



FABRE – Consorzio di ricerca per la valutazione di ponti viadotti e altre strutture

*Ponti, viadotti e gallerie esistenti: ricerca, innovazione e applicazioni*

2- 4 Febbraio 2022, Lucca



# Esperienze di valutazione della classe di attenzione per il rischio idraulico

Di Fluri P.<sup>1</sup>, Petruccelli N.<sup>1</sup>, Domeneghetti A.<sup>1</sup>, Brath A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering, Alma Mater Studiorum - University of Bologna,  
Bologna, Italy



## L'approccio multilivello delle Linee Guida

Livello 0 → Geolocalizzazione e censimento

Livello 1 → Ispezione speditiva

Livello 2 → Definizione della CdA

Fase 1

Livello 3 → Valutazione preliminare dell'opera

Livello 4 → Verifica accurata

Livello 5 → Resilienza della rete

Fase 2

### OBIETTIVO

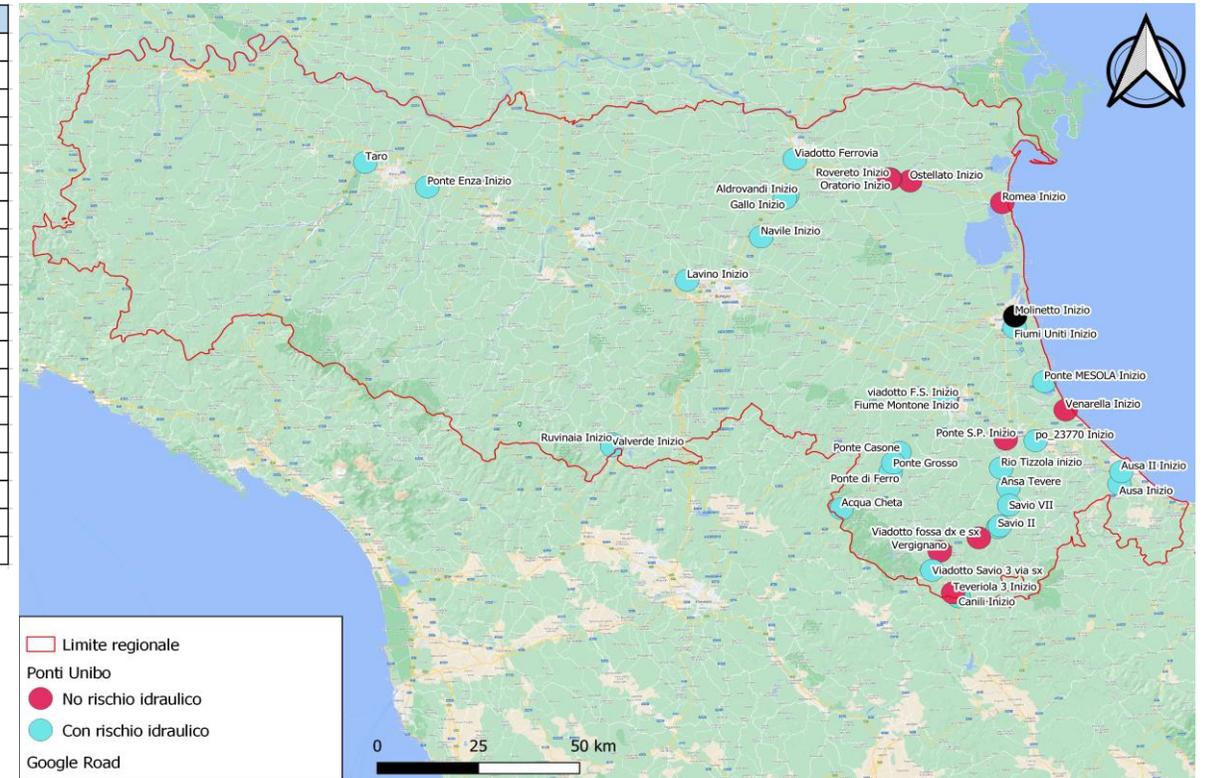
Valutare l'effettiva applicabilità delle Linee Guida nella «Fase 1» per la determinazione della **CdA idraulica**



