



CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI

Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti

Parte 1 - Classificazione e gestione del rischio dei ponti esistenti

Aspetti operativi e di dettaglio della metodologia

Esempio di applicazione



Prof. Ing. Walter Salvatore

Ing. Antonella Cosentino

Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale
Università di Pisa

Webinar 27/05/2020

L'approccio multilivello, definito, migliorato e perfezionato da commissioni esperte nominate dal **Consiglio Superiore del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**, è oggetto delle Linee Guida ministeriali.

Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti



OBIETTIVI

- ❖ Definire ed uniformare i **criteri per il monitoraggio**, la **valutazione della sicurezza strutturale** e la **classificazione del rischio** dei ponti esistenti, anche in considerazione del transito dei mezzi eccezionali;
- ❖ Fornire raccomandazioni ai fini della **definizione di piani e programmi di manutenzione straordinaria** delle infrastrutture, ed in particolare delle opere d'arte contenenti i criteri di analisi di rischio per l'**individuazione delle priorità d'intervento**

Parte 1 **Approccio multilivello, censimento e classificazione**

Parte 2 **Valutazione della sicurezza**

Parte 3 **Attività di sorveglianza e monitoraggio**

L'approccio multilivello permette di passare da **valutazioni speditive** applicabili su **scala territoriale** a **valutazioni più approfondite** su un **numero limitato** di ponti, selezionati sulla base dei risultati delle valutazioni su scala territoriale.

**Valutazioni su
SCALA TERRITORIALE**
su tutti i ponti

Censimento e ispezioni visive



**Valutazioni
PIU' APPROFONDITE**
su un numero limitato di ponti

**Analisi di sicurezza, rischio e
resilienza**



Sistema di classificazione

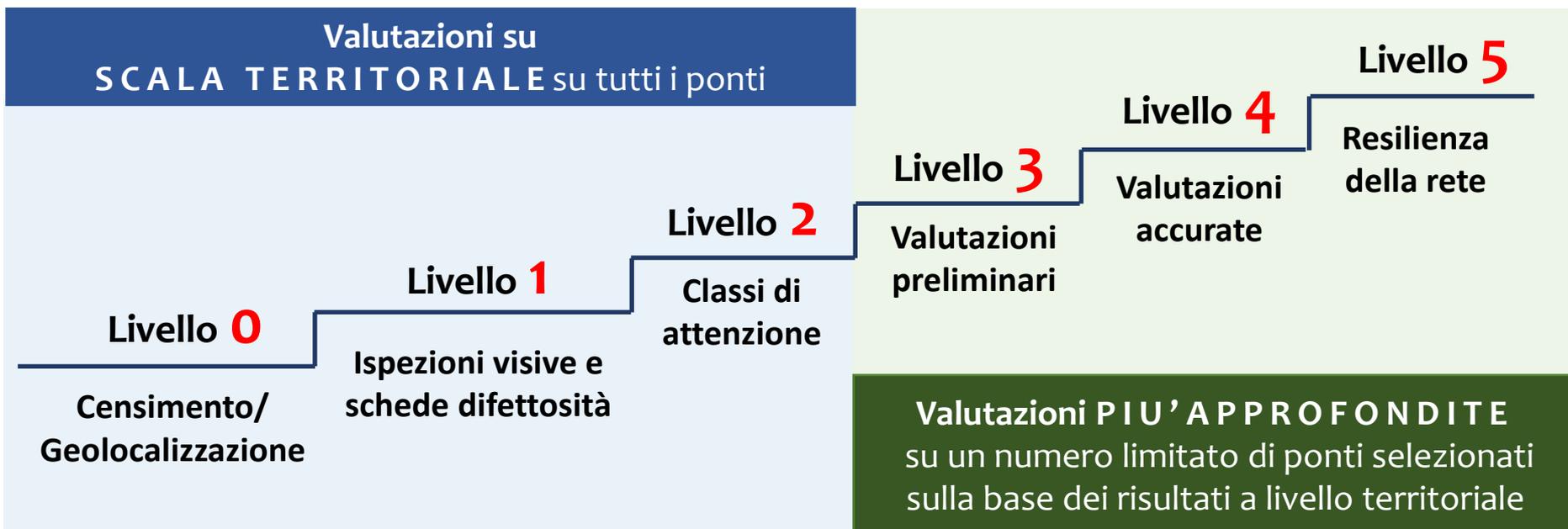
Il sistema di classificazione applicato a tutti i ponti del territorio permette di selezionare quelli prioritari per la valutazione di sicurezza e l'esecuzione di altre analisi approfondite.

