successiva certificazione, rientra tra i compiti di questa Agenzia.





## ISTRUZIONI OPERATIVE

ALLE LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO, LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI

Dato che al co.4 lett. m) dell'art. 12 DL 109/2018 è previsto che ANSFISA, tra le diverse attività istituzionali, **svolga anche attività di studio, ricerca e sperimentazione** in materia di sicurezza delle infrastrutture stradali e promuova l'adozione da parte dei gestori di sistemi di gestione della sicurezza, **l'Agenzia ha ritenuto di sottoscrivere ACCORDI E CONVENZIONI CON STRUTTURE UNIVERSITARIE E DI RICERCA**, finalizzate:

- all'elaborazione di prodotti editoriali, linee guida, rapporti, **istruzioni operative**, manuali, commenti, etc. finalizzati a semplificare l'utilizzo di norme e del quadro regolamentare vigente o a chiarire aspetti applicativi delle stesse;

- all'elaborazione di prodotti normativi e strumenti applicativi finalizzati alla sicurezza delle infrastrutture ed alla implementazione, la certificazione e il mantenimento della certificazione dei Sistemi di Gestione della Sicurezza.

La predisposizione di un documento interpretativo e di indirizzo - redatto in forma di **istruzioni operative** inserite nel corpo del testo delle vigenti Linee Guida - ha come obiettivo l'individuazione da parte degli operatori di un comune ed uniforme approccio alla procedura multilivello.

13



## ISTRUZIONI OPERATIVE

ALLE LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO, LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI

Le **Istruzioni Operative** sono state elaborate a seguito dell'avvio da parte dei Concessionari autostradali ed ANAS S.p.A., delle prime attività previste dalle Linee Guida e delle audizioni degli stessi, effettuate da un Gruppo di lavoro istituito con prot. 7046 del 14-7-2021 in seno al Consiglio superiore dei lavori pubblici, i cui risultati sono riassunti in una relazione acquisita a protocollo CSLLPP con n. 225 del 04.11.2021.

Inoltre, nel contesto delle attività per la elaborazione di tali documenti, si è dato corso anche ad una **raccolta di osservazioni nell'ambito dei professionisti** che, avendo ricevuto incarichi di valutazione della sicurezza, avevano già approcciato l'applicazione dei concetti e delle procedure delle Linee Guida ponti esistenti.

Con **parere n. 96/2021 il Consiglio superiore dei lavori pubblici approva le Istruzioni Operative**, redatte da ANSFISA, quale contributo di chiarezza ed uniformità interpretativa delle Linee Guida, ed **estende l'applicabilità delle Linee Guida** a tutte le infrastrutture stradali gestite da enti diversi da Anas S.p.A. o da concessionari autostradali, rappresentando condizione necessaria all'impiego degli ingenti finanziamenti previsti dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza PNRR nel settore delle infrastrutture.

E' stato infatti rilevato come ogni gestore stradale applichi criteri non omogenei e standardizzati per classificare il livello di rischio delle opere d'arte, e pertanto il target relativo alla citata estensione è stato cristallizzato attraverso la milestone definita per dicembre 2021.

14





## LE PRINCIPALI ISTRUZIONI OPERATIVE

### 5.1.1 PREMESSA GENERALE E SCOPO DELLE LINEE GUIDA

Le LLOG si applicano, in maniera coerente da parte dei Gestori e degli enti proprietari di infrastrutture stradali e autostradali, in virtù del decreto di adozione, D.M. n.576 del 17/12/2000.

Le Linee Guida costituiscono comunque riferimento di comprovata validità di cui al §12 delle vigenti Norme tecniche per le costruzioni, esplicitandone le modalità applicative ai ponti esistenti.

Esse pertanto superano, per le opere in corso, le indicazioni in materia riportate dalla Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 19/07/1967, n. 6726/61A1, "Controllo delle condizioni di stabilità delle opere d'arte stradali", aggiornandole sia dai punti di vista amministrativo che tecnico-scientifico al quadro normativo primario e secondario vigente.

Le LLOG sono, inoltre, pienamente utilizzabili, indipendentemente dalla sperimentazione di un sistema di monitoraggio dinamico da applicare su infrastrutture, di cui al comma 1 dell'articolo 14 del D.L. 28/09/2018, n. 109, al termine del quale, ai sensi del comma 3 del medesimo D.L., 28/09/2018, n. 109, potranno essere approvati eventuali adeguamenti alle stesse LLOG.

ISTRUZIONE OPERATIVA 1.1.1

ISTRUZIONE OPERATIVA 1.1.2

Al fine dell'approvazione delle linee guida per **gestione** deve intendersi il soggetto che esplica i compiti indicati dall'art. 14 del decreto legislativo n. 286/1992 (Nuovo Codice delle Strade) tra i quali:

- la manutenzione, gestione e pulizia delle strade, delle loro pertinenze e arredo, nonché delle attrezzature, impianti e servizi;
- il controllo tecnico dell'efficienza delle strade e relative pertinenze;
- il rilascio delle autorizzazioni e delle concessioni.

Il **gestore** quindi è identificato nell'ente proprietario della strada o, per le strade in concessione, nel concessionario, in via generale il rapporto di concessione tra l'ente proprietario ed il concessionario è regolamentato da appositi atti sovvenzionali.

Per le opere di attraversamento delle opere d'arte così come regolamentato dall'art. 25 del decreto legislativo n. 286/1992.



## LE PRINCIPALI ISTRUZIONI OPERATIVE



La Figura 1.1, che illustra l'Approccio multilivello e la relazione tra i livelli di analisi, indica, a seguito dell'adozione di Livello 1, l'applicazione diretta del Livello 4 ("Valutazione accurata" di cui al §6), nei casi in cui la valutazione di sicurezza sia espressamente prevista dalla NTC18.

- Il §6.3 delle NTC18 prevede espressamente che:
- "La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:
- riduzione evidente della capacità resistente o deformativa delle strutture o di alcune sue parti dovute a: significativo degrado a decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi di fondazione, dissestamenti prodotti da azioni ambientali (sema, venti, neve e temperature), da azioni eccezionali (S.E., incendi, esplosioni) o da situazioni di sovrapposizione di carichi anomali;
  - gravi guasti o danni di progetto o di costruzione;
  - cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazioni significative dei carichi verticali o passaggio ad una classe d'uso superiore;
  - esecuzione di interventi non chiaramente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità o ne modifichino la rigidità;
  - ogni qualvolta si esegua gli interventi strutturali di cui al § 5.4 (interventi di riparazione o locali, interventi di miglioramento, interventi di adeguamento);
  - opere realizzate in assenza o difformità del titolo abilitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione."

È evidente che la procedura multilivello, **multisubiettiva, multicriterio** (quindi **multistrutturale**) prevista dalla LLOG sia funzionale a determinare una classificazione ad una **prioritizzazione**, in funzione del rischio, delle attività di competenza del gestore proprio nei casi previsti dal primo punto previsto dalla NTC18. L'applicazione della LLOG è quindi finalizzata, nel caso specifico dei ponti esistenti, a definire in maniera quantitativa, basandosi sulla valutazione del rischio e sull'acquisizione progressiva di conoscenza, la "misurazione evidente della capacità resistente allo ...", indicata in maniera generale dalla NTC.

La valutazione quantitativa si attua attraverso la valutazione accurata di Livello 4, che si attua direttamente, ai sensi della NTC18, nei casi di evidente o innalzato e comprovato rischio, oppure negli altri casi previsti dal §6.3 della NTC.



## LE PRINCIPALI ISTRUZIONI OPERATIVE



ISTRUZIONE OPERATIVA 1.3.3

Il §1.5 delle LLGG (priorizzazione), ribadisce chiaramente "... l'importanza di definire parametri e criteri [...] che permettano di individuare le priorità con cui eseguire le attività di censimento, ispezione e classificazione, di avviare contestualmente al progredire di ciascuna attività."

Tale principio, salvo i casi ovviamente di immediato comprovato rischio, è generale e si applica anche ai ponti per i quali, a seguito della procedura prevista dalle LLGG, si debba programmare la valutazione accurata di sicurezza ed, in seguito agli esiti delle stesse, gli eventuali interventi.

Pertanto, in esito all'applicazione delle procedure previste dalle LLGG, è necessario che il gestore o l'ente proprietario programmi e determini, nell'ambito delle proprie responsabilità, le **priorità di valutazione e/o di intervento**, sulla base di opportuni criteri ed analisi quantitative di rischio (intrinseco ed estrinseco) effettuati dal gestore stesso, delle conseguenze sulla circolazione e sull'esercizio dell'infrastruttura (ad es. in termini di traffico ed incidentità, anche indotte su reti non direttamente gestite), oltre che in base alle risorse effettivamente disponibili.

Dette analisi di rischio devono condurre ad una razionale e motivata situazione e programmazione delle azioni attuative delle LLGG, nell'ottica di una reale riduzione diffusa del rischio in regime di risorse limitate.

I criteri che i gestori o gli enti proprietari adottano, nell'ambito della loro discrezionalità, competenza tecnica e conoscenza delle infrastrutture e delle reti da essi gestite, devono fare riferimento ai principi generali di analisi e gestione del rischio, ai Sistemi di Gestione della Sicurezza delle Infrastrutture Stradali e Autostradali (di cui alle emanande LLGG ANSFISA), ai principi riportati nelle presenti LLGG, **anche secondo indicazioni esemplificative che potranno essere adottate come elemento di maggiore uniformazione.**

17



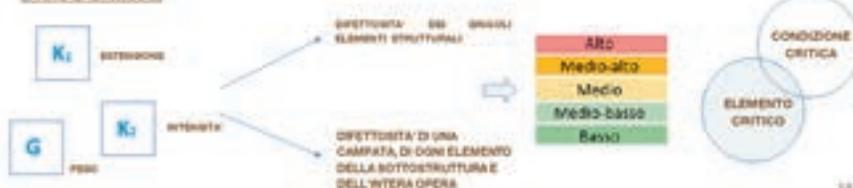
## LE PRINCIPALI ISTRUZIONI OPERATIVE



ISTRUZIONE OPERATIVA 4.2.1

In caso di parità di CdA, con il fine di **programmare** le azioni conseguenti alla classificazione (ad es. valutazioni accurate, priorità di interventi, ecc.), l'ente gestore/propietario adotti opportuni criteri per introdurre una pianificazione all'interno delle singole classi. Si potrà, ad esempio, attribuire **priorità** alle strutture ricadenti nella classe di vulnerabilità maggiore se il Ponte 1 è caratterizzato da classe di pericolosità ALTA e classe di vulnerabilità MEDIA, mentre il Ponte 2 da classe di pericolosità MEDIA e classe di vulnerabilità ALTA e, in accordo con la Tabella 4.10, entrambi i ponti ricadono in CdA ALTA, può essere opportuno attribuire la priorità di interventi al Ponte 2 rispetto al Ponte 1.

Livello di difettosità



18





## LE PRINCIPALI ISTRUZIONI OPERATIVE

1. ANALISI DEL RISCHIO

2. VERIFICA DI STATO

3. PIANO DI ATTENUAZIONE

4. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- rottura evidente della capacità resistente o deformativa della struttura o di alcune sue parti strutturali; significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali; deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperature) da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ad uso anormale;
- gravi errori di progetto o di costruzione; cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazioni significative dei carichi stabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore; esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità o ne modifichino la rigidità.



**ISTRUZIONE OPERATIVA 4.1.1**

Il primo punto dell'elenco precedente, che richiama le condizioni nelle quali è obbligatoria l'esecuzione delle verifiche di sicurezza come elencate nel Cap. 8.3 "VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA" della NTC 2018, riguarda la presenza di condizioni e di uno stato di degrado **da constatare in fase di ispezione** (come prevista al Livello 1 della LL00). A tal fine si effettua l'ispezione dell'opera e la compilazione della scheda olistologica per la caratterizzazione dello stato di degrado, e di quello relativo al rischio fare ad idraulico, proprio per evidenziare eventuali danneggiamenti presenti e supporto della decisione di procedere con la valutazione della sicurezza.

In merito al secondo, terzo e quarto punto dell'elenco, si fa invece riferimento ad una serie di interventi e modifiche che l'opera potrebbe aver subito nel tempo, sulle quali si reperiscono informazioni durante la fase di Livello 0.



## LE PRINCIPALI ISTRUZIONI OPERATIVE

ISTRUZIONE OPERATIVA 4.2.1

L'Ente Gestore deve chiaramente analizzare criticamente la genesi della valutazione della classe di attenzione, sia sulla base del risultato ottenuto per il singolo rischio, statico-fondazionale, sismico, idraulico, frane, sia sulla base delle criticità che hanno portato alle singole valutazioni, classe di pericolosità, stadi di vulnerabilità, classe di esposizione, **planificando le operazioni conseguenti, previste dalle Linee Guida, proprio sulla base dell'analisi di tali criticità.**

In qualsiasi caso, tutte le possibili operazioni che sottostanno alla determinazione della CdA e della sua natura, possono essere pianificate, stabilendo un ordine di priorità delle stesse sulla base:

- della CdA ottenuta e della sua genesi, ovvero sulle criticità riscontrate;
- della possibilità di poter monitorare, controllare e gestire l'evoluzione dei fenomeni che inducono i danneggiamenti, progressioni della struttura o dei fenomeni di degrado che caratterizza la struttura stessa;
- dell'importanza e della strategicità della struttura come parte della rete nella quale è localizzata.

LE ISTRUZIONI OPERATIVE SONO UN VALIDO SUPPORTO PER I GESTORI/PROPRIETARI DELLE INFRASTRUTTURE IN QUANTO CHIARISCONO E MEGLIO PRECISANO LA METODOLOGIA DESCRITTA NELLE LINEE GUIDA CHE SPESSE POTREBBE COMPORRE RILEVANTI ERRORI IN ECCESSO, CON CONSEGUENTE CATALOGAZIONE DELLE OPERE IN CLASSE -ALTA-, FONDAMENTALE LA DEFINIZIONE DI PARAMETRI E CRITERI CHE DEFINISCONO LA CORRETTA PRIORIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI DA ESEGUIRE.

| CATEGORIA OPERAZIONE | Rischio a conseguenze di seguito |      | Rischio di emergenza |      | Situazione normale, ad |      | Rischio a |
|----------------------|----------------------------------|------|----------------------|------|------------------------|------|-----------|
|                      | ALTA                             | ALTA | ALTA                 | ALTA | ALTA                   | ALTA |           |
| ALTA                 | ALTA                             | ALTA | ALTA                 | ALTA | ALTA                   | ALTA | ALTA      |
| ALTA                 | ALTA                             | ALTA | ALTA                 | ALTA | ALTA                   | ALTA | ALTA      |
| ALTA                 | ALTA                             | ALTA | ALTA                 | ALTA | ALTA                   | ALTA | ALTA      |
| ALTA                 | ALTA                             | ALTA | ALTA                 | ALTA | ALTA                   | ALTA | ALTA      |
| ALTA                 | ALTA                             | ALTA | ALTA                 | ALTA | ALTA                   | ALTA | ALTA      |



## IL PROGRAMMA DI VIGILANZA DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI E AUTOSTRADALI



- L'ARTICOLO 12, DEL DECRETO-LEGGE 28 SETTEMBRE 2018, N.108, CONVERTITO, CON MODIFICAZIONI, DALLA LEGGE 18 NOVEMBRE 2018, N.130, ha istituito l'Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie e delle Infrastrutture Stradali e Autostradali, ANSFISA, con i compiti di promuovere e assicurare la vigilanza sulle condizioni di sicurezza del sistema ferroviario nazionale, delle infrastrutture stradali e autostradali e dei sistemi di trasporto rapido di massa.
- L'ARTICOLO 60, COMMA 1, LETTERA C) DEL DL N. 77/2021, COMMA 5-BIS, ha ampliato le competenze dell'Agenzia con le attività previste dal D.Lgs n. 35 del 2011 e ha disposto che "L'Agenzia nazionale per la sicurezza delle ferrovie e delle infrastrutture stradali e autostradali adotta, entro il 31 dicembre di ciascun anno, il programma delle attività di vigilanza dirette dall'Agenzia sulle condizioni di sicurezza delle infrastrutture stradali e autostradali, da espletarsi nel corso dell'anno successivo, dandone comunicazione al Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile ed alla Commissione di cui all'articolo 4 del decreto legislativo 5 ottobre 2008, n. 254. Relativamente alle attività dell'anno 2021, il programma di cui al primo periodo è adottato entro il 31 agosto 2021.
- Da ultimo il DECRETO LEGGE N. 121 DEL 10 SETTEMBRE 2021, ha ampliato ulteriormente le competenze dell'Agenzia e, con l'articolo 5, ha trasferito alla stessa le funzioni esercitate dagli uffici speciali trasporti e impianti fissi (USTIF) del MIMS.

### RIFERIMENTO NORMATIVO





## RETE INFRASTRUTTURALE VIARIA ITALIANA

E' possibile classificare la rete viaria sulla base di 4 grandi soggetti gestori: 1) Comuni, 2) Regioni, Province e Città Metropolitane, 3) ANAS S.p.A. per le Strade Statali e 4) Società Concessionarie Autostradali (compresa ANAS S.p.A. per la parte relativa alle Autostrade e i Raccordi autostradali di competenza).

| Tipologia di Gestore                   | N° gestori   | Km tratte      | Incidenza %    |
|--|--------------|----------------|----------------|
| Comuni                                 | 7.904        | 666.673        | 79,64%         |
| Regioni, Province, Città metropolitane | 123          | 135.601        | 16,16%         |
| Strade Statali ANAS                    | 1            | 27.250         | 3,25%          |
| Concessionarie Autostradali            | 27           | 8.006          | 0,95%          |
| <b>TOTALE</b>                          | <b>8.055</b> | <b>838.529</b> | <b>100,00%</b> |

Km di infrastruttura viaria per tipologia di gestore



I dati relativi al km delle tratte sono stati acquisiti direttamente da ANSFISA ad eccezione dei km di quelle gestite da Regioni, Province e Città Metropolitane e di quelle gestite dai Comuni stessi sulla base dei dati riportati dal CNIT nazionale.

23



## PRINCIPI DEL PROGRAMMA ANNUALE

Il Programma annuale 2021 è stato adottato con Decreto Direttoriale del 20 luglio 2021 e trasmesso al MIMS.

Esso si pone l'obiettivo di definire le modalità e le tempistiche di svolgimento della vigilanza diretta da parte dell'Agenzia sull'attività di manutenzione svolta dai gestori.

La verifica delle attività dei gestori prevede:

- **analisi dell'adeguatezza dei Sistemi di Gestione della Sicurezza (SGS)** adottati dai gestori stessi. Attraverso Audit adeguatamente mirati, programmati e condotti sarà verificata la corretta organizzazione dei processi di manutenzione e promuovere l'adozione di Sistemi di Gestione della Sicurezza anche attraverso il miglioramento continuo di quanto già previsto dai gestori stessi;
- **fattività ispettiva e di verifica a campione** finalizzata alla verifica dell'attività di manutenzione operata dai gestori, sulla base della loro organizzazione dei processi, dei risultati ottenuti in termini di adeguatezza dei loro sistemi di sorveglianza (pensamento, classificazione del rischio, valutazione della sicurezza e monitoraggio) e, più in generale, il rispetto della normativa specifica di settore.

24



## ARTICOLAZIONE DEL PROGRAMMA ANNUALE 2021

Il Programma annuale è articolato secondo n.6 principali categorie:

- 1 AUDIT SUI SISTEMI DI GESTIONE DELLA SICUREZZA
- 2 ATTIVITÀ ISPETTIVA DI CAMPO
- 3 ISPEZIONI SULLE GALLERIE AI SENSI DEL D.LGS. 264/2008
- 4 ATTIVITÀ ISPETTIVA SU PONTI MOBILI
- 5 ISPEZIONI SU SEGNALAZIONI
- 6 ATTIVITÀ DI CUI AL D.Lgs 35/2011

Le attività ispettive, a prescindere dal relativo esito, non esimano il Gestore dalle responsabilità che leggi e atti regolamentari comunque denominati attribuiscono allo stesso in quanto unico responsabile dell'utilizzo sicuro delle infrastrutture.

25



## CRITERI DI SCELTA DELLE TRATTE DA VERIFICARE

L'individuazione delle tratte oggetto di vigilanza diretta dell'Agenzia è stata effettuata considerando diversi parametri, primo fra tutti un'analisi della valutazione del rischio fondata sulle informazioni al momento disponibili.

Al fine di modulare e verificare la adeguatezza delle attività di verifica predisposte dall'Agenzia si è preferito, per il primo anno di attività, concentrarsi su gestori che abbiano già una **organizzazione maggiormente strutturata** e che gestiscono le tratte autostradali e stradali nazionali di maggiore importanza, traffico ed impatto. Pertanto, si è scelto di svolgere le verifiche sui **concessionari autostradali e su ANAS**, gestore della rete statale. Per quanto riguarda la scelta delle tratte si sono rispettati i seguenti criteri:

- **criterio geografico** per avere un primo quadro il più possibile esaustivo sull'intero territorio nazionale (con particolare riguardo agli assi stradali di comunicazione internazionale);
- **condizioni climatiche**, al fine di valutare gli effetti sull'opera dei cicli termici, dei trattamenti antigeli e della vicinanza al mare;
- **presenza di opere d'arte significative**;
- **epoca di costruzione** come riferimento delle norme tecniche applicate al progetto;
- **itinerario alternativo alle autostrade**, caratterizzate da un elevato volume di traffico.

26





## NUMERI DEL PROGRAMMA ANNUALE 2021

Il Programma annuale per l'anno 2021 in particolare ha previsto:

- n. 5 Audit di Sistema;
- n. 13 ispezioni in situ per complessivi 190 km, 274 Opere d'Arte tra ponti e cavalcavia e circa 40 gallerie;
- n. 1 ispezione su ponti mobili;
- n. 5 ispezioni in galleria al mese ai sensi del D.Lgs 264/2006 a partire da giugno 2021;
- ispezioni derivanti da segnalazioni degli utenti e per incidenti.

Tali verifiche vedono coinvolte n. 33 unità tra funzionari e professionisti ingegneri dipendenti dell'Agenzia suddivisi in n. 11 Commissioni Ispettive/Audit SGS.







**Il ruolo del Coordinatore della  
Sicurezza in fase di esecuzione.  
Opere pubbliche**

*a cura di* **Ing. Massimo Cerri**



Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Roma

Seminario 2 Dicembre 2021

**Il ruolo del Coordinatore della Sicurezza  
in fase di esecuzione. Opere pubbliche.**

Relatore: Ing. Massimo Cerri

2 Dicembre 2021



- **Indice degli argomenti:**
- I 3 livelli di progettazione ed il PSC
- Andamento infortunistico
- Il ruolo del CEL rispetto alle altre figure di Cantiere
- Obblighi per COVID-19: Costi o Oneri della Sicurezza?



**La Gestione della  
Sicurezza negli  
appalti pubblici**

**Approfondimento**



**Il ruolo del RUP  
I livelli di progettazione  
Il P.S.C.**



### Linea Guida ANAC n. 3

#### 6. Compiti del RUP per i lavori nella fase di esecuzione

##### Il responsabile del procedimento:

- supervisore al direttore dei lavori, con disposizione di servizio, le istruzioni occorrenti a garantire la regolarità dei lavori. Avvicina il direttore dei lavori alla consegna dei lavori e svolge le attività di accreditamento della ditta e effettivo inizio, nonché di ogni altra attività di realizzazione degli stessi;
- provvede, sotto il direttore dei lavori e il coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, a verificare che l'esecutore corrisponda alle imprese coinvolte nei conti della sicurezza relativi alle prestazioni affidate in subappalto, senza alcun obbligo;
- adotta gli atti di competenza a seguito delle richieste e delle segnalazioni del coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione sotto il direttore dei lavori, lubrificando tali figure con emendamenti;
- verifica, su delega del soggetto di cui all'articolo 36, comma 3, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 48, i compiti ex post, qualora non sia prevista la predisposizione del piano di sicurezza e di coordinamento;

Promozione della cooperazione e del coordinamento, Elaborazione DUVRI



#### 6. Compiti del RUP per i lavori nella fase di esecuzione

- verifica il grado di responsabilità dei lavori, ai fini del rispetto delle norme sulla sicurezza e salute dei lavoratori sui luoghi di lavoro. Il RUP, nello svolgimento dell'incarico di responsabile dei lavori, adotta idonee iniziative e senza attendere i comandi e le responsabilità di cui agli articoli 90, 93, comma 2, 99, comma 1, e 104, comma 1, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 48 richiede la nomina del coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione e del coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori e vigila sulla loro attività;
- verifica la congruità dei lavori, tenendo conto delle eventuali proposte approvate dal piano di sicurezza e di coordinamento formulate dagli operatori economici, quando tale piano sia previsto ai sensi del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 48;
- trasmette agli organi competenti dell'amministrazione aggiudicatrice, sotto il direttore dei lavori, la proposta del coordinatore per l'esecuzione dei lavori relativa alle sospensioni, al dimissionamento dell'esecutore o dei subappaltatori o dei lavoratori ritenuti dal cantiere o alla evoluzione del contratto;

### Linea Guida ANAC n. 3

#### 6. Compiti del RUP per i lavori nella fase di esecuzione

- all'esito positivo del collaudo o della verifica di conformità rilascia il certificato di pagamento ai sensi dell'art. 113-bis, comma 3, del codice;
- rilascia all'impresa affidataria copia conforme del certificato di ultimazione dei lavori stesso del direttore dei lavori;
- conferma il certificato di regolare esecuzione abbinato dal direttore dei lavori nei casi in cui la stazione appaltante non abbia concluso l'accordo di collaudo ai sensi dell'art. 103, comma 2, del Codice;

Nella fase dell'esecuzione, il RUP, avvalendosi del direttore dei lavori, assiste a tutte le attività finalizzate alla realizzazione degli interventi affidati, assicurando che le stesse siano svolte nell'osservanza delle disposizioni di legge, in particolare di quelle in materia di sicurezza e salute sui luoghi di lavoro, e garantendo il rispetto dei tempi di esecuzione previsti nel contratto e la qualità delle prestazioni.