# Livello 0: Geolocalizzazione e censimento

name	Codice Opera	Nome
Opera n1	8001002632	Acqua Cheta
Opera n2	8001004280	Aldrovandi
Opera n3	8001003058	Ansa Tevere
Opera n4	8001002660	Ausa
Opera n5	8001002559	Ausa II
Opera n6	8001003680	Canili
Opera n7	8001003502	Cavalca Ferrovia Ostellato
Opera n8	8001002655	Fiumi uniti
Opera n9	8001002631	Gallo
Opera n10	8001002475	Lavino
Opera n11	8001002628	Navile
Opera n12	8001002689	Oratorio
Opera n13	8001003458	po_ss726_23770 (Ferrovia)
Opera n14	8001002641	Ponte di ferro
Opera n15	8001002645	Ponte Casone
Opera n16	8001002486	Ponte Enza
Opera n17	8001003047	Ponte km 179
Opera n18	8001002642	Ponte Grosso
Opera n19	8001002543	Ponte MESOLA

name	Codice Ide	Nome
Opera n20	8001002982	Ponte S.P. San Mauro
Opera n21	8001002716	Romea
Opera n22	8001002688	Rovereto
Opera n23	8001005960	Rupe
Opera n24	8001003498	Ruvinaia
Opera n25	8001002396	Savio II
Opera n26	8001003061	Savio VII
Opera n27	8001003412	Taro
Opera n28	8001002359	Teveriola 3
Opera n29	8001003048	Trabocchi
Opera n30	8001003501	Valverde
Opera n31	8001002547	Venarella
Opera n32	8001002379	Verginiano
Opera n33	8001002389	Viadotto della Fossa via destra
Opera n34	8001003040	Viadotto della Fossa via sinistra
Opera n35	8001003385	Viadotto F.S.
Opera n36	8001003550	Viadotto Ferrovia
Opera n37	8001003064	Viadotto Savio 3 Via sinistra
Opera n38	8001003386	Viadotto su Fiume Montone



TOTALE PONTI: 38

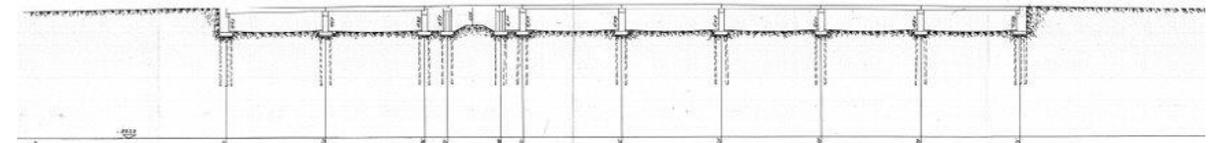
PONTI CON RISCHIO IDRAULICO: 30

PONTI ATTUAMENTE ISPEZIONATI: 10



Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali  
ALMA MATER STUDIORUM - Università degli Studi di Bologna

<p>Centro C - Nucleo A Strada: RA08 - Prog. In. 25180 Nome dell'Opera: Cavalca Ferrovia Ostellato Codice Opera: 08001003502 Numero Campate: 10 - Lunghezza totale: 162</p>	<p>Indice di Rilevanza del Degrado (IRD): 57,14</p> <p>Nessuna informazione sulla richiesta di ispezione approfondita Opera ispezionabile</p>
--	---



## Livello 1: Ispezioni visive e scheda di difettosità

Definizione della tipologia di ponte e individuazione delle parti strutturali che interagiscono con il corso d'acqua



Definizione della tipologia di corso d'acqua: tipologia di canale, tipologia reticolo idrografico, confinamento alveo, materiale fondo alveo, eventuale presenza di aree golenali ecc.



Rilievo speditivo della geometria del ponte e valutazione della sussistenza di fenomeni idraulici



# Livello 1: Ispezioni visive e scheda frane e idraulica

## Rischio idraulico

### Tipologia di fenomeno

<input type="radio"/> Accertato	<input type="radio"/> Ipotizzato
<input type="radio"/> Sormonto o insufficienza di franco	
<input type="radio"/> Fenomeni di erosione localizzata e generalizzata	

### Area riconosciuta pericolosa (allegare riferimenti)

<input type="radio"/> Fenomeno riconosciuto ma non ancora studiato	<input type="radio"/> Fenomeno riconosciuto e studiato
<input type="radio"/> Fenomeno modellato e oggetto di monitoraggio	<input type="radio"/> Fenomeno oggetto di opere di mitigazione

### Individuazione area secondo le cartografie tematiche delle Autorità di Distretto

### Individuazione delle parti della struttura che interessano l'alveo secondo le definizioni dell'NTC 2018 e circolare

Indicare l'eventuale sussistenza delle seguenti condizioni:

<input type="radio"/> Dimensioni del bacino idrografico $S > 500$ km <sup>2</sup>
<input checked="" type="radio"/> Dimensioni del bacino idrografico $S < 100$ km <sup>2</sup>
<input type="radio"/> Evidenza di accentuati fenomeni di deposizione di sedimenti, soprattutto se grossolani, o di fenomeni d'erosione d'alveo
<input type="radio"/> Evidenza di trasporto di materiale vegetale di notevole dimensione
<input type="radio"/> Evidenza di presenza di fondazioni superficiali delle pile e delle spalle del ponte
<input checked="" type="radio"/> Evidenza di presenza di fondazioni profonde delle pile e delle spalle del ponte
<input type="radio"/> Evidenza di fenomeni di abbassamento generalizzato dell'alveo a monte e a valle del ponte
<input type="radio"/> Ponte posizionato in tratto di alveo avente sensibile curvatura

## Rischio di sormonto o insufficienza di franco

### Tipologia di reticolo

<input checked="" type="radio"/> Reticolo principale	<input type="radio"/> Reticolo secondario	<input type="radio"/> Reticolo artificiale di scolo
Quota dell'intradosso dell'impalcato del manufatto (m) 24	Ricadente in area mappata ai sensi della direttiva alluvioni per esondazione di corsi d'acqua principali <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	
<b>Presenza di argini</b>	<b>Presenza di argini</b>	
<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> SI <sup>(*)</sup>	
Quota della sommità arginale (min tra le due) (m) (†)	Quota della sommità arginale (min tra le due) (m) (†)	
<input checked="" type="radio"/> NO	<input type="radio"/> NO	
<input type="radio"/> Scenari di tipo P2 e/o scenario di tipo P3 noti	<input type="radio"/> Scenari di tipo P2 noti	
Quota del pelo libero (scenario P2) (m) _____ Quota del pelo libero (scenario P3) (m) _____ <input type="radio"/> Non nota <sup>(*)</sup>	Quota del pelo libero (scenario P2) _____	
<input type="radio"/> Scenari di tipo P2 e di tipo P3 non definiti	<input type="radio"/> Scenari di tipo P2 e di tipo P3 non definiti	
<input checked="" type="radio"/> Elemento morfologico di confinamento ben definito	<input type="radio"/> Elemento morfologico di confinamento ben definito	
Quota spondale (max tra le due) (m) (†) _____	Quota spondale (max tra le due) (m) (†) _____	
<input type="radio"/> Elemento morfologico di confinamento non ben definibile	<input type="radio"/> Elemento morfologico di confinamento non ben definibile	
<input checked="" type="radio"/> Ponte con impalcato molto alto rispetto al piano di	<input type="radio"/> Ponte con impalcato molto alto rispetto al piano di scorrimento	

### Fenomeni di erosione

<input checked="" type="radio"/> Aree golenali assenti ( $C_u$ indefinito) <sup>(**)</sup>	Larghezza complessiva dell'alveo inciso occupata dall'ingombro di pile e spalle ( $W_{g,1}$ ) 20 m						
	Larghezza complessiva dell'alveo inciso a monte del ponte ( $W_{g,2}$ ) 4.4 m						
	Larghezza complessiva delle golene occupate dai rilevati di accesso, dalle spalle e dalle pile ( $W_{g,3}$ ) - m						
	Larghezza complessiva delle golene a monte del ponte ( $W_{g,4}$ ) - m						
<sup>(**)</sup> Nel caso in cui non sia individuabile un'area golenale (per cui $W_{g,1} = 0$ e $W_{g,2} = 0$ ), la classe di pericolosità idraulica può essere valutata sulla base del solo coefficiente di contrazione d'alveo (§ 4.5.1), secondo la seguente classificazione:							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classe di pericolosità idraulica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>C_u &gt; 35\%</math></td> </tr> <tr> <td><math>25\% &lt; C_u &lt; 35\%</math></td> </tr> <tr> <td><math>15\% &lt; C_u &lt; 25\%</math></td> </tr> <tr> <td><math>10\% &lt; C_u &lt; 15\%</math></td> </tr> <tr> <td><math>C_u &lt; 10\%</math></td> </tr> </tbody> </table>	Classe di pericolosità idraulica	$C_u > 35\%$	$25\% < C_u < 35\%$	$15\% < C_u < 25\%$	$10\% < C_u < 15\%$	$C_u < 10\%$
Classe di pericolosità idraulica							
$C_u > 35\%$							
$25\% < C_u < 35\%$							
$15\% < C_u < 25\%$							
$10\% < C_u < 15\%$							
$C_u < 10\%$							