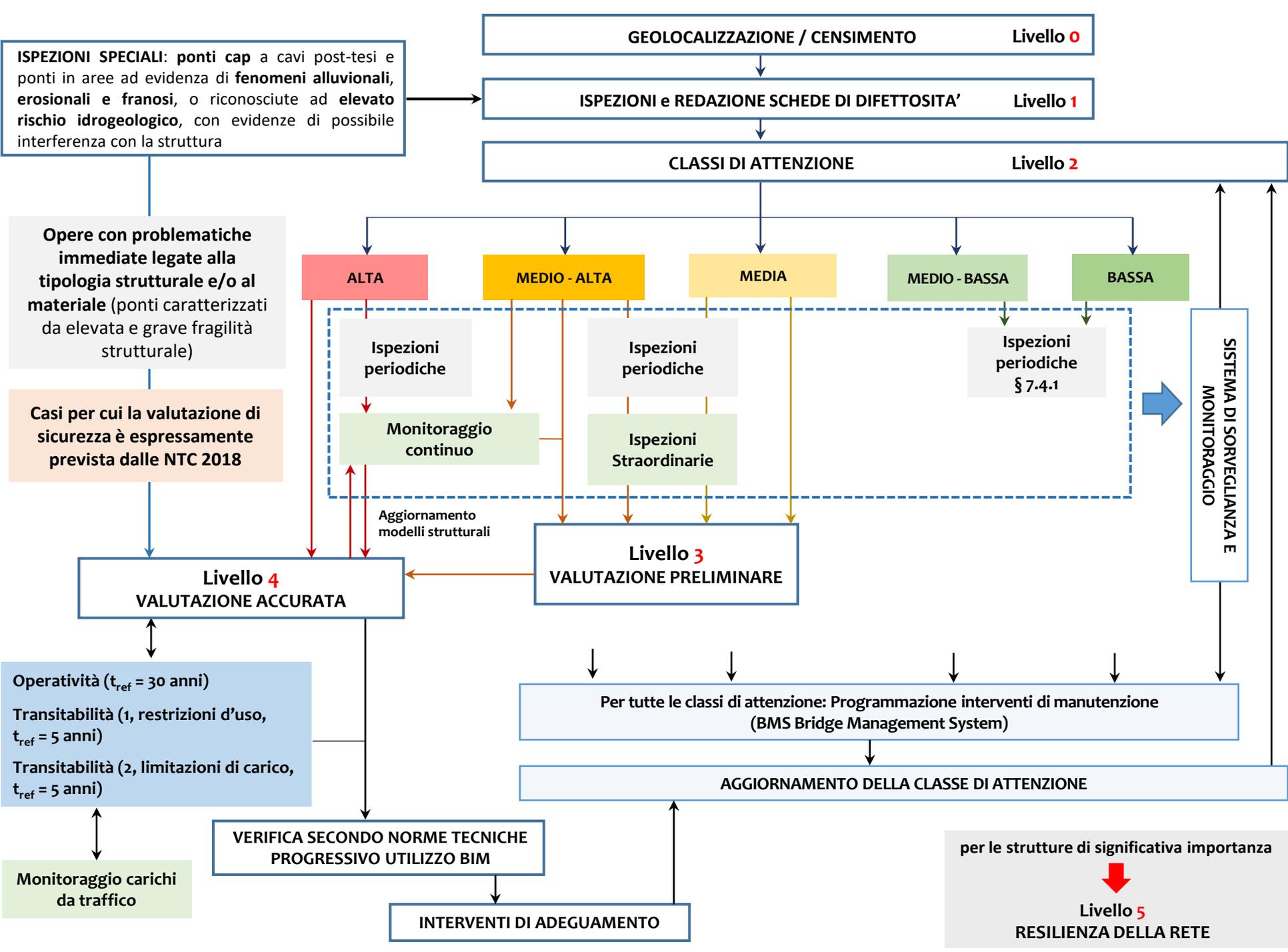
L'approccio si sviluppa su **6 livelli differenti**, aventi grado di approfondimento e complessità crescenti.