## Codice degli appalti D. Lgs. 50/2016 e smi

### Art. 23. Livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi

1. La progettazione in materia di lavori pubblici si articola, secondo tre livelli di successivi approfondimenti tecnici, in progetto di fattibilità tecnica ed economica, progetto definitivo e progetto esecutivo ed è intesa ad assicurare:

- il soddisfacimento dei fabbisogni della collettività;
- la qualità architettonica e tecnico funzionale e di relazione nel contesto dell'opera;
- la conformità alle norme antismisura, urbanistiche e di tutela dei beni culturali e paesaggistici, nonché il diritto di quieto godimento dalla molestia in materia di tutela della salute e della sicurezza di un limitato consumo del suolo;
- il rispetto dei vincoli idrogeologici, sismici e forestali nonché degli altri vincoli esistenti;
- il risparmio e l'efficiamento ed il risparmio energetico nella realizzazione e nella successiva vita dell'opera, nonché la valutazione del ciclo di vita e della manutenzione delle opere. *[disposizione modificata dal D.lgs. 56-2017 in vigore dal 20-5-2017]*
- la compatibilità con le preesistenze archeologiche;
- la razionalizzazione delle attività di progettazione e delle conseguenti verifiche attraverso il progresso uso di metodi e strumenti elettronici specifici quali quelli di modellazione per l'edilizia e la infrastrutture;
- la compatibilitàologica, geomorfologica, idrogeologica dell'opera;
- l'accessibilità e adattabilità secondo quanto previsto dalle disposizioni vigenti in materia di barriere architettoniche;

## Codice degli appalti D. Lgs. 50/2016 e smi – segue art. 23

3. Con decreto del Ministro delle Infrastrutture e Trasporti, su proposta del Consiglio superiore dei lavori pubblici, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e del Ministro dei beni e delle attività culturali e del turismo sono definiti i contenuti della progettazione nei tre livelli progettuali. Con il decreto di cui al primo periodo e, altresì, determinato il contenuto minimo del quadro esecutivo che devono predisporre le stazioni appaltanti. Fino alla data di entrata in vigore di detto decreto, si applica l'articolo 236, comma 4. *[disposizione modificata dal D.lgs. 56-2017 in vigore dal 20-5-2017]*

### TITOLO III - DISPOSIZIONI TRANSITORIE, DI COORDINAMENTO E ABROGAZIONI

#### Art. 218. Disposizioni transitorie e di coordinamento

4. Fino alla data di entrata in vigore del decreto di cui all'articolo 23, comma 1, continuano ad applicarsi le disposizioni di cui alla parte II, titolo II, capo I, nonché gli allegati e le parti di allegati in richiamate del decreto del Presidente della Repubblica 5 gennaio 2010, n. 207. Fino all'adozione delle tabelle di cui all'articolo 23, comma 1b), continuano ad applicarsi le disposizioni di cui ai decreti ministeriali già emanati in materia. Fino alla data di entrata in vigore del decreto di cui all'articolo 23, comma 3-b), i contenuti di lavori di manutenzione ordinaria possono essere affidati, nel rispetto delle procedure di scelta del contraente previste dal presente codice, sulla base del progetto definitivo costituito almeno da una relazione generale, dall'elenco dei prezzi unitari delle lavorazioni previste, dal computo metrico-estimativo, dal piano di sicurezza e di coordinamento con l'individuazione analitica dei rischi della situazione da non essere trattata a rischio. Fino alla data di entrata in vigore del medesimo decreto, l'esecuzione dei lavori può prescindere dall'avvenuta redazione e approvazione del progetto esecutivo, qualora si tratti di lavori di manutenzione, ad esclusione degli interventi di manutenzione che prevedono il ricorso a la sostituzione di parti strutturali delle opere. Resta ferma la predisposizione del piano di sicurezza e di coordinamento con l'individuazione analitica dei costi della sicurezza da non sottoporre a rischio. *[disposizione modificata dal D.lgs. 56-2017 in vigore dal 20-5-2017]*

## DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 5 OTTOBRE 2010 N. 207

### SEZIONE II - PROGETTO PRELIMINARE

Art. 27. Documenti componenti il progetto preliminare

1. Il progetto preliminare definisce le caratteristiche qualitative e funzionali dei lavori, il quadro delle esigenze di affidamento e delle specifiche prestazioni da fornire nel rispetto delle indicazioni del documento preliminare alla progettazione, evidenzia le aree soggette, le relative eventuali fasce di rispetto e le eventuali zone di salvaguardia, nonché le specifiche funzionali ed i lavori di spesa delle opere da realizzare, per ciascuno il limite di spesa per gli eventuali interventi e misure compensative dell'aspetto tecnico e sociale e per le infrastrutture ed opere connesse, necessarie alla realizzazione. Il progetto preliminare stabilisce i pericoli e le caratteristiche più significative degli elaborati dei necessari livelli di progettazione, su base delle dimensioni economiche e della tipologia e categoria dell'intervento, ed è composto dai seguenti elaborati, salva diversa autorità determinativa del responsabile del procedimento ai sensi dell'articolo 15, comma 3, anche con riferimento alla loro articolazione:

- a) relazione illustrativa;
- b) relazione tecnica;
- c) studio di possibilità esecutive;
- d) studi necessari per un adeguato conoscenza del contesto in cui è inserita l'opera, corredati da dati filologici, accertamenti ed indagini preliminari - quali quelle relative archeologiche, ambientali, topografiche, geologiche, idrologiche, idrauliche, geomorfiche e sulle condizioni e relative relazioni ed elaborati geodati - atti a permettere ad essa completa conoscenza del contesto ed in particolare delle aree soggette;
- e) planimetrie perimetrali e di ubicazione generali.

f) piano antismisura e misure finalizzate alla tutela della salute e sicurezza dei luoghi di lavoro per le opere nei luoghi di intervento con i contenuti minimi di cui al comma 2;

g) calcolo economico delle opere;

h) quadro economico di progetto;

i) piani particolare preliminari delle aree a rischio di consumo degli immobili;



## SEZIONE II - PROGETTO PRELIMINARE

Art. 27 Documenti componenti il progetto preliminare

2. I contenuti sopra indicati, elaborati di cui al comma 1, lettera f), sono i seguenti:
    - a) l'individuazione e la descrizione dell'opera, esplicata con:
      - i) la localizzazione del cantiere e la descrizione del cantiere in cui è prevista l'area di cantiere;
      - ii) una descrizione sintetica dell'opera, con riferimento alle scelte progettuali preliminari individuate nella relazione di cui agli articoli 19 e 20;
      - iii) una relazione sintetica concernente l'individuazione, l'analisi e la valutazione del rischio in riferimento all'uso ed all'organizzazione dello specifico cantiere nonché alle lavorazioni coinvolte;
      - iv) le scelte progettuali ed organizzative, le procedure e le misure preventive e protettive, in riferimento all'uso di cantiere, all'organizzazione del cantiere, e alle lavorazioni;
    - b) la stima economica dei costi della sicurezza, derivante in relazione all'opera da realizzare sulle note degli elementi di cui all'articolo 20, a) e c) secondo la modalità di cui all'articolo 22, comma 1, secondo periodo;
  3. Quando il progetto abbia essere posto a base di GARE BANCHE APERTE di cui all'articolo 33, comma 1, lettera c), del codice e di una concessione di lavori pubblici:
    - a) sono elaborate, sulle aree interessate dall'intervento, le indagini necessarie quali quelle geologiche, idrologiche, idrauliche, geotecniche, nonché archeologiche e sulle interazioni e sono redatti la relativa relazione ed elaborati grafici nonché la relazione tecnica sulle aree di competenza degli enti di cui al comma 1, lettera f);
    - b) è redatto un capitolato speciale descrittivo e prescrittivo;
    - c) è redatto un bilancio di cantiere.
- L'elaborato di cui al comma 1, lettera f), contenente la stima economica dei costi della sicurezza da indicarsi nel bando di gara, nell'atto di gara o nella lettera di invito, è allegato al contratto, senza tuttavia l'aggiornamento del contratto con il piano di sicurezza e coinvolgimento di cui all'articolo 20 del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 48, pertinenti e conosciuti dal progetto esecutivo.

in sede di esecutiva contenente le azioni, indicate tutti gli elementi necessari ai fini dei necessari titoli abilitativi, dell'accertamento di condizioni tecniche e di altro atto equivalente inoltre sviluppa gli elaborati grafici e descrittivi nonché i calcoli ed un livello di definizione tale da permettere l'aggiornata progettazione esecutiva non a ulteriore aggiornamento dell'opera tecnica e di costo.

2. È in compenso a questo abilitativo, sulla stessa motivata determinazione del responsabile del procedimento di cui all'articolo 15, comma 3, anche con riferimento alla loro attivazione:

- a) relazione generale;
- b) relazioni tecniche e relazioni specialistiche;
- c) bilanci pianificatori e studi dettagliati di movimento sotterraneo;
- d) elaborati grafici;
- e) studio di impatto ambientale ove previsto dalle vigenti normative ovvero studi di fattibilità ambientale;
- f) calcolo delle strutture e degli impianti secondo quanto specificato all'articolo 25, comma 1, lettera b) ed c);
- g) discipline descrittive e prescrittive degli elementi tecnici;
- h) movimento e progetto di costruzione delle opere/azioni;
- i) piano particolare di impiego;
- l) elenco dei prezzi unitari ed eventuali analisi;
- m) progetto grafico-esecutivo;

Il aggiornamento del documento contenente le misure indicazioni e disposizioni per la crescita dei costi di sicurezza;

o) quadro economico con l'indicazione dei costi della sicurezza derivanti sulla base del documento di cui al comma 1.

## SEZIONE III - PROGETTO DEFINITIVO

Art. 28 Documenti componenti il progetto definitivo

3. Quando il progetto definitivo è redatto a base di gara ai sensi dell'articolo 33, comma 1, lettera b), del codice senza neanche la presenza della previa approvazione della procedura valutativa di impatto ambientale se richiesta, su sollecitazione del disciplinare di cui all'articolo 30, il progetto è corredato dall'elenco di contratti e del capitolato speciale di appalto relativi con le modalità indicate all'articolo 43 nonché dal piano di sicurezza e di coinvolgimento di cui all'articolo 20 del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 48, sulla base del quale determinano il costo della sicurezza. Le misure di carattere preventivo, tecniche, che il concessionario dovrà indicare, al momento dell'offerta, la sede di redazione del progetto esecutivo, nonché i tempi della progettazione esecutiva e le modalità di controllo, da parte del responsabile del procedimento del rispetto delle indicazioni del progetto definitivo, anche ai fini di quanto disposto dall'articolo 111, comma 1, del codice.



## Linee guida

per la redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica da porre a base dell'affidamento di contratti pubblici di lavori del PNRR e del PNC.

(Art. 48, comma 7, del decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, convertito nella legge 29 luglio 2021, n. 228)

**3.2 Contenuti ed elaborati del progetto di fattibilità tecnica ed economica** Il progetto di fattibilità tecnica ed economica, in relazione alle dimensioni, alla tipologia ed alla categoria dell'intervento (fatta salva diversa disposizione opportunamente adottata dal RUP in sede di DIP, secondo un auspicabile approccio "artoriale", cucito addosso al caso in specie) è in linea generale composto dai seguenti elaborati, anche con riferimento alla loro articolazione:

1. relazione generale;
2. relazione tecnica, corredata da rilievi, accertamenti, indagini e studi specialistici;
3. relazione di verifica preventiva dell'interesse archeologico (art. 28 comma 4 del D.lgs. 43/2004, per la procedura D. Lgs. 50/2016 art. 25, c. 5) ed eventuali indagini dirette sul terreno secondo quanto indicato nell'art. 25, c. 4 del D.lgs. 50/2016;
4. studio di impatto ambientale, per le opere soggette a VIA;
5. relazione di sostenibilità dell'opera;
6. rilievi plan-altimetrici e stato di consistenza delle opere esistenti e di quelle interferenti nell'immediato intorno dell'opera da progettare;
7. elaborati grafici delle opere, nelle scale adeguate;
8. computo estimativo dell'opera, in attuazione dell'articolo 51, comma 14 bis, del Codice;
9. quadro economico di progetto;
10. piano economico e finanziario di massima, per le opere da realizzare mediante Partenariato Pubblico-Privato;
11. schema di contratto;
12. risultato speciale d'appalto;
13. cronoprogramma;
14. **piano di sicurezza e di coordinamento, finalizzato alla tutela della salute e sicurezza dei lavoratori nei cantieri, ai sensi del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e successive modificazioni ed integrazioni, nonché in applicazione dei vigenti accordi sindacali in materia. Stima dei costi della sicurezza;**
15. cartellone informativo (appaltativo);
16. piano preliminare di manutenzione dell'opera e delle sue parti;
17. piano preliminare di monitoraggio geotecnico e strutturale;
18. per le opere soggette a VIA, o comunque ove richiesto, piano preliminare di monitoraggio ambientale;
19. piano particolare delle aree escavando e da scivolare, ove pertinente.

La Sicurezza in cantiere



Andamento infortuni



## Infortunati sul lavoro



### Infortunati 2020

Sono 554.340 gli infortuni sul lavoro denunciati all'Inail nel 2020, in calo del 13,5% rispetto ai 641.638 dell'anno precedente, e 1.270 quelli con esito mortale, 181 in più rispetto al 1.089 del 2019 (+16,6%).

Se i decessi in itinere, occorsi cioè nel tragitto di andata e ritorno tra l'abitazione e il luogo di lavoro, sono diminuiti di quasi un terzo, da 306 a 214 (-30,1%), quelli in occasione di lavoro sono invece aumentati del 34,9%, da 783 a 1.056.

Nella Sanità e assistenza sociale i casi si sono triplicati.

Dopo la flessione dei primi nove mesi nell'ultimo trimestre +9,1%

Quasi un quarto delle denunce e circa un terzo dei decessi sono dovuti al virus.

## Infortunati sul lavoro 2021

Il rapporto Inail dimostra con i numeri la crescente drammaticità del problema.

Nel 2021 Le denunce di infortunio sul lavoro presentate all'Istituto tra gennaio e ottobre sono state 448.110 (+6,3% rispetto allo stesso periodo del 2020) mentre sono 1.017 quelle per infortuni con esito mortale (-1,8%).

L'Inail ricorda che si tratta solo di denunce e non di casi accertati e che i dati mensili sono fortemente influenzati dall'emergenza Coronavirus.

### Confronto 2020-2021

Il confronto tra i primi 10 mesi del 2020 e del 2021 è da ritenersi ancora poco significativo a causa della pandemia che in particolare nel 2020 ha provocato, soprattutto per gli infortuni mortali, una manifesta tardività nella denuncia, anomalia ma rilevantisima, generalizzata in tutti i mesi ma amplificata soprattutto a marzo 2020, mese di inizio pandemia, che ne inficia la comparazione con i mesi del 2021.

## Infortuni sul lavoro

### Morti bianche

Le denunce di infortunio sul lavoro con esito mortale presentate all'Istituto entro il mese di ottobre sono state 1.017, 19 in meno rispetto alle 1.036 registrate nei primi 10 mesi del 2020 (-1,8%, confermando il dato di settembre). Il confronto richiede cautela perché i dati sono influenzati dalla pandemia da Covid con molte denunce tardive di decesso per contagio.

### Malattia professionale

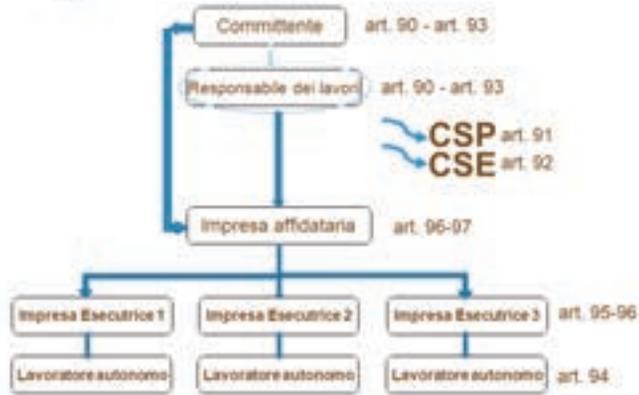
Le denunce di malattia professionale protocollate dall'Inail nei primi 10 mesi del 2021 sono state 45.395, 8.776 in più rispetto allo stesso periodo del 2020 (+24,0%), sintesi di un calo del 26% nel periodo gennaio-febbraio e di un aumento del 44% in quello di marzo-ottobre, nel confronto tra i due anni.



Schema riassuntivo degli obblighi delle figure di cantiere – Tit. IV



### Schema riassuntivo degli obblighi delle figure di cantiere – Tit. IV



### OBBLIGHI DEL COORDINATORE PER L'ESECUZIONE

D. Lgs. 81/08 - articolo 92, comma1

- A Verificare con opportune azioni di coordinamento e controllo, l'applicazione, da parte delle imprese esecutrici e dei lavoratori autonomi, delle disposizioni contenute nel PSC e la corretta applicazione delle procedure di lavoro
- B1 Verificare l'idoneità del piano operativo di sicurezza, e la coerenza con il PSC
- B2 Adeguare il PSC e il FO (evoluzione dei lavori e eventuali modifiche proposte dalle imprese esecutrici dirette a migliorare la sicurezza in cantiere) e verificare che le imprese esecutrici adeguino i POS
- C Organizzare tra i datori di lavoro, ivi compresi i lavoratori autonomi, la cooperazione e il coordinamento delle attività nonché la loro reciproca informazione



### OBBLIGHI DEL COORDINATORE PER L'ESECUZIONE

D. Lgs. 81/08 - articolo 92, comma1

- D Verificare l'attuazione di quanto previsto negli accordi tra le parti sociali al fine di realizzare il coordinamento tra i rappresentanti della sicurezza
- E1 Segnalare al committente o al responsabile dei lavori, previa contestazione scritta alle imprese, le inosservanze alle disposizioni degli artt. 94, 95, 96 e 97 c. 1 e alle prescrizioni del PSC e proporre la sospensione dei lavori, l'allontanamento delle imprese o dei lavoratori autonomi, o la risoluzione del contratto
- E2 Nel caso in cui il committente o il responsabile dei lavori non adotti alcun provvedimento in merito alla segnalazione, senza fornire idonea motivazione, il coordinatore per l'esecuzione dà comunicazione dell'inadempimento alla Azienda unità sanitaria locale e alla Direzione provinciale del lavoro territoriale competente



## VERIFICHE DEL COORDINATORE PER L'ESECUZIONE

### Articolo 95 – Misure generali di tutela

I datori di lavoro delle imprese esecutrici, durante l'esecuzione dell'opera osservano le misure generali di tutela di cui all'art. 15 del D.Lgs 81/08 e curano, ciascuno per la parte di competenza, in particolare:



✓ il mantenimento del cantiere in condizioni ordinate e di soddisfacente salubrità;



✓ la scelta dell'ubicazione dei posti di lavoro tenendo conto delle condizioni di accesso a tali posti, definendo vie o zone di spostamento o di circolazione;

✓ le condizioni di movimentazione dei vari materiali;



## VERIFICHE DEL COORDINATORE PER L'ESECUZIONE

### Articolo 95 – Misure generali di tutela



✓ la manutenzione, il controllo prima dell'entrata in servizio e il controllo periodico degli impianti e dei dispositivi al fine di eliminare i difetti che possono pregiudicare la sicurezza e la salute dei lavoratori;



✓ la delimitazione e l'allestimento delle zone di stoccaggio e di deposito dei vari materiali, in particolare quando si tratta di materie e di sostanze pericolose;

✓ l'adeguamento, in funzione dell'evoluzione del cantiere, della durata effettiva da attribuire ai vari tipi di lavoro o fasi di lavoro;

✓ la cooperazione tra datori di lavoro e lavoratori autonomi;



✓ le interazioni con le attività che avvengono sul luogo, all'interno o in prossimità del cantiere.



## VERIFICHE DEL COORDINATORE PER L'ESECUZIONE

### Articolo 96 – Obblighi dei Datori di Lavoro, dei Dirigenti e dei Preposti

I datori di lavoro delle imprese affidatarie e delle imprese esecutrici, anche nel caso in cui nel cantiere operi un'unica impresa, anche familiare o con meno di dieci addetti:



✓ adottano le misure conformi alle prescrizioni di cui all'allegato XIII al D.Lgs 81/08

✓ predispongono l'accesso e la recinzione del cantiere con modalità chiaramente visibili e individuabili

✓ curano la disposizione e l'accatastamento di materiali e attrezzature in modo da evitare il crollo o il ribaltamento

✓ curano la protezione dei lavoratori contro le influenze atmosferiche che possono compromettere la loro sicurezza e la loro salute



✓ curano le condizioni di rimozione dei materiali pericolosi, previo, se del caso, coordinamento con il committente o il responsabile dei lavori;

✓ curano che lo stoccaggio e l'evacuazione dei detriti e delle acque avvengano correttamente;

✓ redigono il piano operativo di sicurezza.





## IMPRESA AFFIDATARIA

### Articolo 97 – Obblighi del Datore di Lavoro dell'impresa affidataria



1. Il datore di lavoro dell'impresa affidataria verifica le condizioni di sicurezza dei lavori affidati e l'applicazione delle disposizioni e delle prescrizioni del piano di sicurezza e coordinamento.
2. Gli obblighi derivanti dall'articolo 20, fatte salve le disposizioni di cui all'articolo 96, comma 2, sono riferiti anche al datore di lavoro dell'impresa affidataria. Per la verifica dell'idoneità tecnico professionale si fa riferimento alle modalità di cui all'allegato XVI.
3. Il datore di lavoro dell'impresa affidataria deve, inoltre:
  - a) coordinare gli interventi di cui agli articoli 95 e 96;
  - b) verificare la congruenza dei piani operativi di sicurezza (POS) delle imprese esecutrici rispetto al proprio, prima della trasmissione dei suddetti piani operativi di sicurezza al coordinatore per l'esecuzione.

#### Il Ruolo del CSE: l'alta vigilanza secondo le «nuove sentenze»

Nelle due sentenze della corte di cassazione  
4ª sezione penale:

- n. 1490 del 14/01/2010
- n. 18419 del 21/04/2010

è stata esaminata la posizione di garanzia del coordinatore della sicurezza per l'esecuzione dei lavori (CSE).  
Le considerazioni rappresentano una svolta nella interpretazione giurisprudenziale non tanto per l'orientamento, quanto soprattutto per l'originalità dei ragionamenti. Infatti vengono esposte ipotesi concrete riguardo l'ambito intellettuale e temporale delle azioni di coordinamento e controllo che ci spettano!



#### Il Ruolo del CSE: l'alta vigilanza secondo le «nuove sentenze»



Le sentenze non ritengono la presenza in cantiere un requisito fondamentale per garantire la sicurezza del lavoro da parte del coordinatore, sviluppano ragionamenti sul suo complesso ruolo, impostano l'attività sulla qualità delle azioni, sulla capacità organizzativa, sulla previsione delle situazioni, sulla efficacia dei controlli preliminari e mettono a confronto l'opera del coordinatore con l'altra fondamentale posizione di garanzia del datore di lavoro e con quella del preposto, facendone risaltare la particolare connotazione.

### Il Ruolo del CSE: l'alta vigilanza secondo le «nuove sentenze»

I nuovi principi contenuti nel testo delle due sentenze sono:

• *Il CSE ha una funzione di vigilanza "alta". Essa non va confusa con quella operativa demandata al datore di lavoro ed alla figure che da esso ricevono poteri e doveri: il dirigente ed il preposto.*

• *Il ruolo di vigilanza del CSE riguarda la generale configurazione delle lavorazioni e non la puntuale stringente vigilanza, momento per momento, demandata alle figure operative (datore di lavoro, dirigente, preposto).*



Principio ribadito successivamente con altre sentenze (es. Cassazione n. 41820 del 19 ottobre 2015)

## La presenza in cantiere del CSE

- L'attività di vigilanza sulla configurazione generale del cantiere

***Non richiede la continua presenza del CSE  
nel cantiere con ruolo di controllo  
Ma deve  
evitare pericolosi vuoti di vigilanza***



*Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*

Il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti condivide con il Ministro del Lavoro e delle Politiche Sociali, ANCI, UPL, Assi Sp.A., RIFI, ANCE, Alleanza delle Cooperative, Ferrovie, Filas - CMA e Filas CGIE, il seguente:

**PROTOCOLLO CONDOTTO IN REGOLAMENTAZIONE PER IL CONTENIMENTO DELLA DIFFUSIONE DEL COVID-19 NEI CANTIERI**

- ➔ Il 14 marzo 2020 è stato adottato il Protocollo di regolamentazione per il cantiere e il contenimento della diffusione del virus COVID-19 negli ambienti di lavoro (di cui in poi Protocollo), relativo a tutti i settori produttivi, il cui contenuto è stato integrato in data 24 aprile 2020, e alle cui previsioni il presente protocollo fa integralmente salvo. Inoltre, le previsioni del presente protocollo rappresentano specificazione di settore rispetto alle previsioni generali contenute nel Protocollo del 14 marzo 2020, come integrato il successivo 24 aprile 2020.
- ➔ Mantiene la validità delle disposizioni contenute nel citato Protocollo previste a carattere generale per tutte le categorie, e in particolare per i settori delle opere pubbliche e dell'edilizia, si è ritenuto definire ulteriori misure.
- ➔ L'obiettivo del presente protocollo condiviso di regolamentazione è fornire indicazioni operative finalizzate a incrementare nei cantieri l'efficacia delle misure precauzionali di contenimento adottate per contrastare l'epidemia di COVID-19. Il COVID-19 rappresenta, infatti, un rischio biologico generico, per il quale occorre adottare misure uguali per tutta la popolazione.
- ➔ Il presente protocollo contiene, quindi, misure che seguono la logica della prevenzione e seguono e attuano le previsioni del legislatore e le indicazioni dell'Autorità sanitaria. Tali misure si riferiscono ai rischi del cantiere e a tutti i sottopassanti e sottopassanti presenti nel medesimo cantiere.

INFORMAZIONE **Art. 36**

Il datore di lavoro, anche con l'aiuto dell'Ente Unificato Bilaterale Formazione/Assistenza della categoria, quindi attraverso le società più adatte ed efficaci, adotta tutti i provvedimenti e discipline relativi al cantiere circa le disposizioni delle Autorità, consegnando o/e affiggendo all'ingresso del cantiere e nei luoghi maggiormente frequentati appositi cartelli (tabelli) che segnalano le corrette modalità di comportamento.

**Segnaletica**

In particolare, le indicazioni riguardano i seguenti obblighi:

- il personale, prima dell'accesso al cantiere dovrà essere sottoposto al controllo della temperatura corporea. Se tale temperatura risultasse superiore ai 37,3°, non sarà consentito l'accesso al cantiere. Le persone in tale condizione - nel rispetto delle indicazioni riportate in nota<sup>1</sup> - saranno opportunamente isolate e fornite di mascherine, non dovranno toccare il proprio viso né altre superfici di stile, non dovranno recitare nel più breve tempo possibile il proprio medico curante e seguire le sue indicazioni o, comunque, l'Autorità sanitaria.



- in caso di tosse e/o accettazione del fatto di non poter fare ingresso o di poter rimanere in cantiere e di doverlo dichiarare tempestivamente all'addetto, anche successivamente all'ingresso, assicurando le condizioni di pericolo (cambio di indirizzo, temperatura, provvedimento di zona a rischio) e contatto con persone positive al virus nei 14 giorni precedenti, etc) in cui i provvedimenti dell'Autorità impongono di isolare il cantiere di famiglia e l'Autorità sanitaria e di eseguire il proprio domicilio;
- l'impresa è tenuta a rispettare tutte le disposizioni delle Autorità e del datore di lavoro nel far accesso al cantiere (in particolare mantenere la distanza di sicurezza, utilizzare gli strumenti di protezione individuale nuovi e dispostione durante le lavorazioni che non consentano di rispettare la distanza interpersonale di un metro e tenere comportamenti corretti nel passo dell'ignota).

**Art. 20**

**(1) Rispetto Privacy**

- l'impresa è informata tempestivamente e responsabilmente il datore di lavoro della presenza di qualsiasi cantiere infettivo durante l'espletamento delle prestazioni lavorative, secondo caso di rinvio ad adeguati distanziamenti dalle persone presenti;
- l'obbligo del datore di lavoro di informare preventivamente il personale, e chi intende fare ingresso al cantiere, della particolare dell'accesso a chi, negli ultimi 14 giorni, abbia avuto contatti con soggetti risultati positivi al COVID-19 o provenga da zone a rischio secondo le indicazioni dell'OMS;
- Per questi casi si fa riferimento al Decreto legge n. 4 del 25/02/2020, art. 1, lett. h) e i)

**Art. 36**

**Art. 20**



In termini di costi della sicurezza Allegato XV.1

PREZZARIO REGIONE MARCHE - Approvato con deliberazione della Giunta regionale n. 710 del 18/06/2019, pubblicata sul BUR n. 49 del 21/06/2019.

MEZZI E SERVIZI DI PROTEZIONE COLLETTIVA - Segnaletica per cantiere

Table with 4 columns: Code, Description, Unit, Price. Includes items like 'Segnaletica con riflettore passivo', 'Segnaletica con riflettore fluorescente', 'Segnaletica con riflettore a LED', etc.

In termini di costi della sicurezza Allegato XV.1

MEZZI E SERVIZI DI PROTEZIONE COLLETTIVA

- Integrazione cassetta Primo Soccorso
Guanti monouso in lattice (almeno 10 paia) 0,10 € cad = 1,00 €
Tuta monouso in tyvek (almeno 2) 6,76 € cad = 13,52 €
Mascherina FFP2 senza valvola (almeno 2) 4,43 € cad = 8,86 €
Soluzione idroalcolica (250 ml) 28,75 € lt = 7,19 €



Table with 4 columns: Code, Description, Unit, Price. Includes items like 'Cassetta Primo Soccorso', 'Tuta monouso in Tyvek', etc.

2. MODALITA' DI ACCESSO DEI FORNITORI ESTERNI AI CANTIERI

- Per l'accesso di fornitori esterni devono essere individuati percorsi di ingresso, transito e uscita, mediante moduli, percorsi e tempistiche predefinite, al fine di ridurre le occasioni di contatto con il personale presente nel cantiere...
Se possibile, gli autisti dei mezzi di trasporto devono rimanere a bordo dei propri mezzi...
Per fornitori/trasportatori e/o altro personale esterno individuare/installare servizi igienici dedicati...
Ove sia presente un servizio di trasporto organizzato dal datore di lavoro per raggiungere il cantiere, va garantita e rispettata la sicurezza dei lavoratori lungo ogni spostamento...



In termini di costi della sicurezza Allegato XV.1



**APPRESTAMENTI**

**Servizio igienico dotato di lavabo dedicato a Fornitori/Visitori:**

Montaggio, smontaggio e nolo per 1° mese o frazione  
€ 296,00 /cad (R.L.)

Nolo per ogni mese successivo o frazione € 130,00 /cad (R.L.)

Dotazione nel servizio igienico di soluzione idroalcolica per igienizzazione mani considerato 1 lt./mese 28,75 € lt. (R.A.)

**Pulizia ed igienizzazione giornaliera wc chimico di cantiere**

Costo mensile con una sanificazione giornaliera: 22 giorni lavorativi mese x 14,23 = 313,06 €

|            |  |                       |            |   |
|------------|--|-----------------------|------------|---|
| 30.0000.01 | Sanificazione quotidiana di WC chimico, compresi la fornitura giornaliera di igienizzante oltre la lavatura e disinfezione degli sanitari per l'igienizzazione degli ogni uso, per lavoro WC e per ogni singolo intervento giornaliero, con D.F. già in dotazione. | settimane<br>a giorno | €<br>14,23 | Totale di risorse finanziarie alla procedura industriale (prezzi unitari) che possono variare e sono fissate alla procedura ordinaria (costo della soluzione alcolica a 1 litro a 28,75 euro/mese (R.A.) per la sanificazione cantiere, si ritiene necessario e necessario per contenere il contratto (R.L.) di un lavoratore incaricato. |
|------------|--|-----------------------|------------|---|

**3. PULIZIA E SANIFICAZIONE NEL CANTIERE**

- Il lavoro di lavoro include la pulizia giornaliera e la sanificazione periodica degli spogliatoi e della zona annessa limitando l'accesso contemporaneo a tali luoghi in fase della sanificazione e della igienizzazione vanno inclusi anche i mezzi d'opera con la relativa cubatura di guida o di pilotaggio. Lo stesso lavoro per la cura di servizio e la cura e montaggio e per i mezzi di lavoro quali gru e mezzi operanti in cantiere.