### Caratteristiche geometriche Pile

Geometria sezione trasversale:	Circolare
Dimensioni sezione trasversale:	2,20 m
Stato di conservazione (giudizio sintetico)	Buono

### Caratteristiche geometriche Spalle

Geometria sezione trasversale:	_____
Dimensioni sezione trasversale:	_____
Stato di conservazione (giudizio sintetico)	_____

### Affidabilità complessiva della valutazione

<input checked="" type="radio"/> Buona	<input type="radio"/> Limitata
--	--------------------------------

## Livello 2: definizione della classe d'attenzione

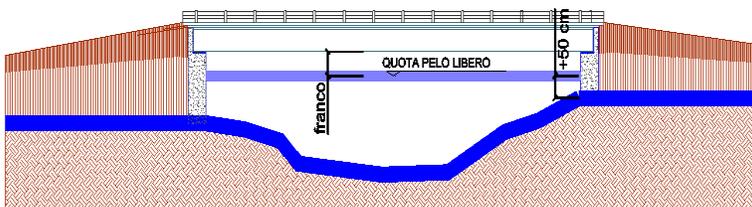
La classe di attenzione viene individuata tramite l'elaborazione dei dati raccolti nel **Livello 0** e **Livello 1**



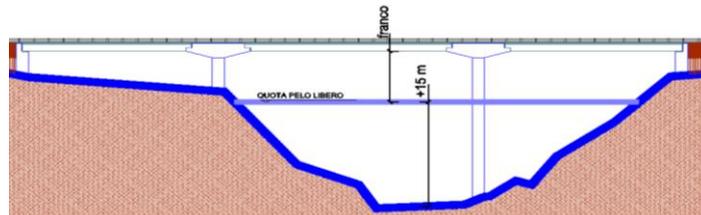
## Pericolosità per sormonto

«Franco idraulico  $F$  definito come la differenza tra la quota minima dell'intradosso del ponte con la stimabile quota di pelo libero»

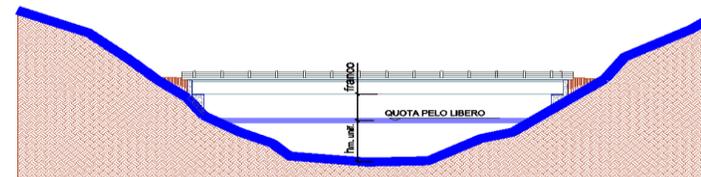
Corso d'acqua con elemento di confinamento definito



Impalcato molto alto rispetto al fondo alveo



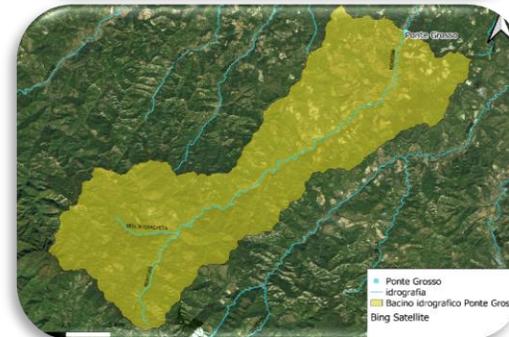
Impalcato potenzialmente interferente con la piena



# Vulnerabilità per sormonto

Tabella 4.24 - Classi di vulnerabilità per il fenomeno di sormonto

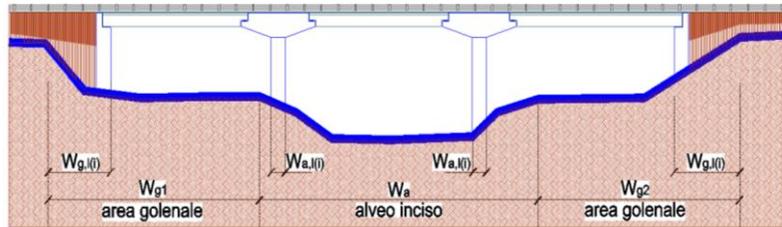
- ❑ Evidenza di accentuati fenomeni di deposizione di sedimenti o di fenomeni di erosione d'alveo
  