Maggiore grado di approfondimento e livello di dettaglio

Maggiori risorse economiche e temporali necessarie

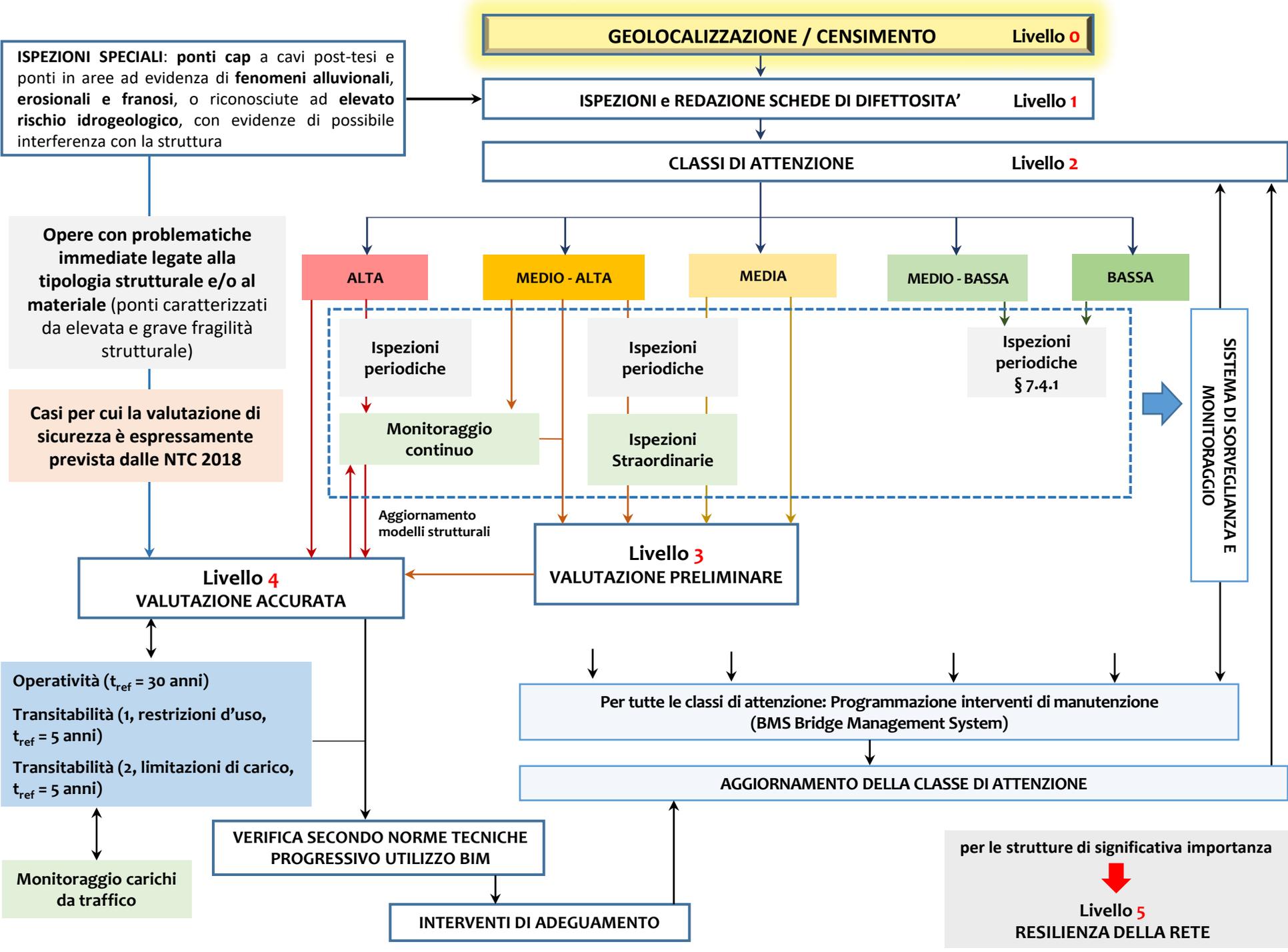
Minore numero di infrastrutture su cui applicare il livello