In termini di costi della sicurezza Allegato XV.1

**MEZZI**

Ogni cambio operatore alla guida richiede l'igienizzazione delle parti di contatto.

|            |   |                       |            |   |
|------------|---|-----------------------|------------|---|
| 30.0000.01 | Sanificazione/igienizzazione dei mezzi per raggiungere il cantiere (gru, auto di servizio ecc.) e dei mezzi d'opera (cassette di autocarri, bulldozer, carichi ecc.) con soluzione idroalcolica (R.A.).<br>- per ciascun mezzo e per ogni singolo intervento, con D.F. già in dotazione.  | settimane<br>a giorno | €<br>14,23 | Totale di risorse finanziarie alla procedura industriale (prezzi unitari) che possono variare e sono fissate alla procedura ordinaria (costo della soluzione alcolica a 1 litro a 28,75 euro/mese (R.A.) per la sanificazione cantiere, si ritiene necessario e necessario per contenere il contratto (R.L.) di un lavoratore incaricato. |
| 30.0000.02 | igienizzazione di attrezzature, mezzi d'opera, cabine di guida o di pilotaggio, pulitori, quadri elettrici e parti di car e Ripa di Sicurezza e Equipaggiamento prevede sia procedure in itinere (R.A.). L'igienizzazione/antisettizzazione dovrà essere effettuata attraverso l'uso di prodotti di costo 0,150 euro/pulizia. Per la pulizia dei sistemi dovrà essere allegata l'assistenza di pulizia, utilizzare elicotti al 70% dopo pulizia con un delegato esperto, in luogo dei lavelli prodotti possono essere impiegati altri di diversa caratteristiche. | giorni                | €<br>0,150 | Totale di risorse finanziarie alla procedura industriale (prezzi unitari) che possono variare e sono fissate alla procedura ordinaria (costo della soluzione alcolica a 1 litro a 28,75 euro/mese (R.A.) per la sanificazione cantiere, si ritiene necessario e necessario per contenere il contratto (R.L.) di un lavoratore incaricato. |

Onere Sicurezza Aziendale

- Il datore di lavoro verifica lo stato salute degli strumenti individuali di lavoro applicando l'uso previsto fornito sulle specifiche delegate e rendendole disponibili in cantiere in prima oltà durata che al termine della prestazione di lavoro;



In termini di costi della sicurezza - Allegato XV.1

#### ATTREZZATURE/MEZZI

Ogni cambio attrezzo e cambio operatore alla guida richiede l'igienizzazione delle parti di contatto.

|                    |  |               |                   |   |
|--------------------|--|---------------|-------------------|---|
| <p>in corso di</p> | <p>igienizzazione di attrezzature, mezzi d'opera, corone di guida o di pinnelli, lubrificanti, guanti estrinseci a uso di uso o fatto di plastica e disinfezione prodotti con protocolli da seguire espressi. L'igienizzazione/disinfezione dovrà essere effettuata attraverso l'uso di prodotti di costo 0,25 euro/pila. Per le superfici che possono essere saneggiate dall'uso di acqua, utilizzare acqua al 70% dopo pulizia con un detergente neutro. In luogo dei suddetti prodotti possono essere impiegati altri di diversa caratteristiche.</p> | <p>giorno</p> | <p>4<br/>4,25</p> | <p>Tracce di virus trovati nei pneumatici utilizzati negli autobus che possono entrare a bordo tramite una protezione completa (costo della macchina, acqua e D.D. e D.P. necessari) oppure che, per le superfici esterne, di nuovo viene a rilevare per esempio il contagio COVID-19 per le persone che entrano.</p> |
|--------------------|--|---------------|-------------------|---|

Onere Sicurezza Aziendale

#### 4. PRECAUZIONI IGIENICHE PERSONALI

- è obbligatorio che le persone presenti in azienda adottino tutte le precauzioni igieniche, in particolare osservare il frequente e minuzioso lavaggio delle mani, anche durante l'esecuzione delle lavorazioni;
- il datore di lavoro, a tal fine, mette a disposizione idonei mezzi delegati per le mani;



Onere Sicurezza Aziendale



5. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE

Onere Sicurezza Aziendale

- L'adozione delle misure di igiene e dei dispositivi di protezione individuale indicati nel presente Protocollo di Regolamentazione è di fondamentale importanza ma, vista la attuale situazione di emergenza, è evidentemente legata alla disponibilità in commercio dei predetti dispositivi.
- Le mascherine dovranno essere utilizzate in conformità a quanto previsto dalle indicazioni dell'Organizzazione mondiale della sanità.
- data la situazione di emergenza, in caso di difetto di approvvigionamento e alla sola finalità di evitare la diffusione del virus, potranno essere utilizzate mascherine la cui tipologia corrisponde alle indicazioni dell'ente sanitario e del coordinatore per l'attuazione dei lavori (ex articolo 46 del Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81).
- è favorita la predisposizione da parte dell'azienda del Modello d'emergenza secondo le indicazioni dell'OSHA (<https://www.osha-spc.it/it/it/Workplace/Local-Production.pdf>).
- qualora la lavorazione da eseguire in cantiere imponga di lavorare a distanza impermeabile (macchine a cui sono possibili altre strutture organizzative e comunque accertato l'uso delle mascherine e altri dispositivi di protezione (guanti, occhiali, cuffia, ecc.)) conformi alle disposizioni delle autorità sanitarie e sanitarie; in tali eventi, in mancanza di idonei DPI, le lavorazioni dovranno essere eseguite con il ricorso se necessario alla Cassa Integrazione Ordinaria (CIO) ai sensi del Decreto Legge n. 18 del 17 marzo 2020, per il tempo strettamente necessario al rispetto degli idonei DPI.



...attenzione alla tipologia delle mascherine ... l'impresa potrebbe presentarsi con mascherine art. 16 c.2 ...

• GESTIONE SPAZI COMUNI (MENA, SPOOLIATO)

- L'accesso agli spazi comuni, comprese le stanze e gli spogliatoi e coorinamento, con la previsione di una ventilazione continua dei locali, di un tempo ridotto di sosta all'interno di tali spazi e con il mantenimento delle distanze e l'uso di T-shirt tra le persone che li occupano, nel caso di attività che non prevedono obbligatoriamente l'uso degli spogliatoi, è possibile con adattare gli spazi al fine di evitare il contatto tra i lavoratori; nel caso in cui sia obbligatorio l'uso, il coordinatore per l'attuazione dei lavori, ex articolo 46 del Decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, provvede al riguardo all'integre il Piano di sicurezza e di coordinamento quale attraverso una trattativa dai lavoratori compatibilmente con le lavorazioni povere in cantiere.
- il Modello di lavoro prevede alla sanificazione degli spogliatoi ad alta organizzazione degli spazi per lo stesso e degli spogliatoi per lasciare nella disponibilità dei lavoratori luoghi per il deposito degli indumenti di lavoro e garantire loro idonee condizioni igieniche costanti.
- Occorre garantire la sanificazione periodica e la pulizia giornaliera con appositi detersivi anche della stanza dei contenitori di lavoro.

C-S-E

Costi della Sicurezza

In termini di costi della sicurezza Allegato XV.1

|           |  |        |   |        |  |
|-----------|--|--------|---|--------|--|
| 05.050.04 | Realizzazione sistema di ventilazione forzata e continua, include installazione di ventole aspiranti per salotto fino a mq. 25 cubici. | 100000 | € | 100000 | Trattato di lavoro finalizzato alla gestione del rischio incendio, per la gestione del rischio incendio, in caso di emergenza, per la gestione del rischio incendio, in caso di emergenza, per la gestione del rischio incendio, in caso di emergenza. |
|-----------|--|--------|---|--------|--|

Il ruolo del Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione. Opere pubbliche

#### 7. ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE (TURNAZIONE, REMODULAZIONE DEI CRONOPROGRAMMI DELLE LAVORAZIONI)

In riferimento al DPCM 11 marzo 2020, punto 7, inoltre durante il periodo dello smarrimento dovuto al COVID-19, la impresa promotrice, avendo a riferimento quanto previsto dal CCNL e fissando così la stessa con le rappresentanze sindacali aziendali, o territoriali di categoria, dispone la riorganizzazione del cantiere e del cronoprogramma delle lavorazioni nelle strutture le lavorazioni con l'obiettivo di assicurare i cantieri, di avere gruppi omogenei, dotati e riconoscibili e di assicurare una diversa organizzazione degli orari del cantiere sia per quanto attiene all'apertura, alla sosta e all'uscita.



In termini di costi della sicurezza Allegato XV.1

#### INTERVENTI FINALIZZATI ALLA SICUREZZA E RICHIESTI PER LO SFASAMENTO SPAZIALE O TEMPORALE DELLE LAVORAZIONI

*Vanno considerati il fermo personale o il fermo attrezzatura necessario per eseguire due o più lavorazioni, tecnicamente non separabili, in tempi diversi o nello stesso ambito lavorativo.*

*Non vanno computati come costi gli sfasamenti temporali già previsti dal cronoprogramma ma solo quelli che comportano modifiche alle normali procedure di lavoro come ad esempio il fermo temporaneo dell'attività dell'impresa in una singola fase di lavoro.*







# **Applicazioni sulla rete stradale Anas e materiali sostenibili**

*a cura di* **Prof.Ing. Achille Rilievi**

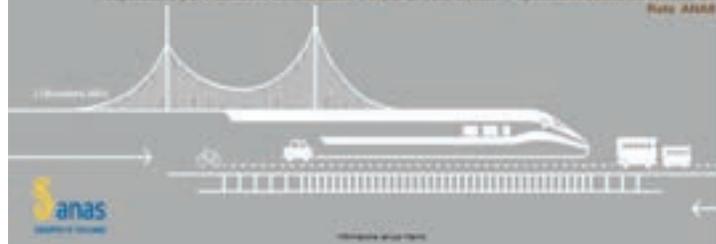
## Applicazioni sulla rete stradale Anas e materiali sostenibili

Prof. Ing. Achille RILEVI

Direttore Nazionale Area di Quadro ANAS - Laboratorio di Prova Materiali

Responsabile per il Controllo Qualità Lavori e Materiali della Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori ANAS

Responsabile per il Controllo Qualità Lavori e Materiali della Direzione Operativa Assetto Infrastrutturale Rete ANAS



## La manutenzione delle infrastrutture esistenti

- una questione non solo Italiana -

La denuncia dell'NTSB oltre 47mila morti a livello e 175 miliardi di dollari di danni al più presto



Oltre 47mila morti a livello e una distruzione nazionale di 426.267, ma soprattutto 175 miliardi di dollari da investire al più presto per mettere in sicurezza un'infrastruttura strategica per i trasporti. La denuncia è stata lanciata nei giorni scorsi dall'NTSB, (National Transportation Safety Board) che, partendo dai dati della US Department of Transportation, ha messo i morti più a rischio degli USA. Tra questi anche opere iconiche come il ponte di Brooklyn di New York City, il Memorial Bridge di Washington D.C., e il San Mateo-Hayward Bridge (il più lungo della California che attraversa la San Francisco Bay). Si tratta di una questione nazionale perché ogni giorno 138 milioni di persone attraversano i ponti a rischio degli Stati Uniti.



## La manutenzione delle infrastrutture esistenti

**Ponti e Gallerie in gestione ANAS e Concessionari si avvicinano rapidamente ai limiti della propria vita utile.**

Necessità ed urgenza di rapidi interventi di tipo non evolutivo (es. copertura scoperta, cordoli degradati, calcestruzzi ammassati ecc.).

**Opportunità di impiego di materiali innovativi: consentono interventi di ripristino più immediati e con ridotte interferenze con il traffico.**

Aspicabile un immediato intervento per quanto riguarda le norme di calcolo e le norme tecniche e la definizione delle caratteristiche e delle normative di prova per i nuovi materiali.

Si può con certezza affermare che ANAS è all'avanguardia in Europa sull'attività di realizzazione di linee guida per gli interventi di manutenzione con la definizione di tipologie di interventi specifiche per le singole problematiche relative allo stato di deterioramento delle opere d'arte.

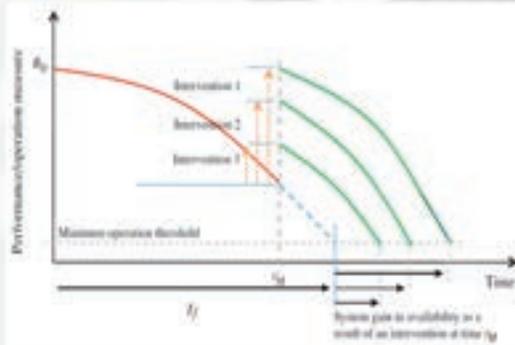
Tali attività sarebbero molto più utili ed efficaci con una collaborazione tra i diversi Enti e Amministrazioni a carattere regolatorio o autorizzativo.

**Classificazione interventi sulle opere d'arte**

- interventi non evolutivi - ripristino dello stato delle opere;
- interventi evolutivi - incremento delle prestazioni statiche, sismiche e di durabilità.



La manutenzione comprende sia azioni amministrative che tecniche, le quali associate consentono di preservare un sistema o ripristinarlo rispetto ad un livello di cui può esercitare la funzione richiesta (BS3811, 1964). I vantaggi a lungo termine della manutenzione "preventiva" e "correttiva" comportano un miglioramento della disponibilità ed il prolungarsi della vita utile del sistema (vedi figura), riducendo i costi di sostituzione, riducendo i tempi di fermo del sistema e migliorando le modalità di gestione.



anas

Interventi di manutenzione con ridotto impatto sull'esercizio, durabili e con minore emissione di CO2

### UN ESEMPIO.....USO DEI COMPOSITI GFRP

#### Vantaggi:

L'elevata durabilità dei materiali compositi, anche in ambienti particolarmente aggressivi, permettono un maggiore allungamento della vita utile dell'opera dopo l'intervento di manutenzione.

Il basso modulo elastico del GFRP rappresenta un significativo vantaggio per gli interventi di manutenzione in galleria non modificando il concept della struttura.

Ridotto impatto sull'esercizio: tempi di intervento rapidi ed in alcuni con il traffico in esercizio.

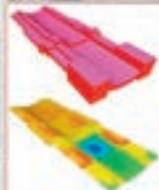
anas

### Armatura per culla e rampa di lancio TBM BO-FI



Un'armatura speciale in GFRP collega le due strutture, traga e tira, garantendo il miglioramento strutturale del sistema strutturale. Un pre-assemblaggio speciale delle gobbe in GFRP è stato impiegato per facilitare e velocizzare le operazioni di costruzione.

La verifica statica della struttura è stata eseguita con il software ANSYS. Le armature speciali in GFRP sono state collaudate secondo il DM 232/2008 e la norma americana AQ-314.



## Barre d'Armatura per Ponti

Progettazione e Costruzione del Primo Ponte  
in Cemento Rinforzato con FRP

Florida - Progetto Halls River

Assenza di possibile Corrosione  
Armatura in FRP (Materiali Fibrorinforzati)



Sanas

## Barre d'Armatura per Ponte

### Problemi di Corrosione

Diminuzione dell'armatura in acciaio:

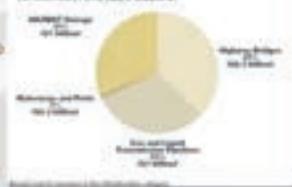
- Degradamento prematuro delle strutture in calcestruzzo
- Riduzione delle capacità e della durata di vita
- Costi elevati per la riabilitazione e / o la sostituzione



Sanas

### Costi di Corrosione

INFRASTRUTTURE (SOLO BILIONI)



Fonte: "Costi e Fattori di Corrosione" - INEA - 2008



## Barre d'Armatura per Ponti e Viadotti

### Problemi di Corrosione

Situazioni critiche per le armature in

acciaio:

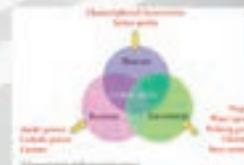
Spargisale autostradali

Ambienti marini / costieri

Suoli contaminati

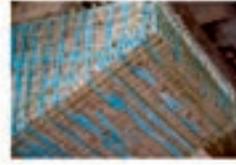
(alta concentrazione di cloruro / solfato)  
Fessurazioni del calcestruzzo:

- Provocate da ribiti, scorrimento, temperatura, ecc.
- Corrosione localizzata (dove la fessura interseca la barra d'armatura)



Sanas





### Tipologico intervento manutenzione viadotti

128-19\_P\_0\_ST\_EG\_11.0\_02 Spalla con scarifica magg 50mm

Il disegno tecnico illustra il tipo di intervento di manutenzione per la spalla di un viadotto. A sinistra, un diagramma di sezione trasversale mostra la struttura della spalla con diverse zone di scarifica e l'installazione di barre di ferro. A destra, una tabella di dati fornisce informazioni tecniche e di progetto. In basso a destra, è presente un logo con il nome 'Brescia Spall'.



### Tipologico intervento manutenzione gallerie

### Fessure lungo le giunzioni

Ripristino strutturale dei giunti in galleria

Il disegno tecnico illustra il tipo di intervento di manutenzione per il ripristino strutturale dei giunti in galleria. A sinistra, un diagramma di sezione trasversale mostra la struttura della galleria con diverse zone di scarifica e l'installazione di barre di ferro. A destra, una tabella di dati fornisce informazioni tecniche e di progetto. In basso a destra, è presente un logo con il nome 'Brescia Spall'.



**Tipologico intervento manutenzione gallerie**

**Fessure longitudinali, trasversali, diagonali, reticolari**  
**Ripristini corticali in galleria con reti GWN**

**Problema sotto spessori rivestimenti in galleria**

**Vantaggio GFRP armatura per rivestimento gallerie**

Il problema di sotto spessori del rivestimento delle gallerie può dipendere da:

- problemi di topografia;
- Problemi relativi alle fasi di getto del rivestimento (vuoti maggiormente presenti in calotta).

Quando si riscontrano sotto spessori si interviene con:

- demolizione e rifacimento rivestimento (se il problema è grave e diffuso);
- arco strutturale ESTERNO DI RINFORZO;
- intervento localizzato per ripristinare lo spessore di progetto.

Anche in caso di sotto spessori e quindi ridotto copriferro l'utilizzo di armature in GFRP sono da preferire vista l'assenza del fenomeno di corrosione.

**Rifacimento del rivestimento di gallerie con armature in GFRP**

**Dettaglio armatura GFRP**

Barra coesivata RVS-4 di 18 mm coesivata  
 Staffa chiusa RVS-4 di 12 mm.

Barra coesivata su maggior spessore a interno, con superficie ricoperta ad abrasione regionale, spessore di almeno superiore di mm, in modo da garantire l'effetto di vero copriferro passivante in ferro.

Barra coesivata sulla sezione esterna su cui si è rilevato il problema della lacerazione di mm 120.

Caratteristiche tecniche:  
 Modulo di snervamento 140 N/mm<sup>2</sup>  
 Resistenza a trazione 1400 N/mm<sup>2</sup> (composizione a fibre 10/12)  
 Resistenza caratteristica a trazione 1400 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione residua di almeno 30% di

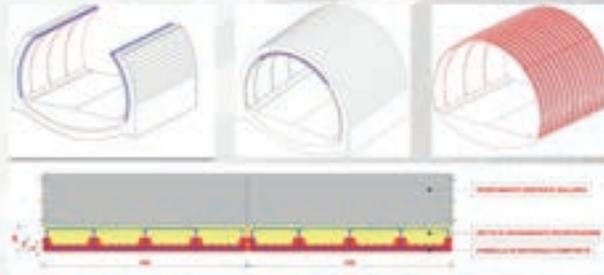
# Rifacimento completo del rivestimento gallerie - Sistema a conci/casseri -

## FASI COSTRUTTIVE

Sezione 3D fine getto fase 2

Sezione 3D fine getto fase 4

Vista 3D pannelli



# Profili GFRP spaziatori fissaggio lamiera grecate

## PROFILATI PER IL RIVESTIMENTO DI GALLERIE E ARCA CONCRETO E LAMIERE A RIVESTIMENTO

**Caratteristiche:**

- 1. Elevata resistenza a compressione
- 2. Elevata resistenza a trazione
- 3. Elevata resistenza a flessione
- 4. Elevata resistenza a impatto
- 5. Elevata resistenza a corrosione
- 6. Elevata resistenza a abrasione
- 7. Elevata resistenza a fatica
- 8. Elevata resistenza a deformazione
- 9. Elevata resistenza a temperatura
- 10. Elevata resistenza a umidità
- 11. Elevata resistenza a inquinamento
- 12. Elevata resistenza a radiazioni
- 13. Elevata resistenza a vibrazioni
- 14. Elevata resistenza a urti
- 15. Elevata resistenza a carichi dinamici
- 16. Elevata resistenza a carichi statici
- 17. Elevata resistenza a carichi puntuali
- 18. Elevata resistenza a carichi distribuiti
- 19. Elevata resistenza a carichi variabili
- 20. Elevata resistenza a carichi costanti
- 21. Elevata resistenza a carichi ciclici
- 22. Elevata resistenza a carichi impulsivi
- 23. Elevata resistenza a carichi termici
- 24. Elevata resistenza a carichi acustici
- 25. Elevata resistenza a carichi elettromagnetici
- 26. Elevata resistenza a carichi sismici
- 27. Elevata resistenza a carichi gravitazionali
- 28. Elevata resistenza a carichi magnetici
- 29. Elevata resistenza a carichi elettrici
- 30. Elevata resistenza a carichi termici

| Modello | Spessore (mm) | Altezza (mm) | Larghezza (mm) | Peso (kg/m) | Resistenza a trazione (N/mm²) | Resistenza a compressione (N/mm²) | Resistenza a flessione (N/mm²) | Resistenza a impatto (J/m²) | Resistenza a corrosione (h) | Resistenza a abrasione (mm³) | Resistenza a fatica (cicli) | Resistenza a deformazione (mm) | Resistenza a temperatura (°C) | Resistenza a umidità (%) | Resistenza a inquinamento (mg/m³) | Resistenza a radiazioni (kGy) | Resistenza a vibrazioni (m/s²) | Resistenza a urti (J) | Resistenza a carichi dinamici (kN) | Resistenza a carichi statici (kN) | Resistenza a carichi puntuali (kN) | Resistenza a carichi distribuiti (kN/m²) | Resistenza a carichi variabili (kN) | Resistenza a carichi costanti (kN) | Resistenza a carichi ciclici (kN) | Resistenza a carichi impulsivi (kN) | Resistenza a carichi termici (°C) | Resistenza a carichi acustici (dB) | Resistenza a carichi elettromagnetici (V/m) | Resistenza a carichi sismici (g) | Resistenza a carichi gravitazionali (g) | Resistenza a carichi magnetici (T) | Resistenza a carichi elettrici (kV) |     |
|---------|---------------|--------------|----------------|-------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|-----|
| SP20    | 20            | 100          | 100            | 0,12        | 150                           | 150                               | 150                            | 10                          | 100                         | 100                          | 100                         | 100                            | 100                           | 100                      | 100                               | 100                           | 100                            | 100                   | 100                                | 100                               | 100                                | 100                                      | 100                                 | 100                                | 100                               | 100                                 | 100                               | 100                                | 100   | 100                              | 100                                     | 100                                | 100                                 |     |
| SP30    | 30            | 150          | 150            | 0,18        | 225                           | 225                               | 225                            | 15                          | 150                         | 150                          | 150                         | 150                            | 150                           | 150                      | 150                               | 150                           | 150                            | 150                   | 150                                | 150                               | 150                                | 150                                      | 150                                 | 150                                | 150                               | 150                                 | 150                               | 150                                | 150   | 150                              | 150                                     | 150                                | 150                                 |     |
| SP40    | 40            | 200          | 200            | 0,24        | 300                           | 300                               | 300                            | 20                          | 200                         | 200                          | 200                         | 200                            | 200                           | 200                      | 200                               | 200                           | 200                            | 200                   | 200                                | 200                               | 200                                | 200                                      | 200                                 | 200                                | 200                               | 200                                 | 200                               | 200                                | 200   | 200                              | 200                                     | 200                                | 200                                 | 200 |
| SP50    | 50            | 250          | 250            | 0,30        | 375                           | 375                               | 375                            | 25                          | 250                         | 250                          | 250                         | 250                            | 250                           | 250                      | 250                               | 250                           | 250                            | 250                   | 250                                | 250                               | 250                                | 250                                      | 250                                 | 250                                | 250                               | 250                                 | 250                               | 250                                | 250   | 250                              | 250                                     | 250                                | 250                                 | 250 |

**ANAS - Autorità Nazionale Autonoma delle Strade**

# Tipologico intervento manutenzione gallerie Profili GFRP spaziatori fissaggio lamiera grecate

## PROFILATI PER IL RIVESTIMENTO DI GALLERIE E ARCA CONCRETO E LAMIERE A RIVESTIMENTO

**Caratteristiche:**

- 1. Elevata resistenza a compressione
- 2. Elevata resistenza a trazione
- 3. Elevata resistenza a flessione
- 4. Elevata resistenza a impatto
- 5. Elevata resistenza a corrosione
- 6. Elevata resistenza a abrasione
- 7. Elevata resistenza a fatica
- 8. Elevata resistenza a deformazione
- 9. Elevata resistenza a temperatura
- 10. Elevata resistenza a umidità
- 11. Elevata resistenza a inquinamento
- 12. Elevata resistenza a radiazioni
- 13. Elevata resistenza a vibrazioni
- 14. Elevata resistenza a urti
- 15. Elevata resistenza a carichi dinamici
- 16. Elevata resistenza a carichi statici
- 17. Elevata resistenza a carichi puntuali
- 18. Elevata resistenza a carichi distribuiti
- 19. Elevata resistenza a carichi variabili
- 20. Elevata resistenza a carichi costanti
- 21. Elevata resistenza a carichi ciclici
- 22. Elevata resistenza a carichi impulsivi
- 23. Elevata resistenza a carichi termici
- 24. Elevata resistenza a carichi acustici
- 25. Elevata resistenza a carichi elettromagnetici
- 26. Elevata resistenza a carichi sismici
- 27. Elevata resistenza a carichi gravitazionali
- 28. Elevata resistenza a carichi magnetici
- 29. Elevata resistenza a carichi elettrici
- 30. Elevata resistenza a carichi termici

| Modello | Spessore (mm) | Altezza (mm) | Larghezza (mm) | Peso (kg/m) | Resistenza a trazione (N/mm²) | Resistenza a compressione (N/mm²) | Resistenza a flessione (N/mm²) | Resistenza a impatto (J/m²) | Resistenza a corrosione (h) | Resistenza a abrasione (mm³) | Resistenza a fatica (cicli) | Resistenza a deformazione (mm) | Resistenza a temperatura (°C) | Resistenza a umidità (%) | Resistenza a inquinamento (mg/m³) | Resistenza a radiazioni (kGy) | Resistenza a vibrazioni (m/s²) | Resistenza a urti (J) | Resistenza a carichi dinamici (kN) | Resistenza a carichi statici (kN) | Resistenza a carichi puntuali (kN) | Resistenza a carichi distribuiti (kN/m²) | Resistenza a carichi variabili (kN) | Resistenza a carichi costanti (kN) | Resistenza a carichi ciclici (kN) | Resistenza a carichi impulsivi (kN) | Resistenza a carichi termici (°C) | Resistenza a carichi acustici (dB) | Resistenza a carichi elettromagnetici (V/m) | Resistenza a carichi sismici (g) | Resistenza a carichi gravitazionali (g) | Resistenza a carichi magnetici (T) | Resistenza a carichi elettrici (kV) |     |     |
|---------|---------------|--------------|----------------|-------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|-----|-----|
| SP20    | 20            | 100          | 100            | 0,12        | 150                           | 150                               | 150                            | 10                          | 100                         | 100                          | 100                         | 100                            | 100                           | 100                      | 100                               | 100                           | 100                            | 100                   | 100                                | 100                               | 100                                | 100                                      | 100                                 | 100                                | 100                               | 100                                 | 100                               | 100                                | 100   | 100                              | 100                                     | 100                                | 100                                 | 100 |     |
| SP30    | 30            | 150          | 150            | 0,18        | 225                           | 225                               | 225                            | 15                          | 150                         | 150                          | 150                         | 150                            | 150                           | 150                      | 150                               | 150                           | 150                            | 150                   | 150                                | 150                               | 150                                | 150                                      | 150                                 | 150                                | 150                               | 150                                 | 150                               | 150                                | 150   | 150                              | 150                                     | 150                                | 150                                 | 150 | 150 |
| SP40    | 40            | 200          | 200            | 0,24        | 300                           | 300                               | 300                            | 20                          | 200                         | 200                          | 200                         | 200                            | 200                           | 200                      | 200                               | 200                           | 200                            | 200                   | 200                                | 200                               | 200                                | 200                                      | 200                                 | 200                                | 200                               | 200                                 | 200                               | 200                                | 200   | 200                              | 200                                     | 200                                | 200                                 | 200 | 200 |
| SP50    | 50            | 250          | 250            | 0,30        | 375                           | 375                               | 375                            | 25                          | 250                         | 250                          | 250                         | 250                            | 250                           | 250                      | 250                               | 250                           | 250                            | 250                   | 250                                | 250                               | 250                                | 250                                      | 250                                 | 250                                | 250                               | 250                                 | 250                               | 250                                | 250   | 250                              | 250                                     | 250                                | 250                                 | 250 | 250 |

**ANAS - Autorità Nazionale Autonoma delle Strade**



**Tipologico intervento manutenzione gallerie**

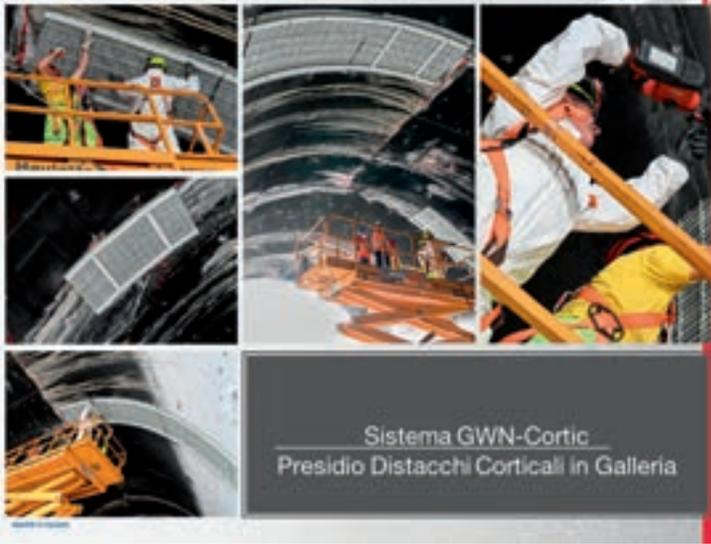
**Distacchi corticali in galleria**  
 Presidio distacchi corticali in galleria con GWN-Cortic

**Sistema GWN – Presidio Distacchi Corticali in Galleria**

**Impiego: Evitare Distacchi Corticali in Galleria**

**Sistema GWN – Presidio Distacchi Corticali in Galleria**

**Impiego: Presidio Distacchi Corticali in Galleria**









# Applicazione sulla rete autostradale ASPI

*a cura di* Ing. Francesca Buttarazzi



autostrade *per l'Italia* 2 DICEMBRE 2019

## APPLICAZIONE SULLA RETE AUTOSTRADALE ASPI

Ing. Francesca Buttarazzi

*Business Unit Ingegneria e Realizzazione  
Coordinamento Piani Nazionali (COPN)  
Responsabile Struttura Assistenza Tecnica*

**AGENDA** L'Espresso Auto



01 LA RETE IN GESTIONE AD ASPI

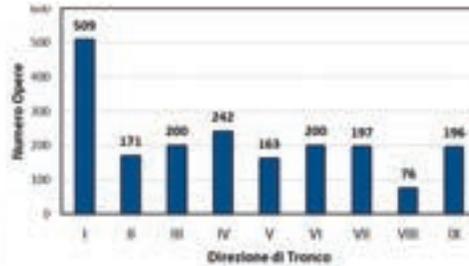
02 LA VALUTAZIONE DEI PONTI E  
VIADOTTI ESISTENTI

03 L'UTILIZZO DI MATERIALI  
INNOVATIVI NELL'ESPERIENZA ASPI:  
SOTTOVIA SP MILANO - MEDA



**01. LA RETE IN GESTIONE AD ASPi**

Distribuzione territoriale delle opere d'arte di luce maggiore di 6m

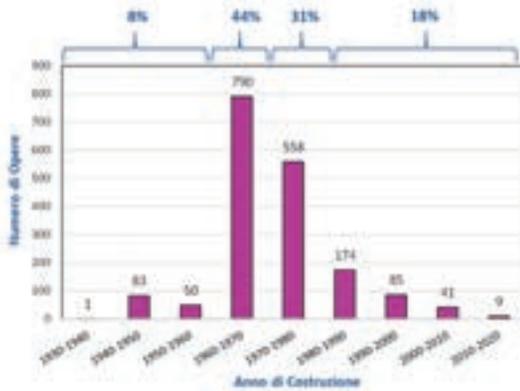


Sulla rete in concessione ad ASPi sono presenti:

- ~1970 ponti e viadotti L>10m
- ~ 550 opere stradali 6m<L< 10m
- ~ 363 opere idrauliche 6m<L< 10m

**01. LA RETE IN GESTIONE AD ASPi**

Epoca di realizzazione



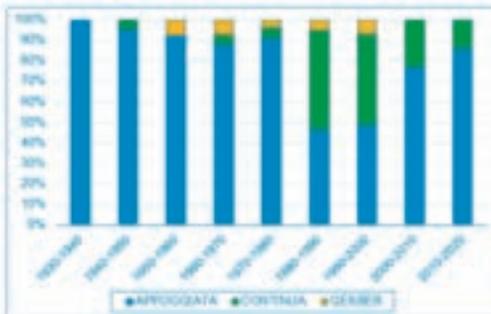
La rete gestita da ASPi conta un totale di circa 1970 opere maggiori (ponti e viadotti con campate di luce > 10 m)

- Circa l'8% sono state realizzate prima del 1960
- Circa il 44% sono state realizzate tra il 1960 e il 1970
- Circa il 31% sono state realizzate tra il 1970 e il 1980
- Circa il 18% sono state realizzate dopo il 1980

Più del 50% delle opere (924) ha superato i 50 anni

**01. LA RETE IN GESTIONE AD ASPi**

Schema statico



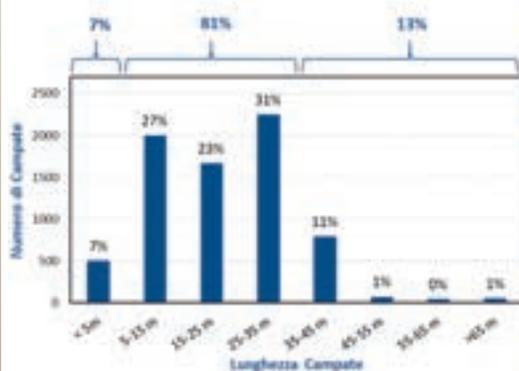
Per le opere realizzate prima degli anni '80, lo schema statico di impalcato a travata in semplice appoggio è quello più diffuso; la soluzione strutturale che prevede l'utilizzo di selle gerber è utilizzata fino al 2000, per poi essere definitivamente abbandonata.