- ❑ Evidenza di trasporto di materiale vegetale di notevoli dimensioni
  
- ❑ Dimensione del bacino idrografico
  - I bacini di piccole dimensioni ( $S < 100 \text{ km}^2$ ) presentano una classe di vulnerabilità per sormonto almeno medio-alta



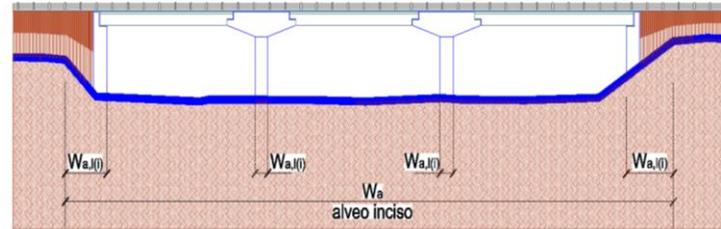
# Pericolosità per erosione generalizzata

Valutata tramite il **fattore di restringimento d'alveo  $C_a$**  e il **fattore di restringimento dell'area golenale  $C_g$**  indotto dalla presenza del ponte.

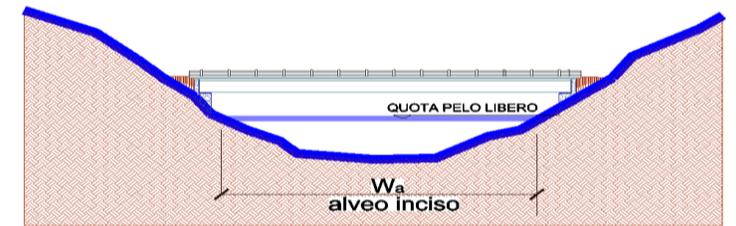
Presenza di aree golenali



Assenza di aree golenali



Corso d'acqua tra versanti



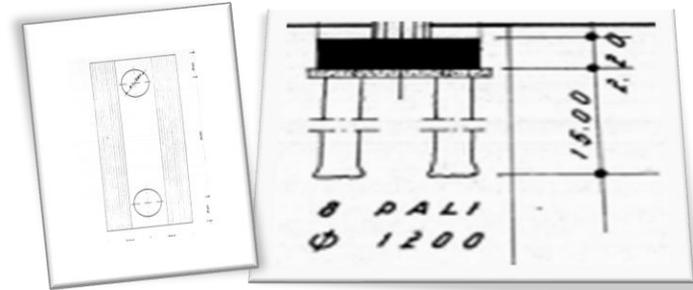
Problematica relativa al rilievo di grandi estensioni

# Vulnerabilità per erosione generalizzata

Tabella 4.25 - Classi di vulnerabilità per il fenomeno erosione generalizzata

## □ Evidenza di presenza di fondazioni superficiali/profonde

L'assenza di tavole di progetto non permette la definizione di tale condizione. In questi casi ci si pone in condizioni cautelative e si ipotizza la presenza di fondazioni superficiali → potenziale sovrastima



## □ Ponte posizionato in alveo avente sensibile curvatura



## □ Evidenza di fenomeni di abbassamento generalizzato a monte e a valle del ponte

Fenomeno difficilmente valutabile tramite osservazioni dirette poiché dipende dall'evoluzione temporale e la distribuzione spaziale dei fenomeni di trasporto.



## Pericolosità per erosione localizzata

«Per la valutazione della pericolosità da erosione localizzata, si suggerisce in prima approssimazione la stima della massima **profondità di scavo**  $d_s$ . Valutato  $d_s$ , è possibile definire un indice adimensionale IEL dato dal rapporto tra  $d_s$  e la **profondità di posa del piano di fondazione**  $d_f$  rispetto all'alveo»

$$IEL = \frac{d_s}{d_f}$$

La valutazione di questo indice risulta particolarmente complessa poiché:

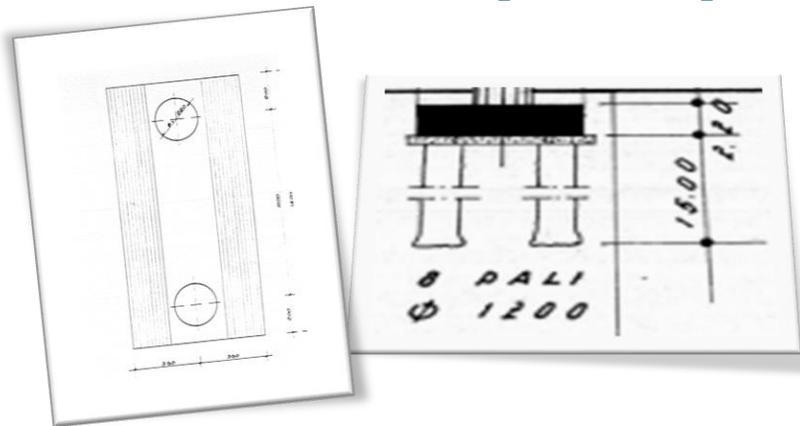
- $d_s$  risulta difficilmente valutabile tramite osservazioni dirette;
- $d_f$  è valutabile solo dalle tavole di progetto, generalmente assenti  
 $d_f = 2.0 \text{ m} \rightarrow$  Possibile sovrastima