LINEE GUIDA PER LA GESTIONE DELLA SICUREZZA STRADALE DEI PONTI ESISTENTI

Parte 1: CENSIMENTO E CLASSIFICAZIONE



Valutazioni su SCALA TERRITORIALE su tutti i ponti

Livello 0 GEOLOCALIZZAZIONE / CENSIMENTO

- ❖ **Censimento** di tutte le opere e delle loro caratteristiche principali mediante la raccolta delle informazioni e della documentazione disponibile.
- ❖ Creazione di un **database** dei ponti italiani, **da aggiornare** qualora si riescano ad acquisire nuove informazioni grazie al reperimento di nuova documentazione.
- ❖ Suddivisione dei ponti in **macro-classi** e individuazione di un **ordine di priorità** su cui basare la **programmazione delle ispezioni vive** in situ.

La **raccolta di dati** si esegue sulla base dell'analisi della **documentazione tecnica ed amministrativa** (dati catastali, progetti originali, ecc.), e del **supporto di strumenti informatici** per la gestione e mappatura del censimento, senza necessariamente eseguire ispezioni vive in situ.

DATI PRINCIPALI

- Localizzazione
- Materiale elementi strutturali
- Tipologia struttura
- Dimensioni geometriche
- Periodo di costruzione
- Schema statico
- Categoria della strada
- Dati di traffico
- Analisi della viabilità alternativa
- Caratteristiche geotecniche e idrogeologiche del sito
- Ente proprietario e di gestione
- Documentazione tecnica originaria disponibile

Valutazioni su SCALA TERRITORIALE su tutti i ponti

Livello 0 GEOLOCALIZZAZIONE / CENSIMENTO

Per ogni struttura è predisposta una “*Scheda di censimento di Livello 0*”, che consente di raccogliere le informazioni disponibili.

Schede di censimento ponti di Livello 0



Codice IOP _____ Nome Ponte/Viadotto _____
Strada di appartenenza: _____ Progressiva km iniziale: _____ Progressiva km finale: _____

Localizzazione

Provincia/Regione: _____	Coordinate Geografiche <input type="radio"/> ED50 <input type="radio"/> WGS84	Centro	Quota s.l.m. [m]: _____ Longitudine: _____ Latitudine: _____
Comune: _____		Iniziale	Quota s.l.m. [m]: _____ Longitudine: _____ Latitudine: _____
Località: _____		Finale	Quota s.l.m. [m]: _____ Longitudine: _____ Latitudine: _____
Sismicità dell'area [a _v /g] (Suola A, TR = 475 anni) _____			
Area a rischio idrogeologico <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO			
Presenza di fenomeni franosi <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO			

Informazioni generali

Proprietario: _____	Anno di costruzione/ ristrutturazione	Progettazione	Ultimazione costruzione (collaudo)	Eventuali interventi sostanziali
Concessionario: _____		<input type="radio"/> Effettivo	<input type="radio"/> Effettivo	<input type="radio"/> Effettivo
Ente vigilante: _____		<input type="radio"/> Presunto	<input type="radio"/> Presunto	<input type="radio"/> Presunto

Stato dell'opera

<input type="radio"/> A Pienamente agibile	<input type="radio"/> B Agibile ma con scadenze di lavori di manutenzione ordinaria	<input type="radio"/> C Agibile ma con scadenze di lavori di manutenzione straordinaria	<input type="radio"/> D Condizioni critiche e agibile parzialmente/ lavori di manutenzione urgenti	<input type="radio"/> E Inagibile
---	--	--	--	--------------------------------------