Analizzando le opere costruite entro il 1970 circa 769 presentano uno schema statico di trave semplicemente appoggiata.

La distribuzione di opere in funzione dell'epoca di realizzazione e dello schema statico consente di apprezzare la numerosità di opere su cui valutare gli effetti dovuti al cambiamento delle norme tecniche di riferimento, considerando anche la sostanziale prevalenza dello schema statico a travata in semplice appoggio.

## 01. LA RETE IN GESTIONE AD ASPI

### Dati geometrici



✓ I ponti e viadotti della rete gestita da ASPI presentano una **lunghezza MEDIA** delle campate di circa **24 m**, con un valore della **MODA** di circa **32 m** (valore più frequente)

✓ Circa l'**81%** delle campate ha una lunghezza compresa tra **5 m e 35 m**, coerentemente con le tipologie strutturali, i materiali e gli schemi statici principalmente diffusi sulla rete

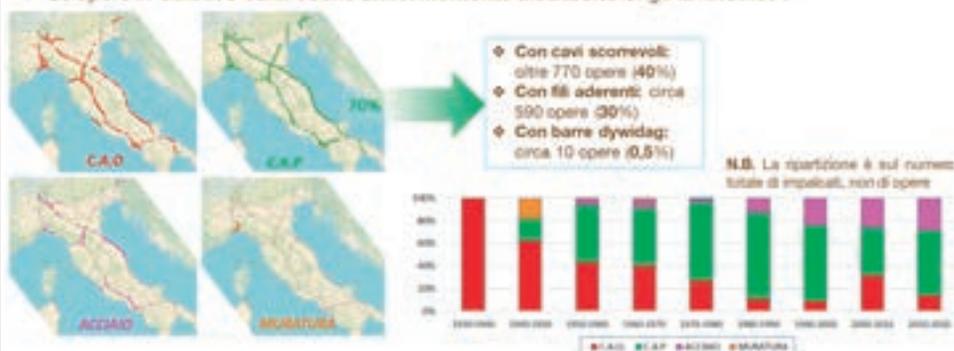
✓ Vi è una **limitata percentuale** di opere d'arte con campate **> 65 m**, realizzate prevalentemente in **acciaio**

▲ Più del **25%** delle campate ha una lunghezza compresa nell'intervallo **30-35 m**

## 01. LA RETE IN GESTIONE AD ASPI

### Materiali

- ◆ Le poche opere in **MURATURA** sono concentrate in **Liguria**
- ◆ Le opere in **ACCIAIO** sono presenti in prevalenza sui tracciati più recenti
- ◆ Le opere in **C.A.O.** e **C.A.P.** sono uniformemente distribuite lungo la rete ASPI



## 01. PREMESSA: LA RETE IN GESTIONE AD ASPI

### Materiali



DT1 - Genova

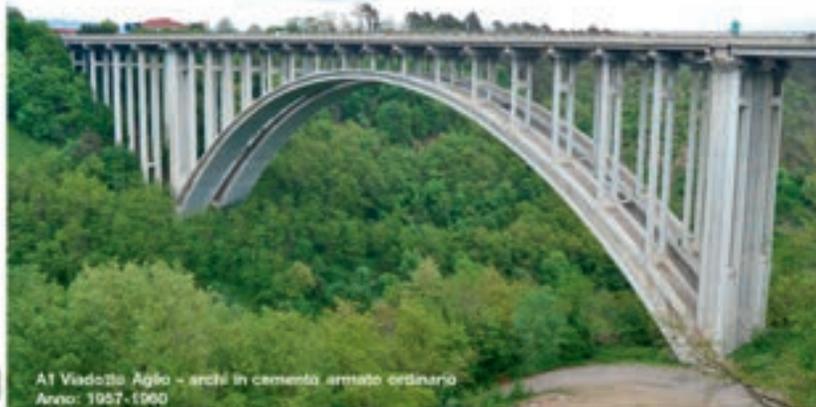


01. PREMESSA: LA RETE IN GESTIONE AD ASPI  
Materiali



DT4 - Firenze

01. PREMESSA: LA RETE IN GESTIONE AD ASPI  
Materiali



DT4 - Firenze

01. PREMESSA: LA RETE IN GESTIONE AD ASPI  
Materiali



DT7 -  
Peccora

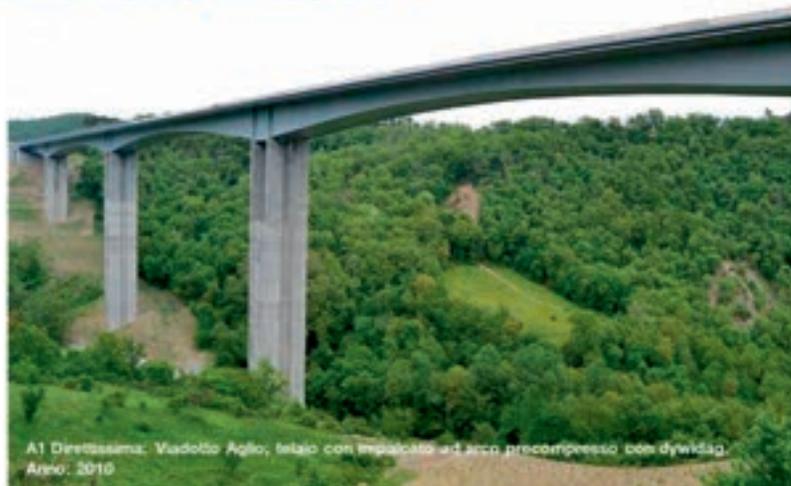
## 01. PREMESSA: LA RETE IN GESTIONE AD ASPI Materiali

2 dicembre 2017

DT4 -  
FirenzeA1 Direttissima: Viadotto Lajatico, viadotto continue in acciaio Corten e asfalto in cui.  
Anno: 2010-2012

## 01. PREMESSA: LA RETE IN GESTIONE AD ASPI Materiali

2 dicembre 2017

DT4 -  
FirenzeA1 Direttissima: Viadotto Aglio, telaio con impalcato ad arco precompresso con dywidag.  
Anno: 2010

## 01. LA RETE IN GESTIONE AD ASPI Normative di progettazione

2 dicembre 2017

- Normale n. 8 del 15/09/1933: norme tecniche del ministero dei lavori pubblici
- Normale n. 6018 del 9-6-1945: norme tecniche del ministero dei lavori pubblici
- Circolare della Direzione Generale ANAS n. 820 del 15/3/1952
- **Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 14 febbraio 1962:**
- D.M. n. 308 del 02.08.80
- D.M. n. 24 del 04.05.90 con la Circolare del 1991
- OPCM 3274/2003 per la progettazione dei ponti in zona sismica e per la verifica dei ponti esistenti
- NTC2008 di cui al DM 14.01.2008 con la Circolare del 2009
- **NTC2018 di cui al DM 17.01.2018 con la Circolare del 2019**

Oltre alle norme tecniche sui ponti, per la progettazione occorre fare riferimento alle altre norme di interesse (sismica, geotecnica, calcolo materiali...)

Le NTC 2008 sono il primo TESTO UNICO per le COSTRUZIONI

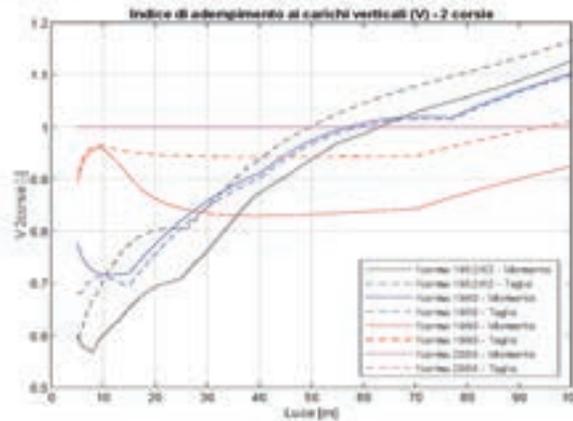


## 01. LA RETE IN GESTIONE AD ASPI

### Normative di progettazione

Esito studio condotto nel 2019 per ASPI dall'Università di Trento sulla gestione e il monitoraggio delle infrastrutture:

♦ definizione dell'indice di adempimento V: rapporto tra le massime sollecitazioni indotte dai carichi mobili previsti dalla normativa in vigore all'epoca di progettazione e quelle previste dalla normativa vigente (NTC 2018) in termini di momento flettente e taglio.

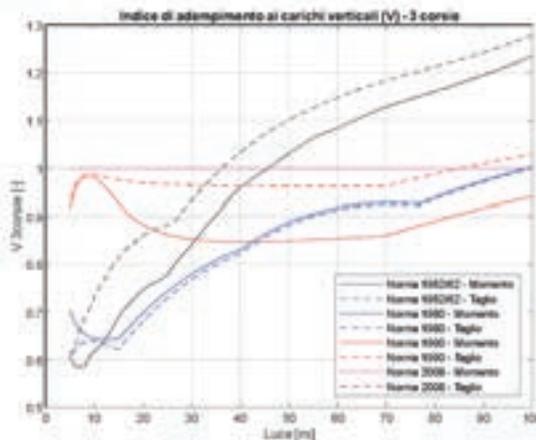


## 01. LA RETE IN GESTIONE AD ASPI

### Normative di progettazione

Esito studio condotto nel 2019 per ASPI dall'Università di Trento sulla gestione e il monitoraggio delle infrastrutture:

♦ definizione dell'indice di adempimento V: rapporto tra le massime sollecitazioni indotte dai carichi mobili previsti dalla normativa in vigore all'epoca di progettazione e quelle previste dalla normativa vigente (NTC 2018) in termini di momento flettente e taglio.



## 02. LA VALUTAZIONE DEI PONTI E VIADOTTI ESISTENTI

Il tema della **sicurezza** e della **durabilità** dei ponti e viadotti in esercizio sulla rete stradale e autostradale del territorio italiano ha avuto una significativa evoluzione a seguito della pubblicazione delle «Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti», approvate dal DM 17/12/2020 (**LG20**).

Le **LG20** propongono un approccio che si sviluppa su **6 livelli differenti (dal LIVELLO 0 al LIVELLO 5 «Resilienza della rete» - non trattato esplicitamente dalle LG20)**, aventi grado di approfondimento e complessità crescenti.

**LIVELLO 0** - Censimento

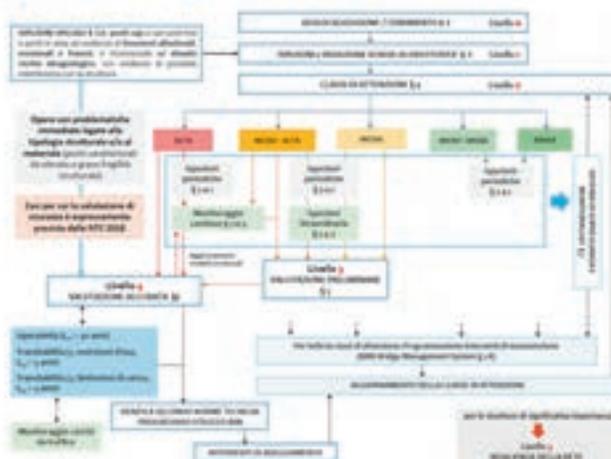
**LIVELLO 1** - Ispezioni visive dirette e rilievo della struttura e delle caratteristiche geo-morfologiche ed idrauliche dell'area

**LIVELLO 2** - Definizione della Classe di Attenzione (CdA)

**LIVELLO 3** - Valutazioni preliminari atte a comprendere se sia necessario procedere con le valutazioni successive (VPL)

**LIVELLO 4** - Valutazioni accurate di sicurezza (VAL4)

## 02. LA VALUTAZIONE DEI PONTI E VIADOTTI ESISTENTI



## 02. LA VALUTAZIONE DEI PONTI E VIADOTTI ESISTENTI LE VALUTAZIONI ACCURATE DI LIVELLO 4

Tali valutazioni sono condotte in accordo a quanto previsto dal DM 17/01/2018, Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018) ma con particolari novità:

- sono fornite indicazioni di dettaglio per la redazione delle **verifiche di sicurezza di opere d'arte esistenti** specializzando ed integrando quanto previsto dalle **NTC18** per tale tipologia di strutture
- nel caso di esito negativo della verifica di sicurezza ai sensi delle **NTC18**, sono forniti gli strumenti per la **gestione del transitorio** tra verifica di sicurezza e la realizzazione dell'intervento di adeguamento (Tempo di riferimento).

Valutazioni accurate di sicurezza sono anche richieste, nell'ambito dei progetti di installazione di barriere integrate, dalle Linee Guida emesse dal MMS che prevedono l'adeguatezza dell'opera sulla quale saranno installate le nuove barriere.

ASPI ha pertanto avviato un programma di assessment di tutte le opere d'arte della rete in concessione, al fine di poter approfondire la conoscenza di ogni opera e individuare gli eventuali interventi di ammodernamento che si rendessero necessari all'esito delle verifiche.

## 03. L'UTILIZZO DI MATERIALI INNOVATIVI NELL'ESPERIENZA ASPI SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (A4 TORINO - TRIESTE)



**COMMITTENTE:** ASPI - Direzione di Tronco di Milano (DT2)

**OGGETTO:** Sottovia SP Milano-Meda, situato sul tratto autostradale dell'A4 compreso tra lo svincolo di viale Certosa e lo svincolo San Giovanni.

Intervento di rinforzo del soletto di primo impianto tramite lamina pstruse in fibre di carbonio.

**PROGETTISTA:** Tecne

**REALIZZAZIONE:** 2021

**IMPRESA:** Pavimental

**TEMPI DI REALIZZAZIONE:** 1 mese

**COSTO INTERVENTO:** 780.000 € (+700 €/mq)

\*Sono esclusi i costi delle autorizzazioni e della sicurezza



03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)



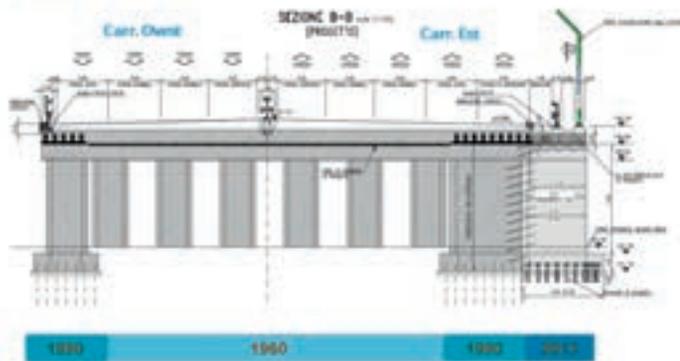
Il viadotto è costituito da n.2 impalcati (Luce=16,00m) indipendenti a sostegno delle rispettive carreggiate autostradali così costituite:

- n.4 corsie in carr. Ovest (dir.Torino)
- n.5 corsie in carreggiata Est (dir.Venezia)

L'opera, oggetto di intervento di installazione di nuove barriere integrate, è stata sottoposta, come richiesto dalle LG MIMS per per la progettazione strutturale relativa ai progetti di installazione delle barriere integrate, alla verifica accurata di sicurezza di livello 4 di cui alle LG20.

03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

SOVRASTRUTTURE



**PRIMO IMPIANTO (1960)**  
Solettone in c.a. di spessore costante pari a 0,90 m

**AMPLIAMENTO 1990**  
Travi prefabbricate in c.a.p. H<sub>trave-soletto</sub>=60x30 cm solidarizzate al solettone  
- Carr. Ovest: n.5 travi  
- Carr. Est: n.9 travi

**AMPLIAMENTO 2013**  
Travi in c.a.p. solidarizzate all'impalcato esistente  
- Carr. Est: n.4 travi in c.a.p.

03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

SOTTOSTRUTTURE

PRIMO IMPIANTO (1960)

- 2 spalle di spessore pari a 80 cm completate da muri di risvolto
- 1 stilata centrale composta da n. 3 fusti in c.a. per ogni singolo impalcato di sezione rettangolare di dimensioni 220 x 80 cm coronati da un pulvino di sezione trasversale pseudo-rettangolare di dimensioni 90 x 100 cm.

Sono stati previsti degli speroni per irrigidire i diaframmi frontali delle spalle, realizzati con l'impiego di fanghi bentonitici e collegati ai diaframmi da un traverso.

A coronamento delle spalle è presente un cuscinetto di appoggio in c.a. (120x40 cm) e un paraghisa (con funzione di contrasto per l'impalcato) di spessore pari a 45 cm.

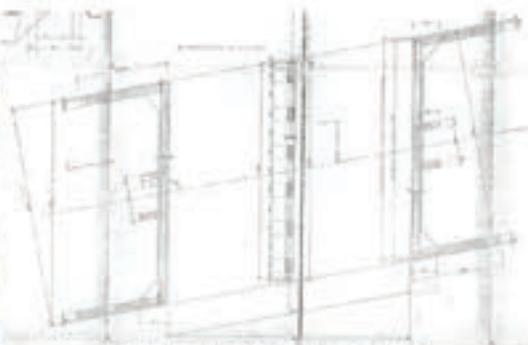


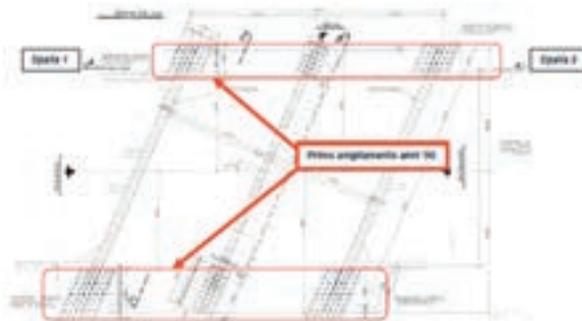
Figura 3.8 - Sezione prospettica sottostruzione di primo impianto anno 60

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### SOTTOSTRUTTURE

##### AMPLIAMENTO 1990

- Spalle ( $s=140$  cm) costituite da plinti su micropali ed elevazioni in c.a.
- Pile a singolo fusto a sezione rettangolare ( $s=80$ cm) e fondate su plinti su micropali



### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

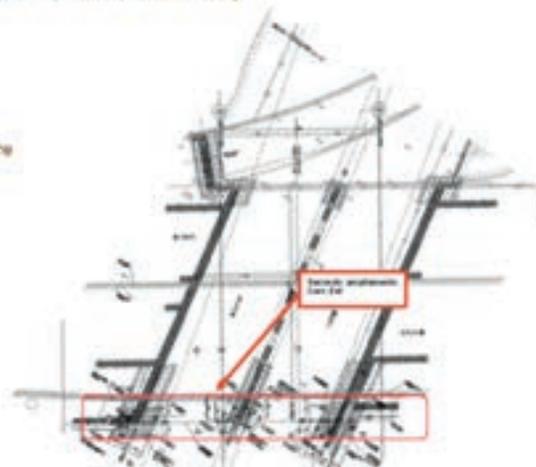


### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### SOTTOSTRUTTURE

##### AMPLIAMENTO 2013

- Spalle ( $s=140$  cm) costituite da plinti su micropali ed elevazioni in c.a.
- Pile a singolo fusto a sezione rettangolare ( $s=80$ cm) e fondate su plinti su micropali



### 03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### SCHEMA STATICO

Lo schema statico è di trave continua su tre appoggi, mantenuta nell'ampliamento 1990.

Per quanto riguarda l'ampliamento 2013 lo schema statico è di trave appoggiata per tutte e due le campate. La continuità della piattaforma stradale è realizzata da un giunto al di sotto della pavimentazione.

#### DISPOSITIVI DI APPOGGIO (cuscinetti in elastomero armato)

- Pile primo impianto anni '60: 13+13 piastre di neoprene 55x35x1.2 cm
- Spalle primo impianto anni '60: 13+13 piastre di neoprene 40x25x1.2 cm
- Pile ampliamento anni '90: 5+9 cuscinetti di neoprene 40x30x4.3 cm
- Spalle ampliamento anni '90: 5+9 cuscinetti di neoprene 30x30x4.3 cm

#### VARCHI tra impalcati e muri paraghiaia

- Primo impianto: l'impalcato è gettato contro i muri paraghiaia con l'interposizione di un foglio di cartongesso bitumato (come descritto nella documentazione as-built), in tal modo l'impalcato risulta vincolato rigidamente alle spalle funzionando come puntone.
- Ampliamento 1990: è stato previsto un giunto di circa 50 mm

### 03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### VAL4 - STATO DI CONSERVAZIONE

Non si riscontrano difetti strutturali estesi e significativi dovuti a degrado consistente o a malfunzionamento o cedimento delle opere di fondazione.

L'unico elemento con un ammaloramento da rilevare è il pulvino di primo impianto che presenta, all'intradosso, per una estensione di circa il 10% della superficie interessata, un consistente degrado del copriferro con conseguente messa a nudo delle armature che risultano dunque ossidate.

Tutte le superfici ammalorate sono state recuperate mediante passivazione delle barre di armatura scoperte e ossidate e conseguente ripristino delle superfici di calcestruzzo ammalorate.

#### Dettagli intervento di ripristino conservativo:

- idrolavaggio delle superfici ammalorate
- posa in opera di reti e.s. per i ripristini superficiali dei calcestruzzi (ricostituzione dei copriferri)
- regolarizzazione delle superfici mediante stuccature
- intonacatura e risanamento delle superfici mediante l'utilizzo di malta monocomponente tissotropica fibrorinforzata, a ritiro compensato e resistente ai solfati
- protezione delle superfici risanate mediante l'applicazione di malta cementizia bicomponente elastica

Pertanto tutte le verifiche di resistenza sono state condotte ipotizzando le sezioni resistenti integre.

### 03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### VAL4 - VERIFICA DEL SISTEMA DI FONDAZIONE

In accordo alle NTC2018, cap. 8.3, 6° capoverso, per l'opera in esame, viste le condizioni al contorno e la tipologia di opera con schema statico ordinario, non è necessaria la verifica del sistema di fondazione.

Dalle indagini geotecniche a disposizione e dalle risultanze della campagna di indagine diagnostica, non si ha evidenza alcuna di dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni né di condizioni morfologiche sfavorevoli.

Inoltre si evidenzia che si è in una zona a bassa sismicità per cui non sono prevedibili fenomeni di ribaltamento o scorrimento per effetto delle azioni sismiche di progetto. La natura dei terreni in corrispondenza dell'opera non porta inoltre a prevedere fenomeni di liquefazione dovuti alle azioni sismiche di progetto.

Non sussistono inoltre le condizioni che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale (opera inserita in un rilevato autostradale).

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### VAL4 – CONOSCENZA DELL'OPERA

L'opera appare definita completamente dagli **elaborati as built** (disegni e/o relazioni di calcolo), dalle **indagini strutturali** e dai **rilevi geometrici** effettuati nell'ambito delle indagini eseguite, che consentono l'identificazione dei parametri necessari all'esecuzione delle verifiche di sicurezza.

In particolare, sono state condotte le seguenti indagini:

- rilievo geometrico di dettaglio
- n 32 prelevi di barre per prova di trazione
- n 41 prelevi di carote di calcestruzzo per prove di compressione e carbonatazione
- n 22 prove combinate Sonreb
- n 8 prove pacometriche / saggi visivi
- rilievo della pavimentazione stradale.

Per la caratterizzazione dei materiali strutturali delle opere di recente realizzazione (Ampliamento 2013) e conformi alle **NTC 2008**, a fronte dei certificati di resistenza dei materiali (forniti dalla Direzione Lavori) che confermano la rispondenza del progetto esecutivo a quanto realizzato, le verifiche di tali parti sono state condotte adottando le caratteristiche di resistenza dei materiali definiti in sede di progetto.

In base alla numerosità dei dati a disposizione (indagini diagnostiche e as-built), si è assunto un livello di conoscenza LC3 (FC=1.0).

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### VAL4 – DEFINIZIONE DELLA DOMANDA

La **domanda** è stata definita considerando i seguenti casi di carico elementari:

- $G_1$  peso proprio strutture
- $G_2$  sovraccarichi permanenti
- $Q_{11}$  carichi mobili (schema di carico 1)
- $Q_{12}$  carichi mobili (schema di carico 2) (per le verifiche locali)
- $Q_{1a}$  azioni di frenatura
- $F_w$  vento impalcato/veicoli/barriere
- $A_{11}$  urto barriere
- E azione sismica

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### VAL4 – VERIFICHE DI SICUREZZA

Sono state condotte le seguenti verifiche di sicurezza:

##### CONDIZIONE DI ADEGUATEZZA

- Solettone di primo impianto (flessione/taglio e locale per azione d'urto)
- Travi ampliamento 1990 (flessione/taglio, connessione trave/soletta)
- Soletta trasversale ampliamento 1990 (solidarizzazione 1960/1990 – 1990/2013 – urto veicolo in svio)
- Travi ampliamento 2013
- Appoggi
- Pile (flessione/taglio e solidarizzazione pile)
- Pulvini
- Spalle

##### CONDIZIONE DI OPERATIVITÀ

- Verifiche impalcato impianto 1960





CONTINUI 2017

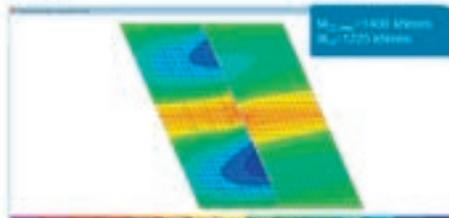
### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### VAL4 – CONFRONTO CAPACITÀ/DOMANDA IMPALCATO PRIMO IMPIANTO

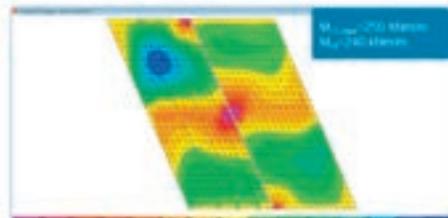
L'armatura in campata è costituita da due strati (superiore e inferiore), così definiti:

- Armatura inferiore: 6025/mi (longitudinale) + 2020/mi (trasversale)
- Armatura superiore: 1016/mi (longitudinale) + 2020/mi (trasversale)

Tali quantitativi sono confermati dalla restituzione grafica delle indagini diagnostiche svolte nelle sezioni in campata.