# Vulnerabilità per erosione localizzata

Tabella 4.26 - Classi di vulnerabilità per il fenomeno erosione localizzata

Evidenza di fondazioni superficiali/profonde



Presenza di materiale flottante a monte delle pile



Tendenza dell'alveo alla divagazione planimetrica

Savio II 2002



Savio II 2021

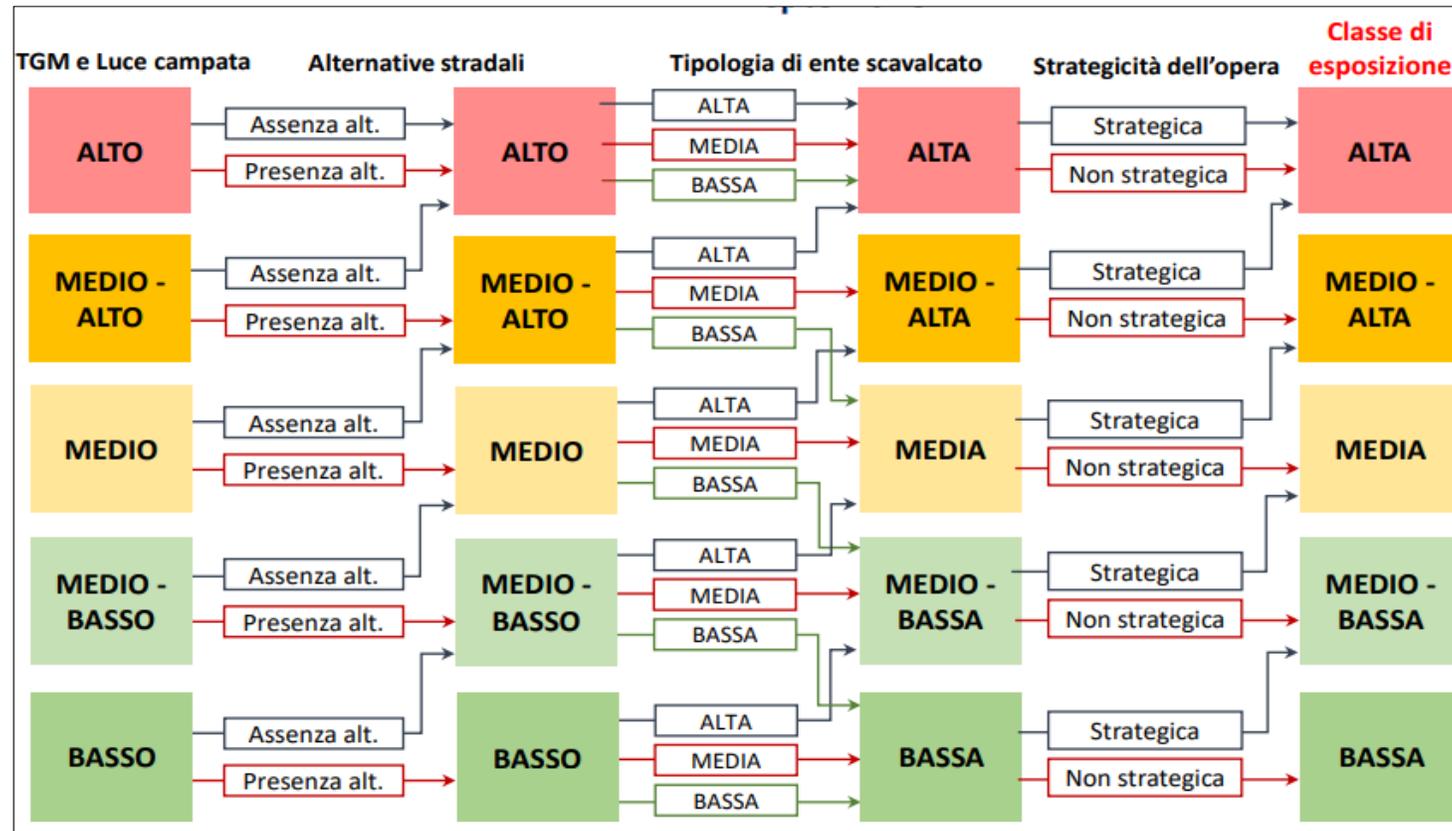


Evidenza di protezione al piede delle pile e delle spalle del ponte



# Esposizione

La classe di esposizione per il rischio idraulico è equivalente a quella dedotta per il rischio sismico, ed è la stessa per tutti i fenomeni connessi al rischio idraulico.



# Risultati prime valutazioni

## I risultati ottenuti rispecchiamo la realtà?

Sì...

Nome opera	CdA Idraulica
Acqua Cheta	Medio-Alta
Ansa Tevere	Medio-Alta
Ausa II	Medio-Alta
Casone	Media
Ponte Grosso	Medio-alta
Ponte di Ferro	Medio Alta
Ponte Taro	Alta
Savio II	Alta
Savio 3 via sinistra	Medio-alta
Trabocchi	Alta

Savio II



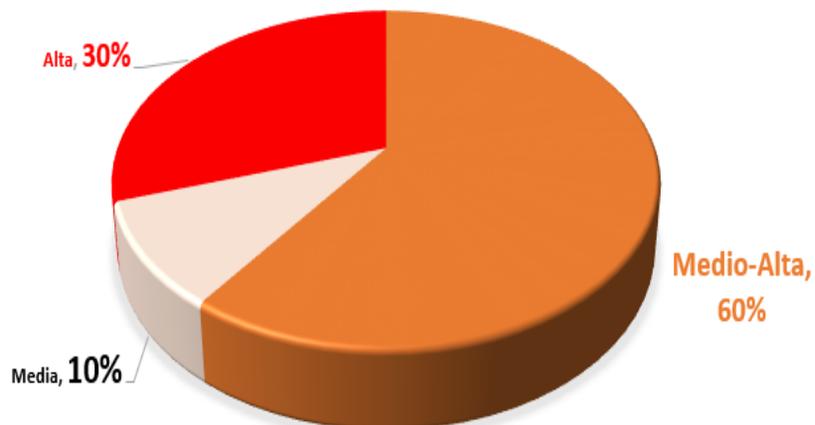
Ponte Grosso



Ponte Taro



CLASSE DI ATTENZIONE IDRAULICA PONTI 2021



Ansa Tevere



...e no

Trabocchi



Ponte di Ferro



## Problematiche

1) **ASSENZA DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO:** l'assenza della documentazione di progetto pregiudica negativamente:

- Valutazione della pericolosità per erosione localizzata → sovrastima;
- Vulnerabilità per erosione generalizzata → Sovrastima;
- Vulnerabilità per erosione localizzata → Sovrastima

**⚠️ dei 10 ponti ispezionati nessuno disponeva della documentazione di progetto! ⚠️**

2) **PESO ECCESSIVO DELLE DIMENSIONI DEL BACINO IDROGRAFICO**

- Nei casi analizzati, i ponti a valle di piccoli bacini idrografici presentano una CdA media provocata dalla condizione relativa alle dimensioni del bacino

3) **CARATTERIZZAZIONE DI CASISTICHE PARTICOLARI:** le Linee Guida contemplano un elevato numero di casistiche riscontrabili; tuttavia, durante le fasi di sopralluoghi e ispezioni sono stati riscontrati dei casi non «adattabili» (es. alveo cementato con canaletta di scolo, tratto tombinato, ecc).

4) **DIFFICILE ACCESSIBILITÀ AL PONTE:** presenza di proprietà private, scarsa manutenzione della vegetazione, scarsa collaborazione con il gestore

## Conclusioni

Le analisi finora svolte hanno permesso di individuare i punti di forza ma anche alcune criticità relative all'applicabilità delle linee guida nei confronti dei fenomeni idraulici. Il proseguimento delle attività previste permetterà di validare la metodologia al fine di garantire gli adeguati standard di sicurezza delle opere esistenti.