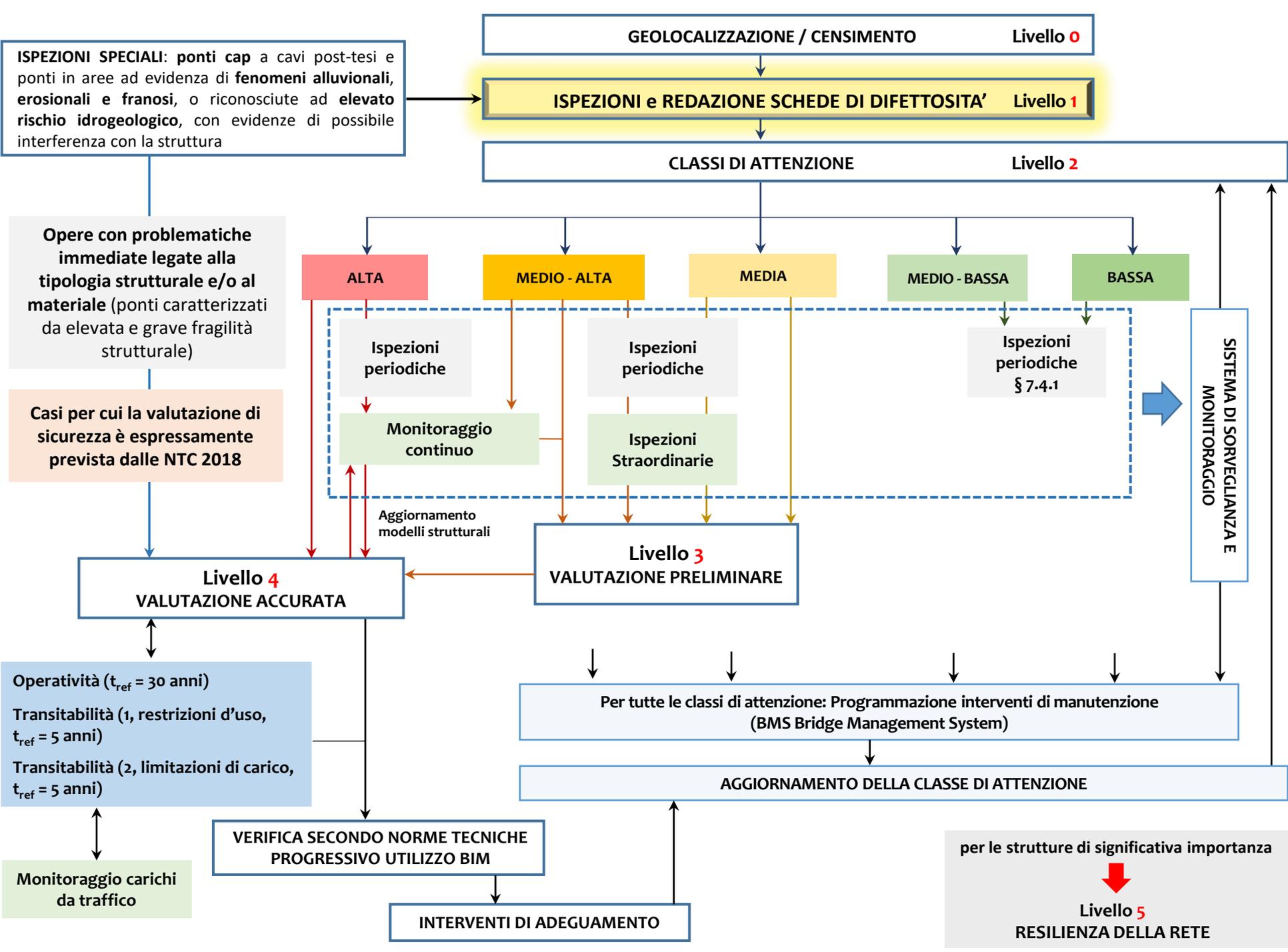
La struttura della scheda e le informazioni contenute sono **coerenti** con quanto previsto al D.M. n. 430, 08.10.2019, del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti per la formazione dell'**Archivio Informativo Nazionale delle Opere Pubbliche**.