Sviluppo SLU momenti flettenti M22 (lung)



Sviluppo SLU momenti flettenti M11 (trasv)

N.B. Il calcolo della soletta viene effettuato considerando lo schema di trave equivalente di larghezza unitaria (1 metro). Tale schema riproduce in maniera sufficientemente approssimata il comportamento reale della soletta. Di conseguenza tutte le grandezze che verranno introdotte nel seguito saranno riferite al metro lineare di soletta.



CONTINUI 2017

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### VAL4 – ESITI DELLE VALUTAZIONI

Dalla valutazione della sicurezza risulta che l'opera, sottoposta ai carichi statici del traffico e del vento e alle azioni dinamiche del sisma di progetto, non garantisce il livello di sicurezza minimo richiesto dalle **NTC2018**.

In particolare, il difetto si riscontra nell'opera di primo impianto (anni '60) per cui si hanno i seguenti coefficienti di sicurezza minimi per le verifiche a flessione in campata, per le combinazioni allo SLU in presenza di traffico:

CS = 0.88 < 1 (flessione in direzione longitudinale)

CS = 0.96 < 1 (flessione in direzione trasversale)

Si ha dunque:

CS = 0.76 (flessione in direzione longitudinale)

CS = 0.93 (flessione in direzione trasversale)

Passando alla condizione di **operatività** prevista dalle LG20 ( $T_{dur} = 30$  anni), limitatamente alla verifica della sezione in campata per flessione in direzione longitudinale e trasversale, l'opera sottoposta ai carichi statici valutati per tale condizione presenta coefficienti di sicurezza superiori all'unità.

Ai fini della realizzazione dell'intervento di installazione delle nuove barriere integrate, si è reso necessario un intervento di rinforzo dell'impalcato del primo impianto per conseguire l'**adeguatezza** dell'opera.



CONTINUI 2017

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### INTERVENTO DI RINFORZO IMPALCATO PRIMO IMPIANTO – METODOLOGIA DI CALCOLO

Normativa di riferimento:

Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati - Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie - emanata dal Consiglio Nazionale delle Ricerche CNR-DT 200/2004.

#### Capitolo 3: CONCETTI BASILARI DEL PROGETTO DI RINFORZO E PROBLEMATICHE SPECIALI

Assunzioni fondamentali:

- ❖ la **scelta ed il progetto** del sistema di rinforzo siano eseguiti da **tecnici qualificati ed esperti**
- ❖ la **successiva esecuzione** dell'intervento sia effettuata da **maestranze in possesso di un adeguato livello di capacità ed esperienza**
- ❖ siano garantite un'adeguata **supervisione ed un controllo di qualità** durante lo sviluppo del processo
- ❖ i materiali da costruzione ed i prodotti utilizzati siano impiegati come di seguito specificato.

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### INTERVENTO DI RINFORZO IMPALCATO PRIMO IMPIANTO

Il consolidamento è stato effettuato mediante applicazione di lamine pultruse in fibra di carbonio ad elevata resistenza e resine epossidiche di incollaggio (FRP) aventi le seguenti caratteristiche meccaniche:

##### CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL RINFORZO FRP

|  |                 |        |                      |
|--|-----------------|--------|----------------------|
| Modulo di elasticità normale                       | $E_s$           | 190000 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Modulo di elasticità tangenziale dell'adesivo      | $G_s$           | 6      | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Lunghezza ottimale di ancoraggio                   | $L_a$           | 185.43 | [mm]                 |
| Coefficiente di ricoprimento                       | $k_a$           | 1      |                      |
| Resistenza a trazione caratteristica               | $f_{ts}$        | 3100   | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Resistenza a trazione di progetto                  | $f_{td}$        | 2395   | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Energia specifica di frattura                      | $f_{fs}$        | 0.401  | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Momento d'inerzia                                  | $I_s$           | 205.80 | [mm <sup>4</sup> ]   |
| Resistenza dell'adesione tra rinforzo e cls        | $f_{ad}$        | 2.71   | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Deformazione caratteristica a rottura del rinforzo | $\epsilon_{ts}$ | 0.006  |                      |
| Deformazione massima del rinforzo                  | $\epsilon_{td}$ | 0.0035 |                      |

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### INTERVENTO DI RINFORZO IMPALCATO PRIMO IMPIANTO – COEFFICIENTI PARZIALI

Per i materiali e i prodotti, agli stati limite ultimi, le istruzioni del CNR suggeriscono dei valori diversi a seconda che il collasso avvenga per rottura del materiale o per delaminazione.

Come suggeriscono le indagini sperimentali, verificate numericamente per il caso in esame, nella maggior parte dei casi il collasso del rinforzo è determinato dal distacco dalla superficie di calcestruzzo (delaminazione).

Si adotta quindi il corrispondente coefficiente di sicurezza, considerando che il materiale scelto per il rinforzo sia certificato secondo quanto specificato al cap. 2 delle Istruzioni del CNR (Applicazione tipo A).

**Tabella 3-2 – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per i materiali ed i prodotti.**

| Modalità di collasso | Coefficiente parziale | Applicazione tipo A <sup>(1)</sup> | Applicazione tipo B <sup>(2)</sup> |
|----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Rottura              | $\gamma_R$            | 1.10                               | 1.25                               |
| Delaminazione        | $\gamma_{Rd}$         | 1.20                               | 1.50                               |

<sup>(1)</sup> Sistemi di rinforzo certificati in accordo a quanto indicato al capitolo 2 di queste Istruzioni (§ 2.3).

<sup>(2)</sup> Sistemi di rinforzo non certificati in accordo a quanto indicato al capitolo 2 di queste Istruzioni (§ 2.3).

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### INTERVENTO DI RINFORZO IMPALCATO PRIMO IMPIANTO – DESCRIZIONE INTERVENTO

Essendo la tessitura delle fibre del composito monodirezionale, l'intervento si rende necessario in entrambe le direzioni; è possibile individuare le seguenti macro fasi:

##### Fase 1: Applicazione del rinforzo in direzione longitudinale.

Disposizione di 1 strato di lamine ( $s=1,4$  mm) di larghezza 600 mm distanziate di 30 mm per una lunghezza totale di 8 m + 1 strato di lamina integrative ( $s=1,4$  mm) in corrispondenza della mezzeria di larghezza 300 mm distanziate di 30 mm e lunghezza totale di 6 m.

Da tale configurazione derivano 2 sezioni di verifica:

- **S1** mezzeria impalcato: larghezza del rinforzo  $b_f = 1000(150+30) \cdot 150 = 833$  mm
- **S2** estremità rinforzo: larghezza del rinforzo  $b_f = 600$  mm

##### Fase 2: Applicazione del rinforzo in direzione trasversale.

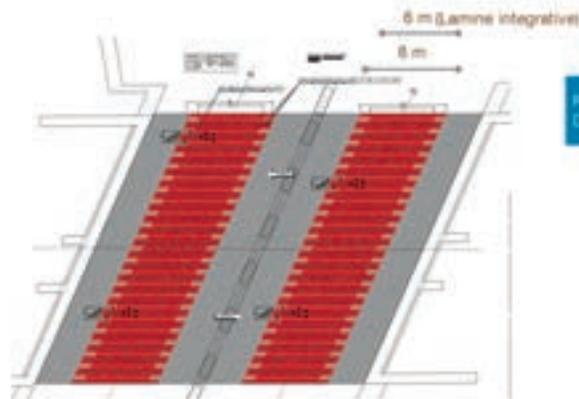
Disposizione uniforme sulla larghezza totale dell'impalcato pari a 13,5 m di 1 strato di lamine ( $s=1,4$  mm) distanziate di 30 mm per una larghezza totale di 5 m.

La disposizione longitudinale delle lamine è stata ottimizzata in base al diagramma del momento flettente sollecitante, considerando una applicazione "a scaletta".

Le lamine hanno larghezza di 150 mm.

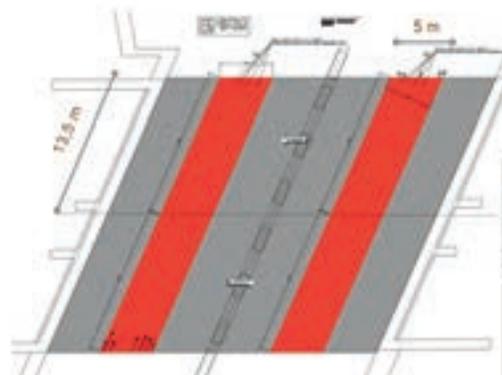


### 03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0) INTERVENTO DI RINFORZO IMPALCATO PRIMO IMPIANTO



Rinforzo FRP  
Direzione longitudinale

### 03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0) INTERVENTO DI RINFORZO IMPALCATO PRIMO IMPIANTO



Rinforzo FRP  
Direzione trasversale

### 03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### INTERVENTO DI RINFORZO IMPALCATO PRIMO IMPIANTO - DELAMINAZIONE

Nel rinforzo di elementi in c.a. il ruolo dell'aderenza tra calcestruzzo e composito assume grande importanza in quanto il meccanismo di rottura per delaminazione è di tipo fragile.

Nello spirito del criterio della gerarchia delle resistenze, tale meccanismo non deve precedere quello di rottura per flessione e risulta quindi dimensionante nel calcolo.

In particolare, per il calcolo della capacità flessionale dell'elemento rinforzato la resistenza massima è stata determinata in corrispondenza del raggiungimento della deformazione massima di delaminazione.

Si riportano di seguito i valori elaborati in base alle caratteristiche meccaniche e geometriche del rinforzo.

| RESISTENZA ALLO SLU PER DELAMINAZIONE DI ESTREMITA' |                  |        |                      |
|---|------------------|--------|----------------------|
| Tensione massima nella tensione terminale           | $f_{dd}$         | 224.61 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| RESISTENZA ALLO SLU PER DELAMINAZIONE INTERMEDIA    |                  |        |                      |
| Tensione massima tra due fessure                    | $f_{del,1}$      | 673.84 | [N/mm <sup>2</sup> ] |
| Deformazione massima tra due fessure                | $\epsilon_{del}$ | 0.0035 |                      |



1 DICEMBRE 2017

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### INTERVENTO DI RINFORZO IMPALCATO PRIMO IMPIANTO – LUNGHEZZA OTTIMALE DI ANCORAGGIO

Per ognuna delle tipologie di rinforzo sopra descritte, in accordo con le Istruzioni CNR, viene determinata la lunghezza ottimale di ancoraggio.

Tale valore risulta univocamente definito dalle seguenti grandezze:

- resistenza a trazione del calcestruzzo  $f_{ctm} = 3.87$  Mpa,
- spessore della lamina  $t_1 = 1,4$  mm
- modulo elastico normale FRP  $E_1 = 190000$  Mpa

Ne deriva una lunghezza ottimale di ancoraggio pari a  $l_a = 185$  mm; si assume quindi il minimo previsto da CNR pari a 200 mm (§4.6.2.2 Particolari costruttivi e norme di esecuzione).

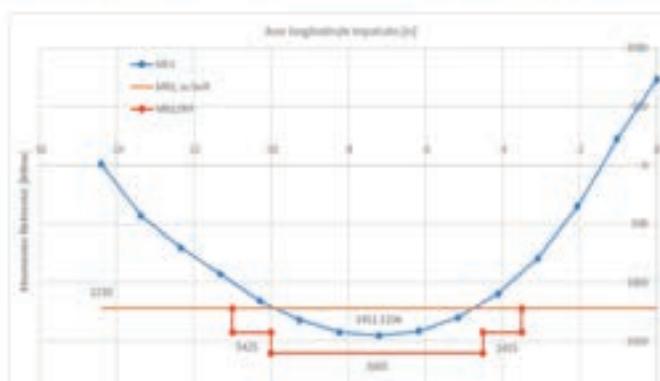
A favore di sicurezza, per entrambe le estremità di ogni lamina verrà assunta una lunghezza di ancoraggio pari a 250 mm.



1 DICEMBRE 2017

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### INTERVENTO DI RINFORZO IMPALCATO PRIMO IMPIANTO – VERIFICA A FLESSIONE LONGITUDINALE



Da  $x=10$  m a  $x=4,7$  m il momento sollecitante ( $M_{Ed}$ ) supera il momento resistente ( $M_{Rd,red}$ ).

Il rinforzo è progettato per soddisfare la verifica entro tale lunghezza, ed assicurare un adeguato coefficiente di sicurezza lungo tutto l'asse longitudinale.

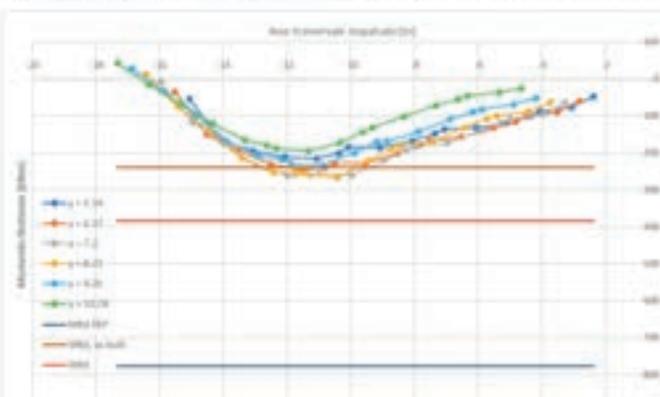
A seguito dell'applicazione del rinforzo (appresentato dalla linea rossa) tutte le sezioni risultano verificate ( $M_{Ed,red}$ ).



1 DICEMBRE 2017

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### INTERVENTO DI RINFORZO IMPALCATO PRIMO IMPIANTO – VERIFICA A FLESSIONE TRASVERSALE



Nelle sezioni  $y=6,17 - 7,2 - 8,22$  la verifica non è soddisfatta.

$M_{Ed,trans,red} = 240$  kNm

$M_{Rd,trans} = 384$  kNm

§3.4 Istruzioni CNR di progetto non può essere considerato un momento di progetto di carico, dovuto al fatto che, secondo il §3.4 dell'Istruzione CNR, si applica il 50% del momento trasversale.

$M_{Ed,trans} = 777$  kNm



### 03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### INTERVENTO DI RINFORZO IMPALCATO PRIMO IMPIANTO - VERIFICHE INTERFACCIA (SLE)

All'interfaccia tra calcestruzzo e rinforzo si verificano concentrazioni tensionali (tangenziali e normali) localizzate in corrispondenza delle fessure trasversali presenti nel calcestruzzo, soprattutto alle estremità del rinforzo.

Tali concentrazioni possono innescare la **fessurazione dell'interfaccia innescando il distacco tra i due materiali**.

Viene quindi prescritto che la tensione tangenziale "equivalente",  $t_{eq}$ , sia inferiore alla resistenza di adesione tra il rinforzo e il substrato di calcestruzzo,  $t_{ad}$  pari a **2,71 MPa**.

Le verifiche sono state effettuate nelle tre sezioni di verifica (1 trasversale e 2 longitudinali):

| Sezione | $b_f$<br>[mm] | $t_{concreto}$<br>[MPa] | $t_{eq}$<br>[MPa] | Verifica<br>$t_{eq} < t_{ad}$ |
|---------|---------------|-------------------------|-------------------|-------------------------------|
| S1      | 833           | 1,48E-02                | 1,55E-01          | ✓                             |
| S2      | 600           | 2,37E-02                | 1,01E-01          | ✓                             |
| S3      | 1000          | 2,70E-03                | 2,45E-02          | ✓                             |

### 03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### CAMPO PROVE - PROVE DI ADESIONE IN OPERA -PULL-OFF- ESEGUITE DA MAPEI

Sono state condotte n° 12 prove di adesione in sito, (tab.1 UNI EN 1542 - Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Misurazione dell'aderenza per trazione diretta) sul n°4 campioni di prova realizzati in opera, mediante l'installazione dei materiali previsti dal sistema di rinforzo strutturale CARBOPLATE SYSTEM composto da lamina pultusa in fibra di carbonio e resine epossidiche d'incollaggio (FRP).

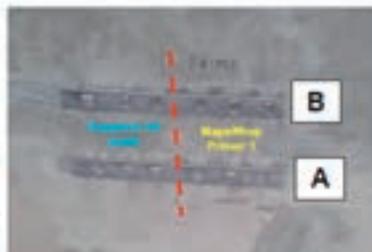
È stata utilizzata la lamina CARBOPLATE E200/100/1,4, larghezza 100 mm, due pezzi da 1 m ca., incollati sull'intradosso dell'impalcato con l'adesivo epossidico bicomponente MAPEWRAP 11, con e senza l'applicazione del primer MAPEWRAP PRIMER 1.

Sono stati testati due tipologie di substrato differenti:

Zona A substrato in calcestruzzo tal quale

Zona B substrato in calcestruzzo ripristinato con la malta strutturale di classe R4 MAPEGROUT EASY FLOW stagionata

In entrambi i casi è previsto il trattamento di irruvidimento delle superfici per la rimozione corticale del lattime di cemento.



### 03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### METODOLOGIA DI PROVA: MISURA DELL'ADESIONE PER TRAZIONE DIRETTA

La metodologia permette la determinazione della resistenza allo strappo (adesione) di un rivestimento, misurando la maggiore forza perpendicolare (in tensione) che una porzione di superficie può sopportare, prima che un **fascetto di materiale si distacchi**.

Il confinamento delle aree di prova, lato 50 mm è stato eseguito mediante il taglio a secco, con disco diamantato, sullo spessore totale del rinforzo in carbonio, fino al substrato per ulteriori 5 mm c.a.

Su tali aree sono state incollate le piastre di metallo (dolby) con l'adesivo epossidico bicomponente ADESILEX PG1. Dopo il completo indurimento dell'adesivo, si è proceduto con l'apparecchio manuale Adhesion Tester Control mod.58-C0215 con dinamometro da 16 kN, fissato al tassello dotato di sistema autocentrante, ad esercitare una tensione normale perpendicolare alla superficie di prova, finché la porzione del materiale di rivestimento non si è staccata.





03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### METODOLOGIA DI PROVA: MISURA DELL'ADESIONE PER TRAZIONE DIRETTA

Per ogni prova è stata determinata la tensione di adesione a partire dalla forza applicata ed è stata indicata la tipologia di adesione.

|            |   |   |
|------------|---|---|
| <b>A</b>   |   | Rottura per lacerazione del substrato   |
| <b>A+B</b> |   | Adesione nell'interfaccia substrato/sovraincasso  |
| <b>B</b>   |   | Rottura per lacerazione del rivestimento  |
| <b>A+B</b> |   | Rottura mista per lacerazione del substrato e del rivestimento                              |
| <b>A+B</b> |   | Rottura per lacerazione del substrato e adesione nell'interfaccia substrato/sovraincasso    |
| <b>B+B</b> |   | Rottura per lacerazione del rivestimento e adesione nell'interfaccia substrato/sovraincasso |
| <b>B/Y</b> | - | Mancata adesione tra il rivestimento e strato di adesione                                   |
| <b>Y</b>   | - | Rottura coassiale dello strato di adesione  |
| <b>Y/E</b> | - | Mancata adesione tra il collante e lo strato di adesione                                    |
| <b>E</b>   | - | Presenza di fessure d'arruolatura   |



03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

#### CAMPO PROVE - PROVE DI ADESIONE IN OPERA -PULL-OFF-

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Tip. di cantiere                    | Intervento zona AL. Sottovia Sp. Milano - Zona AL |
| Modalità di esecuzione del cantiere | Intervento superficiale                           |
| Tip. di collante                    | CAPELLATO EPICOR 2000/2001                        |
| Tip. di rivestimento                | FC  |
| Tipologia di prova                  | PT  |
| Data di prova                       | 24/05/2017  |

| Punto n° | Intervento                      | Firma del collante | Firma del rivestimento | Spettro di adesione |     |   |     |       |       |     |   |     |   |   |
|----------|---------------------------------|--------------------|------------------------|---------------------|-----|---|-----|-------|-------|-----|---|-----|---|---|
|          |                                 |                    |                        | A                   | A+B | B | B+B | A+B+B | B+B+B | B/Y | Y | Y/E |   |   |
| 1        | Zona B<br>sovraincasso<br>colt. | 11,983             | 6,19                   | A                   | -   | - | -   | -     | -     | -   | - | -   | - | - |
| 2        | Zona B<br>sovraincasso<br>colt. | 10,021             | 4,81                   | A                   | -   | - | -   | -     | -     | -   | - | -   | - | - |
| 3        | Zona B<br>sovraincasso<br>colt. | 11,011             | 6,85                   | A                   | -   | - | -   | -     | -     | -   | - | -   | - | - |
| 4        | Zona B<br>sovraincasso<br>colt. | 9,158              | 3,89                   | A                   | -   | - | -   | -     | -     | -   | - | -   | - | - |
| 5        | Zona B<br>sovraincasso<br>colt. | 8,817              | 3,89                   | A                   | -   | - | -   | -     | -     | -   | - | -   | - | - |
| 6        | Zona B<br>sovraincasso<br>colt. | 14,027             | 5,83                   | A                   | -   | - | -   | -     | -     | -   | - | -   | - | - |
| 66       | Zona B<br>sovraincasso<br>colt. | 7,128              | 3,85                   | A                   | -   | - | -   | -     | -     | -   | - | -   | - | - |
| 26       | Zona B<br>sovraincasso<br>colt. | 8,857              | 4,14                   | A                   | -   | - | -   | -     | -     | -   | - | -   | - | - |
| 66       | Zona B<br>sovraincasso<br>colt. | 8,885              | 4,87                   | A                   | -   | - | -   | -     | -     | -   | - | -   | - | - |
| 66       | Zona B<br>sovraincasso<br>colt. | 8,961              | 4,19                   | A                   | -   | - | -   | -     | -     | -   | - | -   | - | - |
| 66       | Zona B<br>sovraincasso<br>colt. | 8,887              | 3,85                   | A                   | -   | - | -   | -     | -     | -   | - | -   | - | - |
| 66       | Zona B<br>sovraincasso<br>colt. | 8,724              | 3,88                   | A                   | -   | - | -   | -     | -     | -   | - | -   | - | - |



03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA

### 03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

Le fasi dell'intervento sono le seguenti:

- ◆ Eventuali ripristini effettuati in soletta
- ◆ Preparazione del substrato
- ◆ Applicazione del collante
- ◆ Applicazione delle fibre
- ◆ Applicazione della Malta tixotropica bicomponente con polimeri





03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)



03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)



03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)





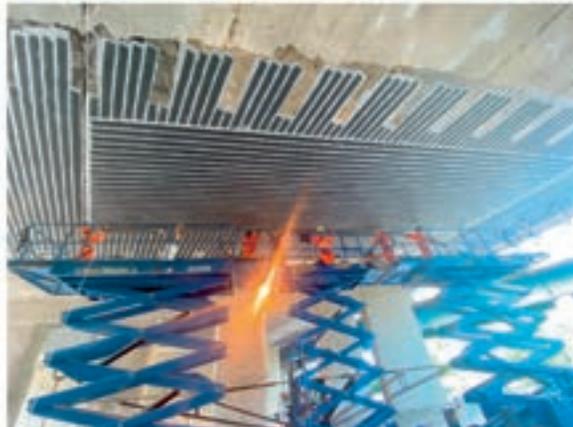
03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

03.000000 SP



03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

03.000000 SP

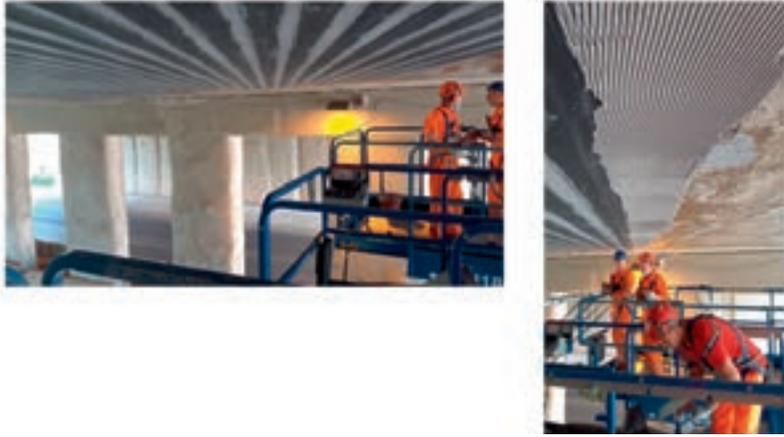


03. SOTTOVIA SP MILANO – MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)

03.000000 SP



03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)



03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)



03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)





**03. SOTTOVIA SP MILANO - MEDA (OPERA 04.02.0011.0.0)**









# **Halls River Bridge: ponte stradale con armatura in composito**

*a cura di* **Ing. Aniello A. Giamundo**

## - Halls River Bridge -

### Ponte stradale con armatura in composito

Durabilità e sostenibilità ambientale, prospettiva appaltatore/progettista

- dimostratore di un progetto internazionale -



Ing. Aniello A. Giamundo



## Halls River Bridge



- Situato in Citrus County e consiste nella sostituzione dell'esistente. La sezione del ponte è una larghezza di due corsie di 12', 8' di spalla e 5' di marciapiede in ogni direzione.
- Il ponte proposto è stato costruito utilizzando travi composite, pali precompressi con cavi in carbonio e rinforzo in FRP per l'impalcato del ponte.
- È previsto il metodo di costruzione in due fasi, demolizione parziale della struttura del ponte esistente, costruzione di una porzione del nuovo ponte, demolizione della struttura del ponte esistente rimanente e completamento del nuovo ponte.

Il progetto di sostituzione del ponte sul fiume Halls è iniziato il 9 gennaio 2017 e il completamento previsto entro la fine dello stesso.

Pur non essendo una struttura iconica in termini di estetica e geometria, rappresenta una costruzione di riferimento per i sistemi di materiali e per la tecnologia adottati per la prima volta da FDOT.

Come per molti dei ponti della Florida, sia la sovrastruttura che la sottostruttura sono classificate come soggette a estrema aggressività a causa delle concentrazioni di cloruro del fiume Halls River e della stretta vicinanza della sovrastruttura all'acqua.

L'uso di barre, staffe e trefoli in polimero rinforzato con fibre non corrosive (FRP) come rinforzo del calcestruzzo e cavi di precompressione è un metodo efficiente per affrontare la durabilità a lungo termine.

I rinforzi in FRP sono utilizzati per le paratie in calcestruzzo gettate in opera, armatura di pali, pareti laterali, pareti posteriori, impalcati, barriere stradali. I trefoli FRP sono utilizzati per pile e palancole.

### Progettazione esente da corrosione con compositi FRP

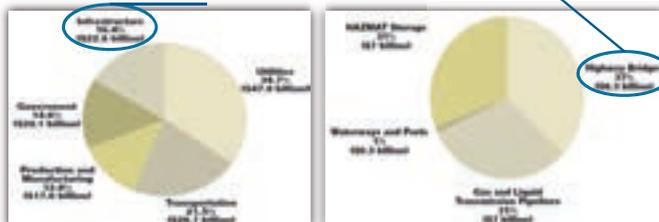
- Perché rinforzo in FRP
- Panoramica progetto
- Materiali compositi
- Riferimenti, codici e specifiche



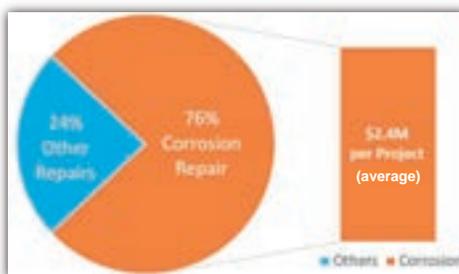
Perché rinforzo in FRP  
Costi di corrosione (Stati Uniti)

Infrastructure - 16.4% (\$22.6 billion)

Hwy Bridges - 37% (\$8.3 billion)



Costi di Corrosione – Distretto FDOT 7  
FY 02/03 al 12/13  
54 progetti di ponti studiati (20 in acciaio, 34 calcestruzzo)



Source: FDOT D7 District Structures Maintenance Office & T.Y. Lin

Panoramica progetto

**Demonstration Project with Innovative Materials – First in Florida**

- ✓ Superstructure: Hybrid Composite Beams; GFRP Bars; Deck, Wingwall, Backwall, Barriers & Approach Slabs
- ✓ Substructure: CFCC Prestressed Piles; Bent Caps: GFRP Bars
- ✓ Sheet Pile Walls: CFCC/GFRP Sheet Piles; Wall Cap: GFRP Bars

**Accelerated Construction**

- Lighter Materials – Beams and Rebar
- Faster Transportation and Delivery
- reduced construction time

**Estimated Project Cost - \$6.1 Million (Structures = \$3.7 Million)**

- Bridge Cost = \$221 / sq. ft.
- (Conventional Construction = \$198 / sq. ft.)

Ponte esistente



Barre rinforzate in Fibra di Vetro (GFRP) RWB-A della ATP

Soluzione alternativa



Cavi Composti in Fibra di Carbonio (CFCC)



Cost Comparison (Installed Price)

| Bar Size | Nominal Diameter | Average Unit Costs of Three Bidders on the Halls River Bridge Project |             | FDOT Structures Manual for BOB Cost Estimating |                 |
|----------|------------------|---|-------------|--|-----------------|
|          |                  | GFRP Bar  | CFRP Bar    | Grade 60 Steel Bar                             | Stainless Steel |
| #4       | 0.500"           | \$1.18 / LF   | \$2.99 / LF | \$0.60 / LF                                    | \$2.23 / LF     |
| #5       | 0.625"           | \$1.32 / LF   | \$8.94 / LF | \$0.94 / LF                                    | \$4.19 / LF     |
| #6       | 0.750"           | \$1.55 / LF   | -           | \$1.35 / LF                                    | \$5.98 / LF     |
| #8       | 1.000"           | \$2.54 / LF   | -           | \$2.40 / LF                                    | \$10.74 / LF    |

**Note:** There is not a substitution of FRP for steel bars.  
 Black steel bar based on \$0.90 / lb for all bar sizes.  
 Stainless steel bar based on \$4.00 / lb for all bar sizes.