Livello 0 GEOLOCALIZZAZIONE / CENSIMENTO

Di particolare importanza è la raccolta della documentazione tecnica disponibile per il **reperimento dei dati** e per **assicurare l'affidabilità delle valutazioni successive**. In particolare, occorre specificare se si è in possesso di:

Documentazione tecnica originaria disponibile

- Documentazione iniziale: strumenti di finanziamento, piani e strumenti di programmazione
- Progetto preliminare/di massima: documenti descrittivi, grafici, documenti inerenti l'iter di approvazione
- Progetto definitivo/esecutivo: documenti descrittivi, grafici, documenti inerenti l'iter di approvazione
- Progetto esecutivo/cantierabile: documenti descrittivi, grafici, documenti inerenti l'iter di approvazione
- Documenti inerenti la direzione dei lavori: documenti contabili, grafici allegati alla contabilità dell'appalto
- Documenti inerenti la realizzazione: documenti contrattuali, documenti contabili
- Varianti in corso d'opera: documenti descrittivi, grafici, documenti contrattuali e contabili
- Documenti inerenti il collaudo: relazione di collaudo e allegati
- Interventi di manutenzione: documenti descrittivi, grafici, documenti contrattuali e contabili
- Segnalazioni: documenti descrittivi e grafici con date
- Progetto ed interventi di incremento del grado di sicurezza: documenti descrittivi e grafici
- Documenti disponibili inerenti alle condizioni di rischio idreogeologico



Valutazioni su SCALA TERRITORIALE su tutti i ponti

Livello 1 ISPEZIONI E REDAZIONE SCHEDE DI DIFETTOSITA'

- ❖ Esecuzione di **ispezioni visive** su tutte le opere presenti sul territorio e catalogate nel censimento di **Livello 0**.
- ❖ **Verifica dell'attendibilità** dei dati raccolti e **raccolta di ulteriori informazioni** sulle effettive caratteristiche geometriche e strutturali dell'opera e del sito.
- ❖ **Valutazione**, seppur in maniera speditiva e sommaria, **il grado di conservazione** delle strutture.



Le ispezioni visive devono essere condotte da **professionisti esperti**, adeguatamente formati. Esse **richiedono l'accesso sia all'estradosso sia all'intradosso del ponte** e di avvicinarsi il più possibile, ad una distanza non superiore a 2 m, al manufatto in ogni suo elemento in modo da avere una visibilità completa ed adeguata, anche di vani chiusi quali cassoni o pile cave.

Non richiedono l'utilizzo di strumentazione sofisticata né, di regola, di risorse economiche e temporali significative. La **strumentazione di base** suggerita comprende semplici strumenti di misura per eseguire, laddove possibile, il rilievo geometrico della struttura, strumenti fotografici di prestazioni adeguate all'esecuzione di rilievi fotografici anche a distanza ed eventuali altri strumenti ritenuti utili per il rilievo delle caratteristiche principali dell'opera.



Valutazioni su SCALA TERRITORIALE su tutti i ponti

Livello 1 ISPEZIONI E REDAZIONE SCHEDE DI DIFETTOSITA'

RILIEVO FOTOGRAFICO

Occorre eseguire un **rilievo fotografico** sia completo e preciso, indicando la zona della struttura a cui ogni foto si riferisce, in modo da localizzare i fenomeni di degrado rilevati.



Prospecto EST



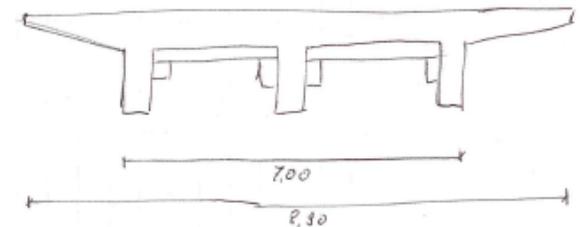
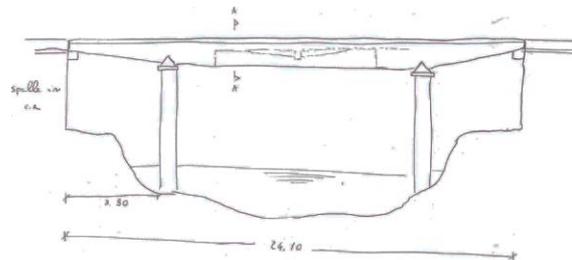
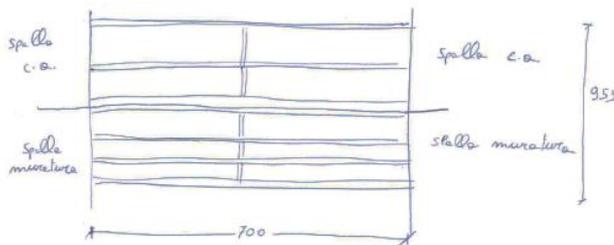
Spalla lato EST