Breakeven yr 18

CFRP: \$2.29 Million

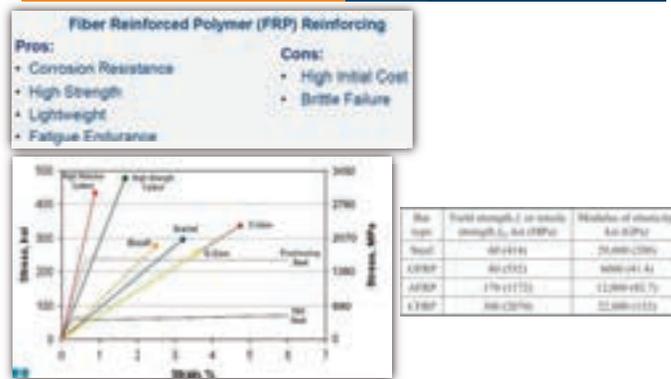
Epoxy-Coated: \$5.63 Million

Black Steel: \$5.98 Million

Bridge Life-Cycle Cost



Source: Ohio Bridge Design Conference presentation, "New Generation of Sustainable CFRP Prestressed Concrete Highway Bridges" (Dr. Nabil Grace, 2014)



Norme di riferimento

Disposizione Tecnica Speciale Manuale di Progettazione e Manutenzione



Manuale di Installazione sul Campo



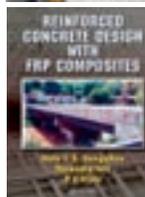
Norme di riferimento



## Norme di riferimento

### FDOT Developmental Standards:

- Pultruded FRP Bar Bending Details (Index D21719)
- 18" CFRP Prestressed Piles (Index D22818)
- CFRP Prestressed Piles Splices (Index D22607)
- CFRP-GFRP Sheet Pile Walls (Index D22440)
- Traffic Rating - GFRP Reinforced (Index D22420)
- Approach Slab - GFRP Reinforced (Index D22900)



## Descrizione del Progetto

- Rinforzo in FRP per la soletta del ponte principale
- Travi composite Hillman (HCB)
- Rinforzi in FRP di carbonio e pre-stressante per pali da 18"
- Palancole prefabbricate in calcestruzzo con precompressione in Carbon FRP e rinforzo in Glass FRP
- GFRP per tutte le strutture gettate in Opera.



Installazione di Palancole CFRP/GFRP



Infissione su Pali in CFRP



Assemblaggio di gabbie piegate in vetroresina

## Materiali compositi - Considerazioni sulla Costruzione

### Stoccaggio e Logistica del Sito

Trasporto e stoccaggio di solito in container: evitare la manipolazione errata dell'armatura e la protezione dalla luce solare diretta.

Il peso leggero del tondo per cemento armato FRP rende facile la gestione dell'uomo di tutte le dimensioni e lunghezze riducendo al minimo i problemi di salute e sicurezza.

Necessità di essere protetto dall'esposizione prolungata alla luce solare diretta

### Vantaggi:

- Elevata resistenza alla corrosione
- Resistenza alla trazione
- Peso ridotto
- È trasparente ai campi magnetici e alle frequenze radar
- Il GFRP ha una bassa conduttività elettrica e termica
- Ridotti copriferro
- Risparmio di manodopera durante l'installazione
- Proprietà del calcestruzzo meno rigorose



### Assemblaggio e posizionamento armature in cantiere



### Travi armate in GFRP, operazioni getto calcestruzzo in cantiere



### Progetto Seacon - obiettivi

- La produzione di cemento contribuisce al 5% della CO2 globale antropogenica annuale;
- L'industria del calcestruzzo utilizza più di 500 milioni di galloni di acqua dolce all'anno;
- L'aggregato viene estratto dalla terra, scavato da pozzi o fatto saltare fuori dalle cave. L'attività mineraria ha molti impatti ambientali significativi;
- In molti paesi, la sabbia viene estratta a un ritmo di gran lunga superiore al suo rinnovo e ha un impatto importante sui fiumi, sugli ecosistemi costieri e marini.
- Potenziali alternative ai costituenti concreti:
  - Acqua di mare
  - Cemento ad alto contenuto di cloruri (CKD)
  - Aggregato di calcestruzzo riciclato (RCA) e pavimentazione in asfalto riciclato (RAP)
- L'uso di acqua di mare nel calcestruzzo è vietato da norme e codici a causa dei rischi associati di corrosione delle armature in acciaio. Ma il calcestruzzo di acqua di mare potrebbe essere combinato con rinforzi non corrosivi
- Il 1° ottobre 2015, un consorzio di sei partner e tre collaboratori guidati dall'Università di Miami ha avviato un progetto di ricerca di 2,5 anni
- Questo progetto intitolato "Calcestruzzo sostenibile utilizzando acqua di mare, aggregati contaminati da sale e rinforzo non corrosivo" o SEACON è stato finanziato sotto l'egida del programma di ricerca europeo denominato Infracation ([www.infracation.net](http://www.infracation.net))

## Consortium Membership

### Partner

- University of Miami (UM)
- ATP srl (ATP)
- Politecnico di Milano (POLIMI)
- Owens Corning (OC)
- Buzzi Unicem (BUZZI)



### Collaboratori

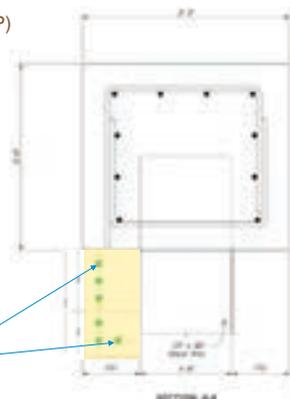
- Florida DOT (FDOT)
- Pavimental (PV)
- Titan America (TT)



### Blocchi di Prova del Cappuccio della Paratia

(con BFRP/CFRP/GFRP)

Il tappo della paratia e il blocco di prova devono essere gettati monoliticamente con la stessa miscela di calcestruzzo



Legend:

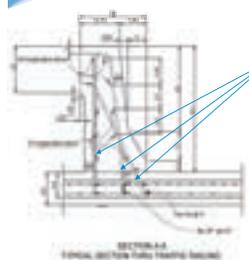
Test block to be removed at different ages

Six FRP bars for lab testing

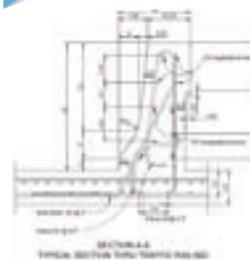


## Barriere traffico armate GFRP

Lato Nord – costruito su un ponte esistente



Lato Sud – costruito con deck



## Matrice di test SEACON



- Pareti gravitazionali RCA e RAP

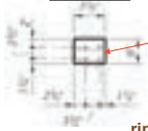
**24 test blocks of each RCA and RAP concrete mixes**  
 4 GFRP #5 rebar (half the blocks cast with conventional RCA and RAP mixes & half with **green RCA and green RAP mixes**)

Test Block: 4 GFRP #5



- Ringhiere per il traffico in cemento bianco e miscela di scorie

Test Block: 4 GFRP rebars



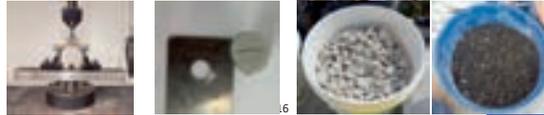
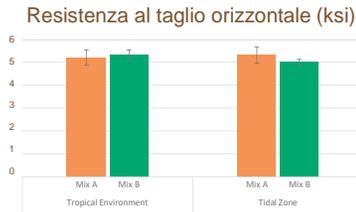
**12 test blocks of each WHITE CEMENT and SLAG BLEND concrete mixes**  
 Test blocks with 4 GFRP rebar

(Tutti i blocchi gettati separatamente non attaccati a pareti o ringhiere)



## Durability of Embedded GFRP Bars

**Fase I:** Barre GFRP in vetroresina estratte da cilindri di cemento di 1 anno per studiare le proprietà meccaniche residue



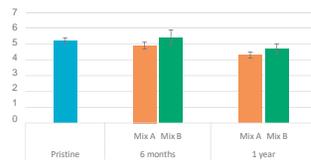
## Durability of Embedded GFRP Bars



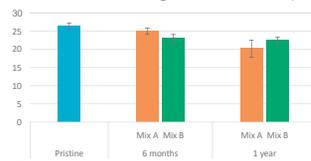


## Durability of Embedded GFRP Bars

Resistenza al taglio orizzontale (ksi)



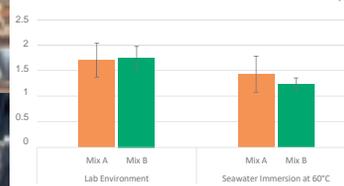
Resistenza al taglio trasversale (ksi)



Il legame relativo tra le armature in GFRP e il calcestruzzo è stato determinato sperimentalmente mediante test di estrazione (ACI 440.3R)



Forza di adesione calcestruzzo - GFRP (ksi)

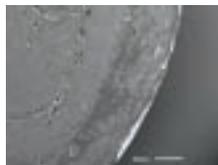


## Durability of Embedded GFRP Bars

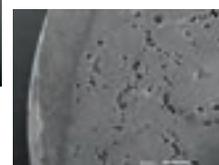
SEM viene utilizzato per valutare il potenziale degrado della microstruttura GFRP e dell'interfaccia GFRP-calcestruzzo. È stato ripreso il bordo delle barre GFRP estratte che è soggetto a degradazione



Miscela A (Calcestruzzo Convenzionale)



Miscela B (Calcestruzzo di Acqua di Mare)





## Conclusioni



- HRB un ponte simbolo non solo per la Florida, ma per la nazione e il mondo
- HRB come opportunità per convalidare la nuova tecnologia e consentire a FDOT di implementarla nell'immediato futuro
- HRB come banco di prova per la sostenibilità:
  - Valutate le proprietà di SEACON.
  - Comportamento meccanico di SEACON dopo esposizione a diversi invecchiamenti, condizioni paragonabili al calcestruzzo convenzionale.
  - Le proprietà meccaniche e fisiche residue delle barre in vetroresina incorporate invecchiate in ambienti diversi mostrano degrado alcuno.
  - Microstruttura delle barre in GFRP incorporate si mostrano inalterate utilizzando Imaging SEM.





**<<Myths and Fallacies>>  
nell'ispezione e manutenzione  
delle opere d'arte, la visione a ciclo di vita.**

*a cura di* **Ing. Carlo Beltrami**



## «Myths and Fallacies» nell'ispezione e manutenzione delle opere d'arte, la visione a ciclo di vita.

Convegni "Il ciclo di vita delle strutture e i benefici attesi dai nuovi materiali"  
2° Convegno

Con il patrocinio di:



Con il patrocinio tecnologico di:



Ing. Carlo Beltrami, Lombardi Group

Roma, 02.12.2021

### Indice

- La vita di servizio
- L'«ispezione», la «manutenzione» ed il «monitoraggio»
- Casi critici osservati
- «Myths and Fallacies»
- Proposte migliorative

### La vita di servizio

La grande maggioranza delle costruzioni nell'ambito delle infrastrutture ha avuto e ha, anche attraverso successivi interventi di ripristino manutentivo, una durata effettiva molto maggiore della vita nominale (tipicamente 50 anni per costruzioni normali) quantificata nelle NTC.

Tuttavia, il termine "vita nominale" nelle NTC incide nella progettazione di nuove strutture per la definizione di alcuni fattori:

- durabilità,
- valore del copriferro minimo,
- periodo di riferimento delle azioni sismiche,
- azioni permanenti/variabili/eccezionali,
- apparecchi d'appoggio,
- stato limite della fatica,
- ancoraggi attivi nel terreno di tipo permanente.



## La vita di servizio

La vita utile di un ponte inizia quando viene aperto al traffico e termina quando viene chiuso al traffico per demolizione.

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- **sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLLU):** capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- **sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE):** capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- **sicurezza antincendio:** capacità di garantire le prestazioni strutturali previste in caso d'incendio, per un periodo richiesto;
- **durabilità:** capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione;
- **robustezza:** capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile.

Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

## La vita di servizio

### 2.3 Design working life

(1) The design working life should be specified.

NOTE: Reference is made to Table 2.1. The value given in Table 2.1 may also be used for determining non-design performance (e.g. design related maintenance) but also Table 4.

Table 2.1 Indicative design working life

| Design working life category | Indicative design working life (years) | Comments   |
|------------------------------|--|--|
| 1                            | 100                                    | Structural steelwork   |
| 2                            | 50-75                                  | Reinforced concrete, prest. c/c, post-tensioning, bridge   |
| 3                            | 30-50                                  | Reinforced concrete, prest. c/c  |
| 4                            | 15-25                                  | Reinforced concrete, prest. c/c, steel, steel-concrete composite, prestressing tendons, bridges, viaducts and other civil structures |

NOTE: The values in Table 2.1 are indicative and may be determined using a risk or design-related approach (e.g. structural reliability).

### 2.4 Quality management

(1) In order to provide a structure that corresponds to the requirements and to the assumptions made in the design, appropriate quality management systems should be in place. These systems should include:

- identification of the reliability requirements;
- organizational structures and controls at the stages of design, execution, use and maintenance;

NOTE: For further information on quality management systems, refer to EN 12003.

### 2.4 Durability

(1) The structure shall be designed such that deterioration over its design working life does not impair the performance of the structure below that intended, having due regard to its environment and the anticipated level of maintenance.

(2) In order to achieve an adequately durable structure, the following should be taken into account:

- the intended or foreseeable use of the structure;
- the required design criteria;
- the expected environmental conditions;
- the composition, properties and performance of the materials and products;
- the properties of the soil;
- the choice of the structural system;
- the shape of members and the structural detailing;
- the quality of workmanship, and the level of control;
- the particular protective measures;
- the intended maintenance during the design working life.

NOTE: The standard EN 14001 or EN 14004 provide appropriate guidance to reduce deterioration.

(3) The environmental conditions shall be identified at the design stage so that its significance can be assessed in relation to durability and adequate provisions can be made for protection of the materials used in the structure.

(4) The degree of any deterioration may be estimated on the basis of calculations, performance assessment, experience from other structures, or a combination thereof.

## La vita di servizio

Lo scenario delle infrastrutture in Italia.

### LA RETE VIARIA

| Struttura di base                | In gestione  | Azienda       | Autogestione/privatizzazione |
|----------------------------------|--------------|---------------|------------------------------|
| Autosole/autoriscaldamento       | 21           | 2000          | 0,00%                        |
| Strada (rete statale)            | 1            | 21.200        | 4,00%                        |
| Regione (infrastruttura statale) | 100          | 10000         | 10,00%                       |
| Comuni                           | 1000         | 10000         | 10,00%                       |
| <b>Totale</b>                    | <b>1.022</b> | <b>22.200</b> | <b>10,00%</b>                |

Dimensione media (km/strada) base 1000 - 1000 e 1 km/1000 km

| Struttura di base | Strada in gestione | Strada privata | Strada pubblica |
|-------------------|--------------------|----------------|-----------------|
| 100.000           | 100.000            | 100.000        | 100.000         |

| ANAS Strada Statale    | Strada statale |
|------------------------|----------------|
| ANAS - Milano          | 1.200          |
| ANAS - Bologna         | 1.200          |
| ANAS - Padova          | 1.200          |
| ANAS - Venezia         | 1.200          |
| ANAS - Roma            | 1.200          |
| ANAS - Napoli          | 1.200          |
| ANAS - Bari            | 1.200          |
| ANAS - Catania         | 1.200          |
| ANAS - Palermo         | 1.200          |
| ANAS - Reggio Calabria | 1.200          |
| ANAS - Calabria        | 1.200          |
| ANAS - Liguria         | 1.200          |
| ANAS - Piemonte        | 1.200          |
| ANAS - Valle d'Aosta   | 1.200          |
| ANAS - Trentino        | 1.200          |
| ANAS - Lombardia       | 1.200          |
| ANAS - Emilia Romagna  | 1.200          |
| ANAS - Marche          | 1.200          |
| ANAS - Umbria          | 1.200          |
| ANAS - Toscana         | 1.200          |
| ANAS - Puglia          | 1.200          |
| ANAS - Basilicata      | 1.200          |
| ANAS - Sicilia         | 1.200          |
| ANAS - Calabria        | 1.200          |
| ANAS - Campania        | 1.200          |
| ANAS - Lazio           | 1.200          |
| ANAS - Abruzzo         | 1.200          |
| ANAS - Molise          | 1.200          |
| ANAS - Puglia          | 1.200          |
| ANAS - Basilicata      | 1.200          |
| ANAS - Calabria        | 1.200          |
| ANAS - Sicilia         | 1.200          |
| ANAS - Sardegna        | 1.200          |
| <b>Totale</b>          | <b>21.200</b>  |

Fonte: ANAS/ISA

<<Myths and Fallacies>> nell'ispezione e manutenzione delle opere d'arte, la visione a ciclo di vita.



## La vita di servizio

In Italia ponti e gallerie strade statali, autostrade, ferrovie: circa 50'000 opere d'arte.

### Ponti e viadotti strade/autostrade:

Superficie impalcati:  $A=12m \times 2800 km=33,6mio m^2$

Valore ponti stradali:  $V= A \times 1500 \text{ €/mq} = 50,4 \text{ mld €}$

Costo annuo manutenzione:  $V \times 0,5\%/anno = 252 \text{ mio €/anno}$

Costo manutenzione su vita di 50 anni: 12,6 mld €

## La vita di servizio



L'associazione internazionale **IALCCE** (<http://www.ialcce.org/>) è nata nel 2008.

Negli Stati Uniti 54.259 ponti (su un totale di **612.677**) presentano "carenze strutturali". Questi ponti hanno un'età media di 67 anni.

In Italia, la **rete ferroviaria** già nel 1906 ha uno sviluppo di 13'075 km. Dal 1955 al 1972 ha mantenuto una estensione attorno ai 16'000 km, raggiungendo 16'777 km (2018, di cui circa 1'500 km di AV/AC dal 2005).

Le prime **autostrade** a partire dagli anni '20, passando da 1'169 km nel 1960 a 5'329 km nel 1975. Attualmente la rete autostradale si attesta a una estensione di 6'943 km (2017).

La trasformazione in Italia è avvenuta non solo per fasi di maggiore estensione della rete ma anche per **successivi ampliamenti o rifacimenti**.

La **conformazione orografica** della penisola ha influenzato lo sviluppo della rete.

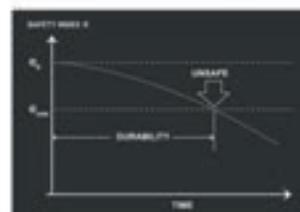
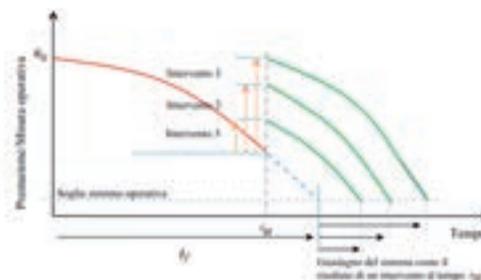
## La vita di servizio

### Curve di ciclo di vita

Per "vita utile rimanente" si intende un periodo di vita attesa rimanente di una struttura esistente, all'interno del quale si attende che la struttura operi con la manutenzione ordinaria.

Quando un indice di prestazione di un'opera raggiunge il suo valore limite (es insufficiente resistenza, eccesso di deformazione, etc etc.), la **vita operativa della struttura si considera conclusa**.

Tuttavia, se durante la vita della struttura sono messi in atto interventi di manutenzione capaci di ristabilire il valore iniziale dell'indice, la **vita operativa può essere estesa**.



## La vita di servizio

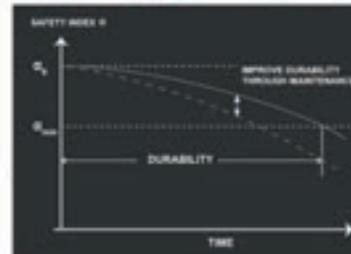
### Curve di ciclo di vita

Ci sono due modi per prolungare la vita utile strutturale di un ponte: **una corretta manutenzione e la riabilitazione.**

Una **corretta manutenzione** include attività in corso come verniciatura, pulizia, riparazioni minori e sostituzioni parziali di routine.

Ad esempio, è stato riferito che il **Golden Gate Bridge** viene continuamente dipinto da un'estremità all'altra per proteggere gli elementi in acciaio dalla corrosione che potrebbe essere causata dall'aria salmastra della zona.

Anche la sostituzione ordinaria degli stralli su un ponte strallato o la sostituzione ordinaria degli appoggi appartengono a questa categoria di manutenzione. Attualmente, il consenso è che i cavi di oggi non dureranno una vita di progettazione di 100 anni. Quindi, devono essere sostituiti a un certo intervallo come specificato nel progetto originale.



## La vita di servizio

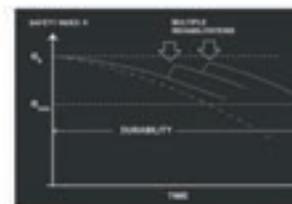
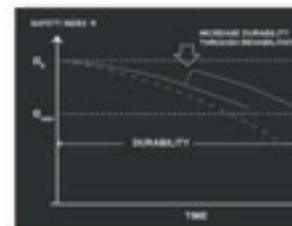
### Curve di ciclo di vita

La **riabilitazione** è un'operazione importante da eseguire su un ponte che non è di routine.

Un esempio è la sostituzione di cavi che potrebbero essersi corrotti prima della fine della sua vita utile o la riparazione di crepe nell'impalcato di un ponte in acciaio.

La **manutenzione** prolunga la vita utile di un ponte, mentre la **riabilitazione** aumenta o ripristina la sua vita utile.

Le specifiche di progettazione possono cambiare mentre un ponte è in servizio. La progettazione sismica è un esempio.



## La vita di servizio

### Ciclo di vita

|                      | Aspettativa di vita<br>(Strategia del non fare nulla) | Aspettativa di vita<br>(con Manutenzione preventiva) | Manutenzione prevista<br>Intervallo<br>[anni] |
|----------------------|---|--|---|
| Impalcati in CA/CAP  | 45  | 80   | 20-30   |
| Impalcati acciaio    | 45  | 90   | 10-20   |
| Sottostrutture CA    | 45  | 80   | 20-30   |
| Appoggi neoprene     | 50  | 62   | -   |
| Appoggi acciaio      | 36  | 48   | 20-25   |
| Giunti di espansione | 30  | 45   | 10-20   |
| Impermeabilizzazione | 20  | 20   | -   |



## La vita di servizio

### La definizione di «manutenzione»

British Standards BS4778-3.1 (1991) o BS3811 (1993):

"E' il processo di mantenimento di un elemento in uno stato operativo sia **prevenendo** una transizione verso uno stato di guasto/rottura oppure **perseguendo un ripristino** a uno stato operativo a seguito di un guasto/rottura"

La manutenzione comprende sia azioni amministrative che tecniche, le quali associate consentono di preservare un sistema o ripristinarlo rispetto a un livello in cui può esercitare la funzione richiesta.

## La vita di servizio

### La definizione di «manutenzione»

La manutenzione "preventiva" comprende tutte le azioni volte a ridurre i costi futuri associati a una insufficiente prestazione mentre il sistema è in condizioni operative soddisfacenti. La manutenzione "preventiva" è associata ad attività come la sostituzione programmata dei componenti (es appoggi o barriere di sicurezza nei ponti, impianti nelle gallerie) e al retrofit strutturale (es. adeguamento della pericolosità sismica del sito) o ammodernamento e comprende anche la cosiddetta manutenzione essenziale, quali sono le attività necessarie per evitare una perdita di prestazione / sicurezza / funzionalità.

VS

D'altra parte, la manutenzione "correttiva" si concentra sugli interventi richiesti una volta che si è verificata una insufficiente prestazione dell'opera. La manutenzione "correttiva" è spesso più costosa della manutenzione "preventiva" poiché il costo può includere, oltre al costo di riparazione, maggiori costi di fermo dell'infrastruttura (ponti e gallerie chiuse per un ampio lasso di tempo) o la sostituzione dell'intero sistema strutturale (ricostruzione di campate di ponti o di rivestimenti di gallerie).

## La vita di servizio

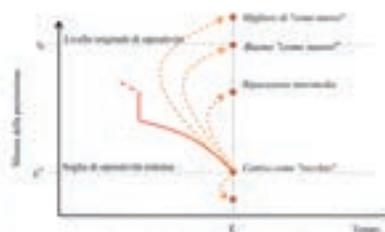


## La vita di servizio

### La definizione di «manutenzione»

Le attività di manutenzione possono essere classificate anche in base all'intensità dell'intervento: questo corrisponde nell'aumento del miglioramento della prestazione del sistema rispetto al suo stato originale. Pertanto, se la manutenzione è richiesta ed eseguita, si possono considerare quattro possibili strategie:

- **Manutenzione perfetta:** l'intervento riporta il sistema alle condizioni iniziali ("buono come nuovo").
- **Manutenzione minima:** in caso di guasto del sistema, l'intervento di manutenzione porta il sistema a uno stato operativo ma non migliora materialmente la condizione che si è determinata poco prima del guasto ("cattivo come vecchio").
- **Manutenzione imperfetta:** le condizioni del sistema dopo l'intervento di manutenzione sono intermedie tra "buono come nuovo" e "cattivo come vecchio".
- **Manutenzione aggiornata:** il sistema viene portato dopo l'intervento di manutenzione ad una condizione prestazionale migliore rispetto alla condizione iniziale ("migliore della nuova").



Dr. Tiziana Tola, G. A. Tola, Affidabilità del LHM (LIFE) - Modulo di Durabilità, Torino (Januar 2016)

## La vita di servizio

Variazioni più importanti nelle norme e nelle conoscenze dei fenomeni:

- I carichi da traffico sui ponti sono variati sensibilmente (1959 = 32ton, 1976 = 44ton, 1982 = 56ton)
- Gli effetti lenti (ritiro e viscosità del calcestruzzo) erano sottovalutati
- Si è preso coscienza dell'importanza dell'iniezione dei cavi e della loro disposizione
- E' cresciuto a dismisura l'uso dei sali antigelo, senza migliorare/manutenzione di giunti e drenaggi
- Aumento azioni sismiche di progetto e condizioni ambientali più inquinate

## La vita di servizio

### Best practice «durability report»

### La relazione sulla durabilità



**GUIDE FOR THE PREPARATION OF A DURABILITY PLAN**

|    |                          |   |  |   |
|----|--------------------------|---|--|---|
| 4  | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.3. Aspetto E: Qualità ambientale di lavoro ed ambiente | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.4. Aspetto F: Gestione degli incidenti                 | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.5. Aspetto G: Sostenibilità ambientale                 | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.6. Aspetto H: Risparmio risorse e qualità              | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.7. Aspetto I: Sicurezza e qualità                      | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.8. Aspetto J: Qualità di vita                          | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.9. Aspetto K: Qualità di vita                          | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.10. Aspetto L: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.11. Aspetto M: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.12. Aspetto N: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.13. Aspetto O: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.14. Aspetto P: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.15. Aspetto Q: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.16. Aspetto R: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.17. Aspetto S: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.18. Aspetto T: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.19. Aspetto U: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.20. Aspetto V: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.21. Aspetto W: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.22. Aspetto X: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.23. Aspetto Y: Qualità di vita                         | 4 |
| 10 | Aspetti di durabilità/PA | 4 | 2.4.24. Aspetto Z: Qualità di vita                         | 4 |



**La vita di servizio**

**Best practice «durability report»**

**La relazione sulla durabilità**

| Material/Component | Service Life (years) | Durability Index | Notes                     |
|--------------------|----------------------|------------------|---------------------------|
| Concrete           | 50                   | High             | Standard                  |
| Steel              | 50                   | High             | Standard                  |
| Aluminum           | 30                   | Medium           | Requires protection       |
| Brick              | 50                   | High             | Standard                  |
| Asphalt            | 15                   | Low              | Requires maintenance      |
| Paint              | 5                    | Very Low         | Requires frequent renewal |

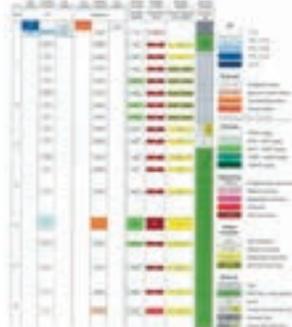
| Material | Specification | Performance | Notes                     |
|----------|---------------|-------------|---------------------------|
| Concrete | C30/37        | High        | Standard                  |
| Steel    | S235          | High        | Standard                  |
| Aluminum | EN AW-6060    | Medium      | Requires protection       |
| Brick    | EN 1996-1-1   | High        | Standard                  |
| Asphalt  | B15           | Low         | Requires maintenance      |
| Paint    | EN ISO 12944  | Very Low    | Requires frequent renewal |

**La vita di servizio**

**Best practice «durability report»**

**La relazione sulla durabilità**

| Material | Service Life (years) | Durability Index |
|----------|----------------------|------------------|
| Concrete | 50                   | High (Green)     |
| Steel    | 50                   | High (Green)     |
| Aluminum | 30                   | Medium (Yellow)  |
| Brick    | 50                   | High (Green)     |
| Asphalt  | 15                   | Low (Red)        |
| Paint    | 5                    | Very Low (Red)   |



**La vita di servizio**

**Best practice «durability report»**

**La relazione sulla durabilità**

Europa EN 206

| Class  | Characteristic strength (f <sub>ck</sub> ) | Compressive strength (f <sub>cd</sub> ) | Design strength (f <sub>td</sub> ) | Design stress (σ <sub>ed</sub> ) | Design strain (ε <sub>ed</sub> ) | Design displacement (δ <sub>ed</sub> ) | Design load (F <sub>ed</sub> ) |
|--------|--|---|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|--------------------------------|
| C12/15 | 12   | 15                                      | 10                                 | 10                               | 10                               | 10                                     | 10                             |
| C16/20 | 16   | 20                                      | 13                                 | 13                               | 13                               | 13                                     | 13                             |
| C20/25 | 20   | 25                                      | 15                                 | 15                               | 15                               | 15                                     | 15                             |
| C25/32 | 25   | 32                                      | 18                                 | 18                               | 18                               | 18                                     | 18                             |
| C30/37 | 30   | 37                                      | 21                                 | 21                               | 21                               | 21                                     | 21                             |
| C35/45 | 35   | 45                                      | 24                                 | 24                               | 24                               | 24                                     | 24                             |
| C40/50 | 40   | 50                                      | 27                                 | 27                               | 27                               | 27                                     | 27                             |
| C45/55 | 45   | 55                                      | 30                                 | 30                               | 30                               | 30                                     | 30                             |
| C50/60 | 50   | 60                                      | 33                                 | 33                               | 33                               | 33                                     | 33                             |
| C55/68 | 55   | 68                                      | 36                                 | 36                               | 36                               | 36                                     | 36                             |
| C60/75 | 60   | 75                                      | 39                                 | 39                               | 39                               | 39                                     | 39                             |
| C70/85 | 70   | 85                                      | 45                                 | 45                               | 45                               | 45                                     | 45                             |
| C80/95 | 80   | 95                                      | 51                                 | 51                               | 51                               | 51                                     | 51                             |

| Material | Specification | Performance | Notes                     |
|----------|---------------|-------------|---------------------------|
| Concrete | C30/37        | High        | Standard                  |
| Steel    | S235          | High        | Standard                  |
| Aluminum | EN AW-6060    | Medium      | Requires protection       |
| Brick    | EN 1996-1-1   | High        | Standard                  |
| Asphalt  | B15           | Low         | Requires maintenance      |
| Paint    | EN ISO 12944  | Very Low    | Requires frequent renewal |

<<Myths and Fallacies>> nell'ispezione e manutenzione delle opere d'arte, la visione a ciclo di vita.

### La vita di servizio

### Best practice «durability report»

#### La relazione sulla durabilità

Australia AS 5100:2017



| Method             | Level    | Requirements |
|--------------------|----------|--------------|
| Historical methods | Level I  | ...          |
|                    | Level II | ...          |
| Empirical methods  | Level I  | ...          |
|                    | Level II | ...          |

| Method             | Level I |     |     |     | Level II |     |     |     |
|--------------------|---------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|
|                    | 1       | 2   | 3   | 4   | 1        | 2   | 3   | 4   |
| Historical methods | ...     | ... | ... | ... | ...      | ... | ... | ... |
|                    | ...     | ... | ... | ... | ...      | ... | ... | ... |

| Method                     | Level    | Requirements |
|----------------------------|----------|--------------|
| Some probabilistic methods | Level I  | ...          |
|                            | Level II | ...          |

### La vita di servizio

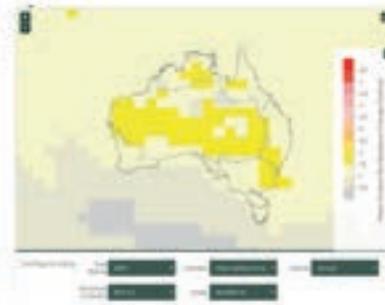
### Best practice «durability report»

#### La relazione sulla durabilità

Australia

Climate Change

<https://www.climatechangenorthernaustralia.gov.au/en/>



### La vita di servizio

#### Metodi di affidabilità (EC 0 basis of design)

##### CF Reliability index $\beta$

(1) In the Level II procedure, an alternative measure of reliability is conventionally defined by the reliability index  $\beta$ . It is related to  $\beta$  by:

$$\beta = \beta - \beta_1$$

where  $\beta_1$  is the corrective distribution function of the standard Normal distribution. The relation between  $\beta$  and  $\beta_1$  is given in Table C1.

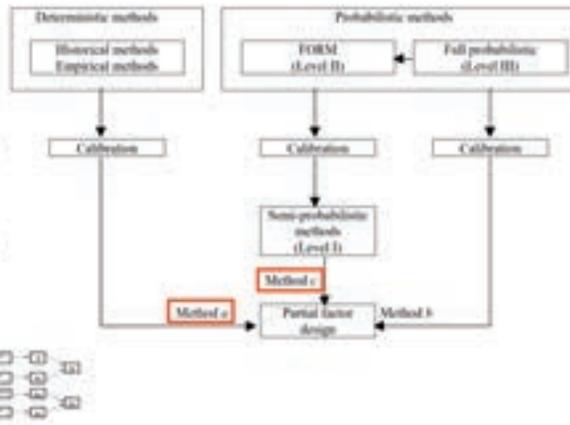
| $\beta$ | $\beta_1$ | $\beta$ | $\beta_1$ |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 2.0     | 0.0000    | 2.0     | 0.0000    |
| 2.1     | 0.0044    | 2.1     | 0.0044    |
| 2.2     | 0.0135    | 2.2     | 0.0135    |
| 2.3     | 0.0242    | 2.3     | 0.0242    |
| 2.4     | 0.0359    | 2.4     | 0.0359    |
| 2.5     | 0.0489    | 2.5     | 0.0489    |
| 2.6     | 0.0621    | 2.6     | 0.0621    |
| 2.7     | 0.0755    | 2.7     | 0.0755    |
| 2.8     | 0.0891    | 2.8     | 0.0891    |
| 2.9     | 0.1028    | 2.9     | 0.1028    |
| 3.0     | 0.1167    | 3.0     | 0.1167    |

(2) The probability of failure  $P_f$  can be expressed through a performance function  $g$  such that a structure is considered to survive if  $g > 0$  and to fail if  $g < 0$ .

Table C2 - Target reliability index  $\beta$  for the 1st and 2nd class structures

| Class     | Target reliability index |
|-----------|--------------------------|
| 1st class | 3.8                      |
| 2nd class | 3.5                      |

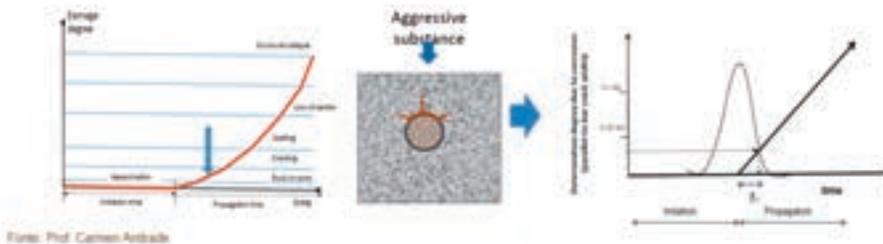
1. The values of  $\beta$  are rounded up to the nearest integer value.



## La vita di servizio

### END OF SERVICE LIFE

Corrosion propagation is part of the service life until a corrosion depth of 50  $\mu\text{m}$  (general corrosion) or 500  $\mu\text{m}$  (localized corrosion with a probability of failure of 7-8% ( $\beta=1.5$ ))



Fonte: Prof. Carmen Amadio

## La vita di servizio

### NEW VERSION EC2

- Durability in chapter 6.
  1. The Exposure classes are incorporated as "environmental actions"
  2. It is introduced a new LIMIT state in addition to depassivation
    1. Condition or Deterioration LS
    2. It includes a corrosion propagation period
      1. 50  $\mu\text{m}$  of homogeneous attack
      2. 500  $\mu\text{m}$  of localized attack
  3. It can be verified by the new "Exposure Resistance classes, ERC's.
    1. Cover depths in function of the ERC's and the XC's
      1. There will be an EN 206-100 for verification of durability
    2. Cover depths for stainless Steel bars.
    3. Annex I Assessment of existing structures

Fonte: Prof. Carmen Amadio

## L'«ispezione», la «manutenzione» ed il «monitoraggio»

### Circolare MLP 19.07.1967

Compli interi nel senso più completo: accertamenti periodici delle condizioni di stabilità della varie strutture, ed in particolare di quelle ponti, e controllo dello stato di conservazione ai fini del mantenimento in efficienza delle stesse e delle altre parti accessorie.

I comiti devono investire anche le pertinenze dei manufatti oltre alla infrastruttura in elevazione essere portare la massima assidua attenzione anche a quelle inferiori zona di base delle fondazioni, sino ad altre dei corsi d'acqua, sempre a tenore costante, d'intesa con i competenti uffici del Genio Civile, in relazione anche ad eventuali variazioni nel regime dei corsi d'acqua stessi.

La presente circolare intende mettere a fuoco il problema della sorveglianza, studio, gestione del patrimonio di opere d'arte stradali, ai fini essenziali della pubblica incolumità, senza escludere gli aspetti economici della buona conservazione di tale patrimonio, e nell'interesse stesso, quindi, delle Amministrazioni, delle Società e degli Enti responsabili, proprietari, gestori o concessionari di strade e di autostrade le dei loro funzionari ai quali compete la piena responsabilità dell'esercizio e della manutenzione delle strade e delle autostrade.

La vigilanza sullo stato di consistenza e sulla statica delle opere d'arte e dei manufatti stradali deve essere permanente. Le attività di alcune opere, l'effetto di ripercussioni successive, l'influenza della crescente intensità della circolazione, l'aumento dei carichi trasferiti alle strutture da questa circolazione, le «stress» e processi dell'intensificarsi delle azioni dinamiche (velocità, vibrazioni, ecc.) esigono ormai una maggiore e più continua attenzione da parte dei tecnici preposti agli organismi interessati all'efficienza sicura della viabilità di ogni importanza ed a qualsiasi livello.

La vigilanza deve essere applicata ai vari livelli dei dipendenti e dei funzionari addetti, con periodicità opportunamente rapportata al grado tecnico dell'incarico. In altri termini se un controllo tecnico approfondito può essere una periodicità dell'ordine di un anno, le ispezioni minori dovranno essere programmate con frequenza almeno trimestrale. Tuttavia i tecnici responsabili devono poter contare su notizie ed informazioni ricorrenti da parte del personale addetto alla manutenzione e di quella in genere in servizio quotidiano lungo le strade ed autostrade e loro pertinenze.

## L'«ispezione», la «manutenzione» ed il «monitoraggio»

Circolare MLP 19.07.1967

La vigile ed intelligente sorveglianza consentirà, così, di prevenire danni, o maggiori dissesti, mediante la tempestiva adozione di provvedimenti adeguati. In ogni caso consentirà di scoprire in tempo segni premonitori di eventuali cedimenti, o lesioni, crolli imminenti e quindi permetterà mediante pronti interventi, allarmi, sbarramenti, provvedimenti limitativi e cautelativi, ecc. di scongiurare eventi drammatici e vere e proprie catastrofi.

La vigilanza ed il controllo delle opere d'arte sono fatti squisitamente tecnici, tuttavia la loro organizzazione deve essere programmata anche a livello amministrativo, per gli importanti riflessi di natura giuridica che la sicurezza delle infrastrutture stradali implica nel quadro della gestione delle pubbliche strade.

L'organizzazione del servizio di controllo delle opere d'arte stradali fa capo agli appositi uffici tecnici comunali per le strade comunali, agli uffici tecnici delle Amministrazioni Provinciali per le strade pertinenti, ai Compartimenti ANAS per le strade statali, alla Società concessionaria per le strade ed autostrade in concessione. Sarà compito poi degli uffici del Comune di verificare sostanzialmente la programmazione e l'organizzazione dei servizi comunali e provinciali di controllo, mentre sarà compito dell'ANAS di verificare quella della Società concessionaria.

## L'«ispezione», la «manutenzione» ed il «monitoraggio»

Circolare MLP 25.02.1991

### 9.2 Vigilanza

La vigilanza sullo stato di conservazione dei ponti deve essere permanente.

Il personale incaricato effettuerà con frequenza prestabilita visita ai manufatti, anzitutto per il controllo dello stato del piano viabile e poi per un esame di superficie delle strutture visibili degli impalcati e dei sostegni, onde accertare ogni fatto nuovo, l'insorgere di anomalie esterne, come fessurazioni, deformazioni anomale, armature scoperte, spostamenti relativi, movimenti del terreno, e dovrà immediatamente segnalare tali fatti all'Ufficio da cui dipende.

Lo stesso personale, nel caso in cui riscontri gravi anomalie, prenderà provvedimento immediato di chiusura del ponte al traffico o di limitazione della carreggiata.

L'Ufficio, dietro la segnalazione di cui sopra, disporrà una ispezione o un controllo adeguati alla importanza dell'anomalia segnalata.

Ispezioni o controlli straordinari dovranno essere altresì disposti per quei manufatti che dovessero essere stati interessati da eventi eccezionali quali alluvioni, piene, sismi, gravi incidenti stradali che potessero avere interessato le strutture, ecc.

La documentazione delle operazioni di cui sopra dovrà essere allegata alla documentazione tecnica di cui al punto 9.1.

## L'«ispezione», la «manutenzione» ed il «monitoraggio»

Circolare MLP 25.02.1991

### 9.3 Ispezione

Gli Uffici Tecnici delle Amministrazioni proprietarie delle strade, o alle quali la gestione delle strade è affidata, devono predisporre un sistematico controllo delle condizioni statiche e di buona conservazione dei ponti. La frequenza delle ispezioni deve essere commisurata alle caratteristiche ed alla importanza dell'opera, nonché alle risultanze della vigilanza.

Il controllo, da eseguire sulla base della documentazione disponibile, sarà volto ad accertare periodicamente le condizioni di stabilità dell'opera e dei suoi elementi strutturali e lo stato di conservazione delle strutture stesse e delle parti accessorie. Le ispezioni, di norma visuali, devono riguardare, oltre che le strutture e le pertinenze dell'opera, anche le fondazioni, lo stato dei pendii, le situazioni in alveo, con particolare riferimento a stati di erosione.

L'esito di ogni ispezione deve formare oggetto di uno specifico rapporto da conservare insieme alla documentazione tecnica di cui al punto 9.1. A conclusione di ogni ispezione, inoltre, il tecnico incaricato deve, se necessario, indicare gli eventuali interventi a carattere manutentorio da eseguire ed esprimere un giudizio riassuntivo sullo stato dell'opera.

In caso in cui l'opera presentasse segni di gravi anomalie, il tecnico dovrà promuovere ulteriori controlli specialistici e nel frattempo adottare direttamente, in casi di urgenza, eventuali limitazioni all'esercizio dell'opera.



## L'«ispezione», la «manutenzione» ed il «monitoraggio»

Circolare MLP 25.02.1991

### 9.4 Manutenzione

Per manutenzione deve intendersi il complesso di operazioni necessarie a mantenere l'opera nella sua piena efficienza, nel rispetto delle sue originarie caratteristiche.  
Le operazioni di manutenzione possono essere ordinarie o straordinarie.

#### 9.4.1 Manutenzione ordinaria

Le operazioni di manutenzione ordinaria di regola comprendono:

- pulizia delle varie parti dell'opera compresi gli appoggi, anche con mezzi meccanici, al fine di asportare tutti i materiali estranei;
- sostituzione di elementi accessori deteriorati con operazioni di semplice smontaggio e montaggio;
- riparazioni localizzate superficiali delle parti strutturali, da effettuare anche con materiali speciali;
- riparazioni localizzate di impermeabilizzazione e pavimentazione;
- interventi localizzati contro la corrosione;

## L'«ispezione», la «manutenzione» ed il «monitoraggio»

Circolare MLP 25.02.1991

--operazioni di riparazione dei giunti di dilatazione.

#### 9.4.2 Manutenzione straordinaria

Le operazioni di manutenzione straordinaria di regola comprendono:

- ripristino di parti strutturali in calcestruzzo armato da eseguire anche con materiali speciali;
- protezione delle armature scoperte, estesa ad ampie zone;
- protezione dei calcestruzzi da azione disgreganti (gelo, sali solventi, ambiente aggressivo, ecc.) con eventuale applicazione di film protettivi;
- sigillatura di fessure di strutture in c.a. od in c.a.p., che non richiedano interventi più specifici;
- interventi su bullonature, saldature o parti comunque danneggiate di strutture metalliche;
- protezione contro la corrosione su grandi superfici in strutture metalliche;
- ripristino di strutture di mattoni o pietra da taglio;
- protezione delle armature da azioni disgreganti (gelo, sali, ambiente aggressivo, ecc.);
- riparazione e ricostruzione di ampie porzioni o della totalità della pavimentazione e dell'impermeabilizzazione degli impalcati;
- sostituzione di giunti di dilatazione;
- interventi sugli appoggi e dispositivi di vincolo con messa in ripristino o sostituzione totale o parziale.

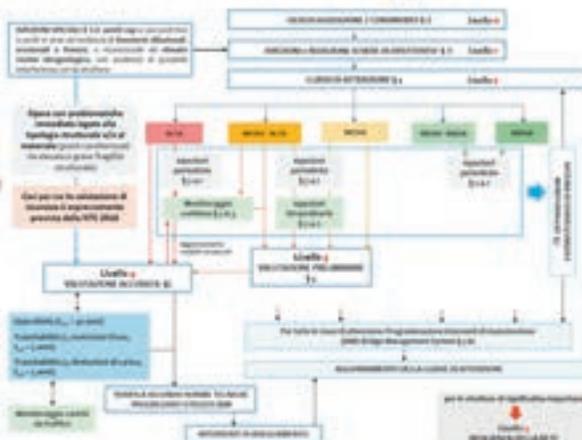
## L'«ispezione», la «manutenzione» ed il «monitoraggio»

Linee Guida Ponti 2020

Il fulcro centrale dell'approccio, sui cui risultati si basano le valutazioni successive, è il Livello 2, ossia la definizione delle classi di attenzione.

Essa consiste nel determinare, per ogni ponte, una Classe di Attenzione (CdA), funzione di fattori di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione, e classificata in alta, medio-alta, media, mediobassa e bassa.

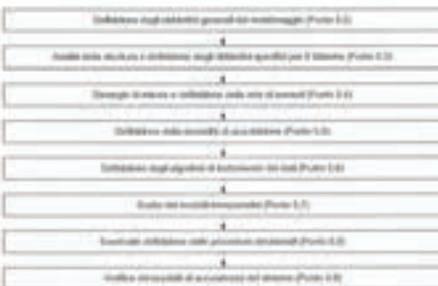
Ad ogni classe di attenzione corrispondono determinate conseguenti azioni, in termini di indagini/monitoraggio/verifiche.



## L'«ispezione», la «manutenzione» ed il «monitoraggio»

| scopo | Linee guida per il monitoraggio strutturale | spetti / note |
|-------|---|---------------|
|       |   |               |

Schema del processo di progettazione del sistema di monitoraggio strutturale



### Criteri di scelta e dimensionamento del sistema di monitoraggio

La scelta ed attuazione di un monitoraggio a quale debba essere il suo grado di sofisticazione è il risultato di una analisi "personalizzata", fatta caso per caso e mirata ad ottenere il miglior impiego delle risorse economiche a disposizione e delle professionalità coinvolte. I principali fattori che influenzano tale scelta sono:

- **l'importanza dell'opera**: da valutare in termini di valore economico a funzione svolta, per esempio, merita una maggior attenzione e quindi è giustificato uno sforzo economico più elevato le grandi opere di comunicazione, gli edifici adatti a compiti essenziali per la società quali ospedali, caserme, edifici pubblici oppure gli edifici storici e i beni monumentali, ecc.
- **le condizioni ambientali**: il monitoraggio strutturale si fa prioritario con una priorità più alta in presenza di una forte aggressività dell'ambiente in cui la struttura si trova (come ad alto rischio sismico, condizioni climatiche estreme, ecc.) in considerazione di una più elevata possibilità di danno.
- **la complessità e il grado d'innovazione della struttura**: è di tutto evidenza l'interesse a affidare un sistema di monitoraggio per strutture che fanno ricorso a nuovi materiali o impiegano tecniche costruttive innovative, tenuto presente il significativo contributo allo sviluppo e al progresso del settore delle costruzioni che ne potrebbe derivare.
- **il grado di affidabilità del monitoraggio e i relativi costi-benefici**: il monitoraggio strutturale rappresenta in prospettiva il naturale sbocco del processo di controllo, ma il particolarmente vero per alcune tipologie strutturali (per esempio i ponti) per le quali esistono già esperienze significative.

## L'«ispezione», la «manutenzione» ed il «monitoraggio»

| scopo | Linee guida per il monitoraggio strutturale | spetti / note |
|-------|---|---------------|
|       |   |               |

### Obiettivi del sistema di monitoraggio strutturale

Gli obiettivi generali di un sistema di monitoraggio strutturale, che ne definiscono la natura e lo modalità operative e di conseguenza ne condizionano le progettazioni sono riconducibili ai livelli di progetto di base seguenti:

- **Controllo delle condizioni in cui si trova la struttura rispetto a possibili stati limite** (lo stato di sicurezza) come delle capacità di sopportare le forze per le quali è stata progettata, ecc.), da quelli di non essere delle condizioni di emergenza e soprattutto il modo di ridurre contemporaneamente quelli di maggior interesse per il gestore dell'opera.
- **Il sistema è progettato in questo caso per avere sotto controllo il valore di alcuni parametri significativi** (spostamenti, deformazioni, vibrazioni, ecc.) di comportamento globale come la frequenza propria, ecc.) opportunamente legati in modo da individuare in modo certo l'adempimento e il raggiungimento di uno stato limite di lavoro rilevante o non più più gravi di possibile tollerare.
- **Il controllo dei valori assunti dai tali parametri con valori limite derivati dal calcolo e dall'esperienza permette di gestire, in caso di superamento, di gestione e provvedimenti d'urgenza più opportuni** (come fare con caso dell'opera, attuazione di opere di gestione ed manutenzione di una categoria di opere e strutture specifiche).
- **Solo per sistemi di sistema attiva, in presenza automatica di processo di misura in sicurezza dell'opera** per esempio, in caso di emergenza, il sistema di monitoraggio supporta per offrire l'informazione immediata sul traffico "formale" nell'area interessata dell'opera.

**Individuazione di un processo di degrado in atto** in quanto caso il controllo del sistema di monitoraggio è quello di individuare il verificarsi di un comportamento anomalo, segnalato dall'andamento, per lo linea con le previsioni o con le misure passate, di alcune risposte caratteristiche della struttura che operano insieme. Non caso più affidabile il monitoraggio è progettato non solo per individuare la "gravità" ma anche l'origine e la natura del degrado in atto e per darne una classificazione.

Il sistema stesso via via più complesso ed oneroso delle qualità e del dettaglio di conoscenza desiderati, ma perché tutti necessari affinché il necessario che alla completezza delle reti di sensori si accompagni la disponibilità di un modo di rilevamento della struttura altrettanto sofisticato e che siano tutti i possibili fenomeni di degrado e su la struttura può essere rilevato.

In effetti, rispetto al caso precedente, caso in modo essenziale la necessità operativa il sistema di base non è più soltanto il controllo ma il valore assoluto raggiunto dal parametro sotto controllo, più, quindi, professionalità, ma piuttosto l'andamento nel tempo di tale valore, o quindi necessario di una "filologia" iniziale del comportamento dell'opera rispetto alla quale effettuare la valutazione del trend delle variazioni dei parametri.

Al sistema di monitoraggio sono inoltre assegnati, in base al progettazione, obiettivi specifici concernenti nella determinazione delle grandezze (per esempio: massa d'acqua o in modo indiretto attraverso elaborazioni successive delle misure stesse) necessarie per giungere e valutare lo stato dell'opera e la presenza di eventuali fenomeni di degrado.

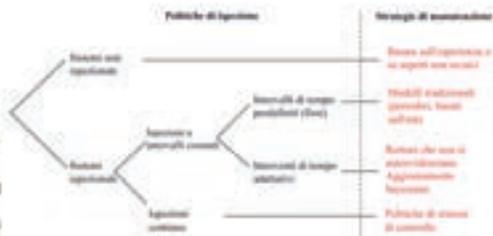
## L'«ispezione», la «manutenzione» ed il «monitoraggio»

### Le politiche di ispezione vs politiche di manutenzione

Strutture ed opere che descrive la relazione tra le politiche di ispezione e manutenzione.

La strategia per valutare lo stato (condizione) di un sistema nel tempo è fondamentale per un'efficace strategia di manutenzione.

Una politica di manutenzione ottimale richiede il bilanciamento del rapporto costi/benefici di un particolare programma di ispezione. Alcuni fattori che influenzano tale decisione includono costi diretti, accessibilità in sito, e impatto sulle disponibilità e criticità del sistema, tra gli altri.

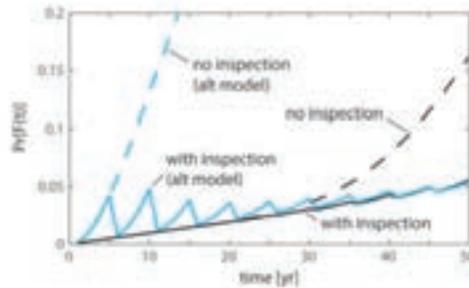


## L'«ispezione», la «manutenzione» ed il «monitoraggio»

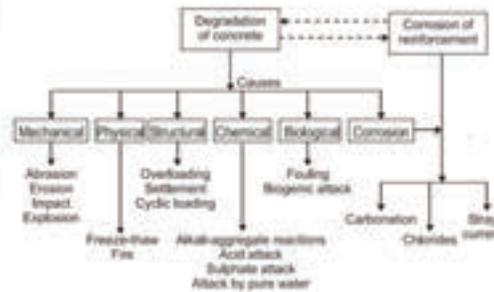
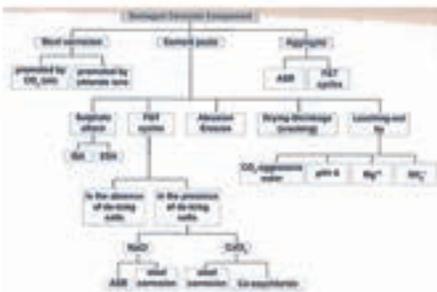
### L'effetto dell'ispezione e del monitoraggio sull'affidabilità

Probabilità di cedimento di una struttura, con e senza ispezioni. I risultati vengono calcolati per il modello originale e un modello alternativo con maggiore incertezza nel modello di deterioramento. Questo modello alternativo corrisponde al modello originale con una deviazione standard modificata di  $B_i$  di 200 invece di 50.

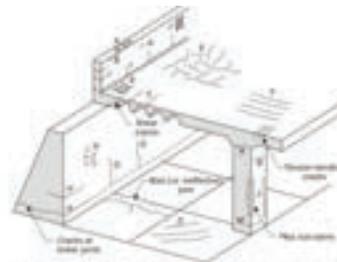
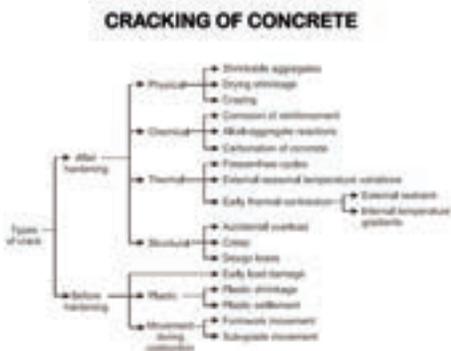
Le ispezioni, che riducono l'incertezza, garantiscono un'affidabilità minima abbastanza costante per tutta la vita utile. Con l'aumento del numero di ispezioni, l'affidabilità prevista si avvicina a quella del modello originale e più informativo. Per quel modello, le ispezioni iniziali non hanno alcun effetto perché il deterioramento non dovrebbe comunque avere effetto prima dell'anno 50.



### Casi critici osservati



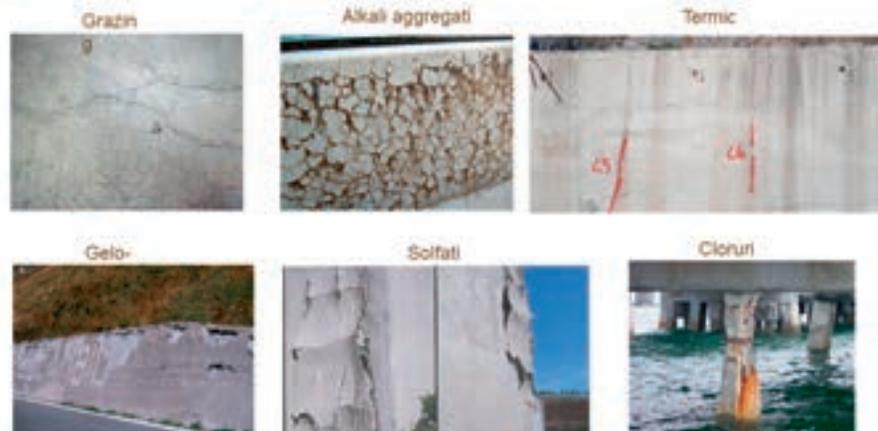
### Casi critici osservati



| Crack type  | Location | Width      | Depth    | Frequency | Severity | Repair      |
|-------------|----------|------------|----------|-----------|----------|-------------|
| Shrinkage   | Surface  | 0.1-0.3 mm | 0-100 mm | High      | Low      | Sealing     |
| Plastic     | Surface  | 0.1-0.5 mm | 0-100 mm | High      | Low      | Sealing     |
| Moisture    | Surface  | 0.1-0.5 mm | 0-100 mm | High      | Low      | Sealing     |
| Temperature | Surface  | 0.1-0.5 mm | 0-100 mm | High      | Low      | Sealing     |
| ASR         | Internal | 0.1-0.5 mm | 0-100 mm | Low       | High     | Replacement |
| Corrosion   | Internal | 0.1-0.5 mm | 0-100 mm | Low       | High     | Replacement |

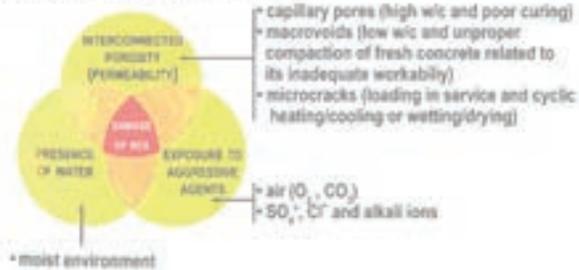
<<Myths and Fallacies>> nell'ispezione e manutenzione delle opere d'arte, la visione a ciclo di vita.

### Casi critici osservati



### Casi critici osservati

#### DAMAGE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES (RCS)

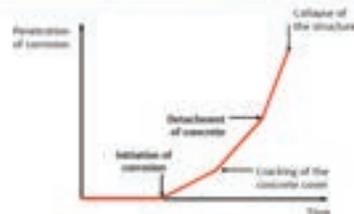


### Casi critici osservati

Mechanism of deterioration to concrete



Consequence of corrosion



### Casi critici osservati

Fenomeni di carbonatazione del calcestruzzo, innesco e fessurazione del copriferro: blindaggio acciaio ?



### Casi critici osservati

Fenomeni di corrosione da cloruri per infiltrazione soletta, innesco e fessurazione del copriferro: elevato stato di degrado



### Casi critici osservati

Fenomeni di corrosione del CA: rinforzi in fibre FRP ?

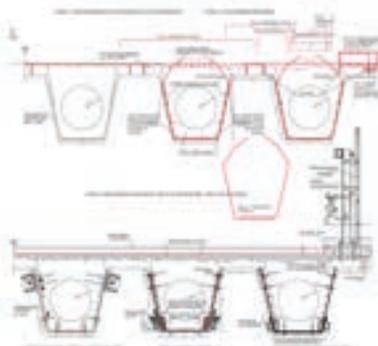
placcaggi in acciaio/barre precompressione ?



<<Myths and Fallacies>> nell'ispezione e manutenzione delle opere d'arte, la visione a ciclo di vita.

### Casi critici osservati

Fenomeni di corrosione del CA:  
Deposito di sali dalla soletta?  
Rinforzo in acciaio?



### Casi critici osservati

Difetti costruttivi congeniti investimenti gallerie



### «Myths and Fallacies»

Massimizzare il nr di prove come criterio di premialità tecnica!

| Elemento     | Prove integrate  |   |   |   |   | M. allegati |
|--------------|--|---|---|---|---|-------------|
|              | S.1.1  | S.1.2   | S.1.3   | S.1.4   | S.1.5   |             |
| strutture    | Prove integrative con metodi generali di superficie dell'elemento indagato | Caricaggi, prove di compressione, carichi statici e dinamici, prove di penetrazione (ogni tipo) (2° di prova) | Prove di penetrazione, prove di carico statico e dinamico (ogni tipo) (2° di prova) | Prove di penetrazione, prove di carico statico e dinamico (ogni tipo) (2° di prova) | Prove di penetrazione, prove di carico statico e dinamico (ogni tipo) (2° di prova) |             |
| inquinamento |  |   |   |   |   |             |
| inquinamento |  |   |   |   |   |             |
| inquinamento |  |   |   |   |   |             |
| inquinamento |  |   |   |   |   |             |
| inquinamento |  |   |   |   |   |             |

### Vol «Value of Information»

è l'importo che un decisore sarebbe disposto a pagare per le informazioni prima di prendere una decisione.



## «Myths and Fallacies»

Ipotesizzare che un monitoraggio strutturale di un ponte sia orientato alla valutazione di pericolo di collasso f Monitoraggio salva-vite ?

Dovrà essere descritto:

- ✓ il posizionamento sulla singola parte d'opera (pile, spalle e impalcato) della sezione strumentata e la tipologia dei sensori;
- ✓ la modalità di acquisizione e di trasferimento dei dati con indicazione delle frequenze di invio;
- ✓ l'attivazione di segnalazioni di allarme e la eventuale installazione di sistemi di segnalamento di eventuali pericoli all'utenza interessata (impianti semaforici, PMV, ecc.).

## «Myths and Fallacies»

Già nel 1967 si era in difficoltà con le tempistiche f

Considerata la mole non indifferente del lavoro da svolgere nella fase iniziale dell'avvio applicativo delle presenti direttive, gli Enti, Società ed Amministrazioni interessati stabiliranno criteri di priorità degli accertamenti, in relazione essenzialmente al grado di vetustà o di conservazione delle opere d'arte, all'importanza del manufatto ed a quella del traffico che l'interessa. Nel quadro di questa priorità degli accertamenti l'indagine pub, nella prima fase, essere riferita alle opere d'arte e manufatti costruiti o ricostruiti entro l'anno 1955.

## «Myths and Fallacies»

Le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e Circolare applicativa 2019 trattano le costruzioni esistenti al cap 8,

Vi è un chiaro squilibrio nella trattazione sulla tematica di rischio sismico

Vi è un chiaro squilibrio nella trattazione di opere edili / edifici e molto poco i ponti (lasciando quindi molta soggettività all'ingegnere).....nelle infrastrutture per il valore economico diretto e indiretto è una importante mancanza.....ora ricoperta nelle linee guida ponti 2020

Il tema della numerosità di indagini (livello di conoscenza) per la quantità di ponti e gallerie da indagare, sta mettendo a dura prova i laboratori e gli operatori del settore (saturazione test facility)....non adeguato uso della statistica e delle indagini già disponibili in passato (data base unico storico ?)

## «Myths and Fallacies»

Pensare che un ripristino di copri ferro sia un intervento locale !

### RIPARAZIONI LOCALIZZATE

20-30% della superficie è in fase avanzata di degrado (fase di propagazione)  
 90% 70% copri ferro in buono stato (fase di innesco)



### RIPARAZIONI LOCALIZZATE

10-30% della superficie è in fase avanzata di degrado (fase di propagazione)

Mitigazione anodo sacrificabile

Controllo di qualità

Controllo di qualità

90% 70% copri ferro in buono stato (fase di innesco)



## «Myths and Fallacies»

ponte in acciaio è meglio di un ponte in CA / CAP



San Francisco – Oakland bay bridge

La struttura è stata progettata per una vita utile di ben 150 anni, con capacità di sopravvivere senza danneggiamenti a terremoti di elevata intensità (1500 anni di periodo di ritorno e due faglie sismiche interferenti)



## «Myths and Fallacies»

ponte in acciaio è meglio di un ponte in CA / CAP

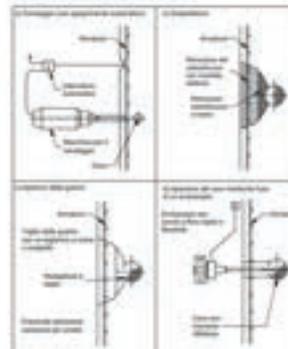
Controlli CAP ??

Differenza fra pre-teso e post-teso...

Controlli montaggi e vari carpenterie metalliche ??



SCHEMA 1 Anodi ed Inneschi di ferro



SCHEMA 2 Distribuzione dei carichi



## «Myths and Fallacies»

Gestione delle acque e della vegetazione; elemento amplificativo del degrado  
Il verde è compatibile con i ponti.....

Gestione acque di scarico

Gestione vegetazione sotto i ponti e viadotti

### PULIZIA VEGETAZIONE SOTTO CAMPATE

In diversi interventi di riparazione/ripristino di impalcati esistenti si è notato che il maggiore degrado delle travi / intradossi impalcati è dovuto alla vegetazione rigogliosa che crea un ciclo giornaliero di umidità e asciugatura.



## «Myths and Fallacies»

Gestione delle acque  
I giunti.....

### IMPERMEABILITA' GIUNTI STRADALI

Nella progettazione il giunto stradale non sempre viene inserito nella fasi di programma lavori, in particolare la scossalina di raccolta delle acque nelle zone dei cordoli.

Il montaggio del giunto stradale viene eseguito come ultima opera da montare dopo l'esecuzione del manto stradale e sempre in tempi molto ristretti ed in concomitanza con altre lavorazioni (barriere, segnaletica, etc per)



## «Myths and Fallacies»

### IMPERMEABILITA' GIUNTI STRADALI

Nei cordoli inoltre spesso sono già installati cavidotti, per cui non è possibile installare una scossalina continua. Anche la presenza di barriere new-jersey ostacola la posa dei giunti copricordolo.

I materiali delle scossaline dei giunti, devono essere durevoli (tipicamente acciaio inox).

Un secondo sistema di raccolta acque di sicurezza posato sotto la soletta in corrispondenza del giunto.



## «Myths and Fallacies»

Perché non costruire sempre in regime di resilienza dell'infrastruttura?

Un esempio i viadotti doppi,.... possibilità di deviare il traffico e poter eseguire la manutenzione per ogni singola carreggiata / ponte

Tratte stradali o autostradali ininterrompibili....?



Ponte Genova ?

## «Myths and Fallacies»

Anche altre nazioni avanzate hanno simili problematiche.... imparare dalle loro esperienze ?



- > "The U.S. has 614,387 bridges, almost four in 10 of which are 50 years or older. 56,007 — 9.1% — of the nation's bridges were structurally deficient in 2016, and on average there were 188 million trips across a structurally deficient bridge each day."
- > "The most recent estimate puts the nation's backlog of bridge rehabilitation needs at \$123 billion."

## «Myths and Fallacies»

L'impiego della precompressione esterna, in molti casi senza una risposta certa....

Il recupero stabile della originaria capacità resistente deve quindi riuscire a bloccare il degrado, riportare un "giusto" livello di precompressione, aggiungere armatura a tensione e a taglio.  
La definizione di "giusto" livello di precompressione è piuttosto complessa in quanto non è possibile conoscere in tutti i punti l'effettivo diametro rimasto al netto della corrosione sul filo, ed è possibile fornire un livello di precompressione esterna troppo elevato in quanto si rischia di produrre spaccati locali per eccessiva compressione nel calcestruzzo nelle zone dove il degrado è nullo o meno rilevante. Il restano di questo genere di manufatti si deve eseguire per step successivi, controllando, nel corso del tempo, il loro presenza sui casi esterni (ad esempio con tecniche comparative vibrazionali ed operando sistematicamente sul filo stesso quando sono rivisti) senza mai farlo dal cavo esterno (a meno un riferimento tecnico o per l'analisi a termine) e senza alcuni casi interni si sono spaccati per sviluppi della corrosione.



## «Myths and Fallacies»

L'impiego della precompressione esterna, in molti casi senza una risposta certa ....

Il progetto afferma inoltre che "L' aggiornamento di tutti i degradi strutturali del caso studio ... è ritenuto progettato come comunque di prevenire meccanismi di collasso dell'impalcato, ma non è stata l'analisi e l'analisi della fattibilità e della possibilità di intervento. In tali condizioni, pertanto dovranno essere applicate ulteriori azioni urgenti per la salvaguardia della sicurezza attraverso la sostituzione integrale dell'impalcato o attraverso ripetuti aggiunti di altra natura e maggiormente onerosi, non oggetto del presente progetto".

- Nel caso in cui, a seguito del rifranto, si raggiunga il limite di perdita dello SCENARIO 3, saranno comunque necessarie ulteriori azioni urgenti per la salvaguardia della sicurezza. Si deve la possibilità di valutare la sostituzione dell'impalcato o ridurre adeguato in modo permanente
- Lo SCENARIO 4 (cumulazione del contributo dei casi estremi) come detto è uno scenario limite, il cui verificarsi prevede normalmente, come già descritto, il passaggio attraverso di scenari precedenti. In tale configurazione si è ipotizzato che il sistema di case e dotti possa subire, se pur in condizioni meno sfavorevoli rispetto ad altri possibili casi nei casi estremi per sostituzione di un'impalcato con una sola dotta
- Verrà presa in considerazione la possibilità che venga superato il limite di perdita del 5%, con il fine di evitare il collasso dell'impalcato e la possibilità di perdita di vite umane. Tale verifica prevede che il caso già adottato (sostituzione del lastrico ad ponte), a seguito del raggiungimento degli scenari precedenti, che si sono verificati e ricostruiti sulla struttura, con installazione di parafiumi a monovite capacità per la sostituzione di parafiumi monovite di ponte e si attenda nella verifica della qualità del ponte a seguito dell'incasso di un cronometro con grandi deformazioni.



## «Myths and Fallacies»

In un periodo di grande impiego di ispezioni alle opere d'arte .... la sicurezza per gli operatori è rimasta molto indietro.

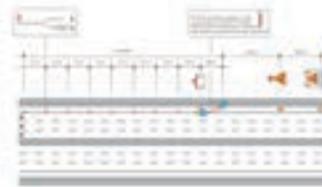
Il Codice della Strada non contempla attività di ispezione !

- Pertanto i gestori non hanno un riferimento di cantierizzazione per ispezione e pretendono spesso ispezioni con traffico...
- Non corretta equiparazione cantierizzazioni per lavori rispetto ai cantieri per le ispezioni (es. impiego piattaforme o by bridge)
- Assenza di computazioni della sicurezza, i gestori abituati in house non hanno se non in rari casi approntato procedure di accesso e di fruizione in sicurezza delle opere...con computi metrici della sicurezza effettivi e calati sulle singole opere...siamo spesso al punto zero.
- Scarsa sensibilità alla sicurezza da parte dei gestori.

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

ARRETRATI 19 luglio 2012

Disciplinare tecnico relativo agli interventi su ponti, differenziati per categoria di strada, da adottare per il regolamento nazionale.



## «Myths and Fallacies»

Le ispezioni delle gallerie sono state trattate in passato come strutture da ponte.....

- Non aver riconosciuto i difetti da «acqua»
- Non aver riconosciuto il tema «disgaggio» del calcestruzzo, che non vuol dire eliminare il pericolo, necessità di messa in sicurezza (spesso con reti).
- Differenza fra ponte «sottopassante» e galleria con rivestimento «sovrappassante»...il problema del potenziale rilascio di materiale che impatta sull'utenza
- Le onduline elemento permanente: a discapito del cis...oltre a rendere inaccessibile il rivestimento....
- La galleria artificiale non viene spesso trattata (spesso confusa come un ponte f)



## «Myths and Fallacies»

La certificazione per ispettore ponti discende da norme di controllo visivo desunte dall'ambito industriale.....

**UNI EN ISO 9712:**  
QUALIFICAZIONE E CERTIFICAZIONE DEL PERSONALE ADDETTO ALLE PROVE NON DISTRUTTIVE IN CAMPO INDUSTRIALE

Gli enti certificatori si ispirano a procedure interne conformi alle norme ed Accredia, tuttavia in Italia ed Europa sarebbe preferibile realizzare una **norma specifica per il campo delle infrastrutture** dove oltre ai temi di ispezione visiva siano apprese nozioni di teoria del monitoraggio e teoria della manutenzione.

E' sentita come grande necessità a livello nazionale:

- L'istituzione di centri di ricerca e sviluppo (auspicabilmente con il contributo misto fra ricerca e gestori/proprietari) nell'ambito della valutazione di opere complesse come ponti e gallerie (vedi esempio nobile CETU in Francia)
- L'istituzione di centri di formazione e certificazione per tecnici che eseguono le prove / prelievi per indagini o installano monitoraggi (carenza cronica di personale qualificato)

## Proposte migliorative

Proposte per una migliore gestione a ciclo di vita delle strutture

Si auspica indagini e prove su opere d'arte destinate alla demolizione, come **fonte diretta di conoscenza** al fine di tarare i modelli (anche probabilistici) che stimano l'incertezza....



## Proposte migliorative

[www.bridge50.org](http://www.bridge50.org)



## Proposte migliorative

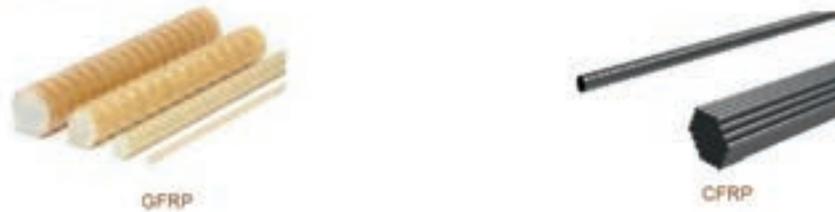
FRP alternativa all'acciaio

| Fibre Type                   | $f_t$ [MPa] | $E_t$ [GPa] | Density [kg/m <sup>3</sup> ] | $\alpha_t$ [%] | Thermal expansion coefficient (20 °/C) | Poisson coefficient |
|------------------------------|-------------|-------------|------------------------------|----------------|--|---------------------|
| E-glass                      | 3450        | 73.8        | 2500                         | 2.4            | 5                                      | 0.22                |
| S-glass                      | 4580        | 81.5        | 2500                         | 3.3            | 2.9                                    | 0.22                |
| Alkali resistant glass Low   | 2800        | 70          | 2270                         | 2              | -                                      | -                   |
| Alkali resistant glass High  | 3500        | 76          | 2270                         | 3              | -                                      | -                   |
| ECR                          | 3500        | 80.3        | 2620                         | 4.6            | 8                                      | 0.22                |
| Carbon (High Modulus) Low    | 2500        | 350         | 1950                         | 0.3            | -1.2, -0.3                             | 0.2                 |
| Carbon (High Modulus) Medium | 3750        | 500         | 1950                         | 0.5            | -1.2, -0.3                             | 0.2                 |
| Carbon (High Modulus) High   | 4000        | 690         | 1950                         | 0.5            | -1.2, -0.3                             | 0.2                 |
| Carbon (High Strength)       | 3500        | 240         | 1750                         | 1              | -0.6, -0.2                             | 0.2                 |
| Aramid (Kevlar 29)           | 2700        | 62          | 1440                         | 4.4            | 2.0 longitudinal 50 radial             | 0.35                |
| Aramid (Kevlar 49)           | 3620        | 124         | 1440                         | 2.2            | 2.0 longitudinal 50 radial             | 0.35                |
| Aramid (Kevlar 149)          | 3470        | 175         | 1440                         | 1.4            | 2.0 longitudinal 50 radial             | 0.35                |
| Aramid (Technara 9)          | 3000        | 70          | 1390                         | 4.4            | 6.0 longitudinal 50 radial             | 0.35                |
| Aramid (S/M)                 | 4000        | 130         | 1430                         | 3.5            | -                                      | -                   |
| Bowall (Abarac)              | 4840        | 89          | 2800                         | 3.1            | 8                                      | -                   |

FIB Bulletin 40 - Table 2-1: Typical properties of fibres for FRP composites

## Proposte migliorative

FRP alternativa all'acciaio



**What is FRP?**

**Fibers:**  
Fibres, aramid and carbon  
Fibres glass, steel

**Matrix:**  
Epoxy and polyester  
Resin, urethane, epoxy  
Alkyd, acrylic, vinyl ester, etc.

**FRP Reinforcement**

Concrete is reinforced with FRP reinforcement against its failure (compression failure).  
Steel reinforcement with FRP reinforcement is also possible for the composite structure.

**Table 6.1 - Minimum guaranteed tensile strength for FRP bars**

| FRP bar |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      |
| 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      | 17      | 18      | 19      | 20      |
| 21      | 22      | 23      | 24      | 25      | 26      | 27      | 28      | 29      | 30      |
| 31      | 32      | 33      | 34      | 35      | 36      | 37      | 38      | 39      | 40      |
| 41      | 42      | 43      | 44      | 45      | 46      | 47      | 48      | 49      | 50      |
| 51      | 52      | 53      | 54      | 55      | 56      | 57      | 58      | 59      | 60      |
| 61      | 62      | 63      | 64      | 65      | 66      | 67      | 68      | 69      | 70      |
| 71      | 72      | 73      | 74      | 75      | 76      | 77      | 78      | 79      | 80      |
| 81      | 82      | 83      | 84      | 85      | 86      | 87      | 88      | 89      | 90      |
| 91      | 92      | 93      | 94      | 95      | 96      | 97      | 98      | 99      | 100     |

## Proposte migliorative

FRP alternativa all'acciaio

### Cosa che è diverso?

- FRP è Anisotropo
  - Elevata resistenza nella direzione delle fibre
  - Questo comportamento anisotropo influenza la resistenza al taglio
- Il FRP non presenta duttilità: il materiale è elastico lineare fino a rottura
  - Il progetto dovrebbe tenere conto della mancanza di duttilità
  - L'elemento ha in generale una maggiore deformabilità

### Caratteristiche salienti

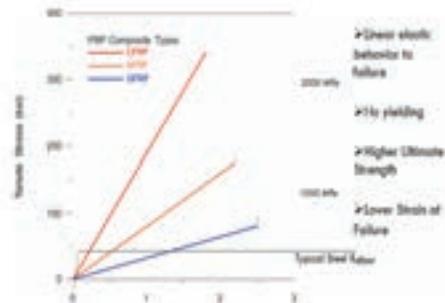
- Per mitigare il problema critico della velocità di corrosione dell'acciaio, il polimero fibrorinforzato (FRP) viene proposto come potenziale materiale di rinforzo alternativo, data la loro superiore resistenza alla corrosione e le proprietà meccaniche competenti.
- Neutro agli ioni di cloruro e agli attacchi chimici
- La resistenza a trazione è maggiore di quella dell'acciaio
- 1/3 del peso dell'acciaio
- Trasparente ai campi magnetici e alle frequenze radar
- Termicamente non conduttivo

## Proposte migliorative

FRP alternativa all'acciaio

In general, FRP materials appear to have a good to excellent chemical resistance against chemical attack. Glass fibre based FRP reinforcements have limited alkaline resistance, which is to be considered for internal reinforcement. FRP reinforcements may also be influenced by moisture, thermal stresses and UV radiation. For a detailed discussion on durability reference is made to 5th Bulletin 14 "Externally loaded FRP reinforcement for RC structures" (5th, 2001) and 5th Bulletin 40 "FRP reinforcement in RC structures" (5th, 2007).

|   | Steel                    | GFRP                     | CFRP                     | AFRP                       |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Yield Stress<br>ksi<br>(MPa)                      | 40 - 75<br>(276 - 517)   | N/A                      | N/A                      | N/A                        |
| Tensile Strength<br>ksi<br>(MPa)                  | 70 - 180<br>(483 - 1240) | 70 - 220<br>(483 - 1500) | 87 - 121<br>(600 - 840)  | 220 - 368<br>(1520 - 2640) |
| Elastic Modulus<br>X 10 <sup>3</sup> ksi<br>(MPa) | 29<br>(200)              | 3.1 - 7.4<br>(21 - 51)   | 13.9 - 84<br>(120 - 580) | 4.0 - 18.2<br>(27 - 120)   |
| Yield Strain %                                    | 14 - 23                  | N/A                      | N/A                      | N/A                        |



## Proposte migliorative

FRP alternativa all'acciaio

There are three components within a composite material that influence its long term properties, as follows:

- the matrix
- the fibres
- the fibre/matrix interface

Each of these elements can be susceptible to attack by various aggressive environments, yet all three should continue to function fully throughout the design life of the composite. The matrix is inherently resistant to the aggressive medium (in this instance - strong alkalis), therefore, it prevents deterioration of the fibres and the interface region by providing a barrier against the concrete and the external environment. External factors which may influence the effectiveness of this protection include:

- nature of the environment (pH and presence of aggressive ionic species),
- stress in the composite,
- temperature,
- condition of composite (cut ends, damage etc.), and
- quality of composite (surface finish, voids, resin homogeneity).

## Proposte migliorative

FRP alternativa all'acciaio

The effectiveness of the resin will depend upon the continuity of its surface. This is why cut ends of steel FRP reinforcement bars and exposed fibres can be problematic from a durability point of view. Such regions generally provide a transport network throughout the composite by a wicking mechanism. Here the media can attack the fibre/matrix bond and continue to progress along the fibre length very rapidly, which then exposes both fibres, matrix and the resin/fibre interface to direct attack by the surrounding environment. Cut surfaces of short bars, may need to be sealed to avoid penetration of chemical agents.

The quality of a composite in terms of its durability performance can be expressed by a number of factors:

- resin wet out (how well the fibres are covered by resin)
- absence of cracks (either surface or through out the cross section)
- absence of voids (generally smaller and well distributed is better)
- degree of cure of resin (if the production process is not well controlled the resin may be insufficiently cross-linked to provide the designed protection)
- strong fibre/matrix interface (incorrect selection of fibre or matrix type or incorrect processing can lead to a poor interface prone to environmental attack)

All the above factors need to be addressed to ensure optimum durability of the composite system. The key area where durability advantages may be achieved by the matrix, is the selection of a suitable resin which should be:

- inherently able to resist alkali and chloride attack,
- sufficiently tough to resist micro cracking,
- sufficiently impervious to resist environmental penetration to the interior,
- easily processible to minimize quality variations,
- very compatible with fibres to ensure a strong fibre/matrix bond



## Proposte migliorative

FRP alternativa all'acciaio

➤ 53rd Ave Bridge Bettendorf, IA  
2001



ACMA

## Proposte migliorative

Legislazione L 11/02/1994 n 109 (L. Merloni).

Progetto Esecutivo....redazione **Piano di Manutenzione:**

- Manuale d'uso
- Manuale di manutenzione
- Programma di manutenzione

Si auspica un passo in avanti: gestione efficace del piano di manutenzione durante i lavori e durante l'esercizio delle opere.

## Proposte migliorative

- Si auspica che le opere più importanti (ponti e gallerie) che compongono un'infrastruttura possano essere **aggiudicate a operatori economici secondo prezzi di mercato e premiando la massima qualità nei risultati raggiunti a fine costruzione** (non il massimo sconto in fase di aggiudicazione).
- Si auspica un aggiornamento normativo legati alla fase di **sorveglianza e manutenzione** delle opere afferenti le infrastrutture. Si auspica inoltre la redazione di un **Testo Unico sulla Manutenzione** delle opere civili.
- Si auspica che la Circolare del '67, pur mantenendo le finalità, possa aggiornarsi alle modalità di **valutazione non solo visiva e frequenze adattive**. Integrando **monitoraggio e IA**, rimodulando l'impatto sull'esercizio (es by bridge su viadotti, chiusure gallerie...).

### Proposte migliorative

- Dibattito ponti in acciaio vs ponti in ca/cap: grande parte del deterioramento delle opere nelle infrastrutture è cagionato dalla scarsa **manutenzione nella gestione delle acque** a contatto con le strutture portanti e da **difetti di origine** nella costruzione.
- Si auspica un maggiore grado di interconnessione e un maggiore approfondimento sulla **trattazione della durabilità nelle diverse fasi trasversali alla vita delle opere**, ovvero: fra (i) concezione (progettazione, NTC), (ii) esecuzione (direzione lavori e collaudo, as-built) ed (iii) esercizio (gestione, sorveglianza ed ev. monitoraggio).
- Si auspica un **approccio statistico** effettivo alla valutazione delle strutture esistenti, con strumenti di calcolo dell'affidabilità basati su dati disponibili e approcci bayesiani.

### Proposte migliorative

- Si auspica che **ogni fase di vita** delle opere d'arte nelle infrastrutture sia **valorizzata economicamente** in modo esplicito: progettazione, costruzione, esercizio con ispezione e manutenzione, smantellamento e conferimento. Si auspica l'introduzione dell'**obbligo di calcolo LCC «Life Cycle Cost»** di ogni opera d'arte principale (ponte o galleria).
- La proprietà di un'opera appartenente a una infrastruttura (e anche non) dovrebbe essere interessato a esprimersi, in fase di concezione dell'opera, sulla sua **durata presunta**, con riferimento a un **modello di manutenzione** e un **modello di durabilità**.
- Si auspica l'istituzione di un **parametro tecnico/economico** che valuti il **«grading» di sufficiente/insufficiente manutenzione** delle opere. Se mancano si fanno mancare fondi da parte dell'ente/stato si evidenzia un parametro indipendente.

### Proposte migliorative

- Si auspica che il **gestore ed il controllore** mantengano una **indipendenza**, occorre implementare verifiche indipendenti / due diligence a tutti i livelli.
- Si auspica l'introduzione sistematica della **«durata» temporale di efficacia** di ogni intervento di manutenzione rilevante ai fini della manutenzione. Valutando sempre il **valore economico dell'intervento rispetto alla sua necessità futura** di manutenzione.
- Si auspica una **uniformità di azione manutentiva fra opere d'arte maggiori con diversa funzionalità** con rilevanza economica, ambito: stradale e ferroviario (MIT), dighe (MIT) ed idraulico (ponti canali = min agricoltura I).
- Si auspica un più **diffuso progetto / applicazioni di materiali «ad hoc»**, sfruttando tutte le tecnologie nuove (es. materiali compositi).



## Proposte migliorative

- Si auspica che l'assenza di manutenzione non diventi, come oggi sembra, un fenomeno da «scarica barile»:
  - ✓ Il proprietario dell'opera non conosce o riconosce l'impatto economico quando l'opera viene costruita con difetti congeniti, e la ribalta sul gestore.
  - ✓ Il gestore ritarda gli interventi, quando poi sono necessari ed improrogabili l'impatto socio-economico lo ribalta all'economia locale e sulla logistica di intere regioni.
  - ✓ Infine: l'utente finale si sente «penalizzato» dalla manutenzione ! (vedi caso Liguria)



<<Myths and Fallacies>> nell'ispezione e manutenzione delle opere d'arte, la visione a ciclo di vita.







## ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 - Roma

Tel. 06.487.93.11 - Fax: 06.487.931.223

Cod.Fisc. 80201950583

Orari di apertura al pubblico degli uffici

Lunedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Martedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Mercoledì 09:30-12:30 14:30-17:30

Giovedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Venerdì 09:30-12:30 chiuso

Sabato chiuso

La Segreteria dell'Ordine chiude alle 16.00

### AREE DEL SITO WEB DEL QUADERNO



AREA CIVILE AMBIENTALE

<https://rivista.ording.roma.it/civile/>



AREA INDUSTRIALE

<https://rivista.ording.roma.it/industriale/>



AREA DELL'INFORMAZIONE

<https://rivista.ording.roma.it/informazione/>



AREA INTERSETTORIALE

<https://rivista.ording.roma.it/intersectoriale/>



È possibile consultare tutti i numeri  
all'indirizzo Internet  
***loroma.info***



## *Quaderno Speciale*

**Il ciclo di vita delle strutture e  
i benefici attesi dai nuovi materiali**



*Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma*  
*Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma*  
*[www.ording.roma.it](http://www.ording.roma.it)*