Trave centrale

RILIEVO GEOMETRICO

Occorre tracciare **schemi geometrici di massima** ed eseguire il rilievo delle **misure principali**



Valutazioni su SCALA TERRITORIALE su tutti i ponti

Livello 1 ISPEZIONI E REDAZIONE SCHEDE DI DIFETTOSITA'

RILIEVO DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA STRUTTURA

Deve essere eseguito il **rilevo dello stato di conservazione della struttura**, finalizzato ad individuare, evidenziare e segnalare i fenomeni di degrado e di difettosità presenti, mediante un **approccio schedografico**.

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

Codice difetto	Descrizione difetto	visto	G	Estensione K ₁			Intensità K ₂			N° foto	PS	NA	NR	NP
				0,2	0,5	1	0,2	0,5	1					
Mur_1	Fessure orizzontali	<input type="checkbox"/>	3			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mur_2	Fessure verticali	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mur_3	Fessure diagonali	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mur_9	Macchie di umidità / risalita	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dif. Gen_1	Tracce di scolo	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mur_10	Dilavamento	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dif. Gen_2	Ristagni d'acqua	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mur_4	Porzione di muratura mancante	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dif. Gen_3	Danni da urto	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mur_8	Riprese successive deteriorate	<input type="checkbox"/>	1			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mur_11	Macchie di colore scuro	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mur_12	Efflorescenze	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mur_13	Patina biologica	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mur_14	Polverizzazione	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mur_15	Esfoliazione	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dif. Gen_6	Fuori piombo	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ril/Fond_1	Scalzamento	<input type="checkbox"/>	5			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ril/Fond_2	Dilavamento del rilevato	<input type="checkbox"/>	1			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



La compilazione di schede di rilievo permette di indicare la **presenza** di specifici **fenomeni di degrado** e l'**intensità** e l'**estensione** con cui essi si manifestano.

Le indicazioni riportate sulle schede sono poi utilizzate per la determinazione del livello di difettosità, uno dei principali parametri considerati nel metodo di classificazione di **Livello 2**.

Le schede proposte sono state sviluppate assumendo come riferimenti principali le schede di valutazione disponibili in letteratura, integrandole e modificandole sulla base della letteratura tecnica e delle risultanze di numerose applicazioni a ponti esistenti.

Valutazioni su SCALA TERRITORIALE su tutti i ponti

Livello 1 ISPEZIONI E REDAZIONE SCHEDE DI DIFETTOSITA'

RILIEVO DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA STRUTTURA

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

1	Spalle N _____ Strada di appartenenza: _____ Progressiva km: _____
	Calcestruzzo Tecnico rilevatore: _____ Data ispezione: __/__/____



Codice difetto	Descrizione difetto	visto	G	Estensione K1			Intensità K2			N° foto	PS	NA	NR	NP	Note
				0,2	0,5	1	0,2	0,5	1						
c.a./c.a.p._1	Macchie di umidità passiva	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
c.a./c.a.p._2	Macchie di umidità attiva	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
Dif. Gen_1	Tracce di scolo	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
c.a./c.a.p._3	Cls dilavato / ammalorato	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
Dif. Gen_2	Ristagni d'acqua	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
c.a./c.a.p._4	Vespai	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>								
c.a./c.a.p._5	Distacco del copriferro	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
c.a./c.a.p._6	Armatura ossidata	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
c.a./c.a.p._7	Lesioni a ragnatela modeste	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
c.a./c.a.p._8	Fessure orizzontali	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>								
c.a./c.a.p._9	Fessure verticali	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>								
c.a./c.a.p._10	Fessure diagonali	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
c.a./c.a.p._11	Lesioni attacco pilastri (spalle a telaio)	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>								
c.a./c.a.p._12	Riprese successive deteriorate	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>								
Dif. Gen_3	Danni da urto	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Dif. Gen_6	Fuori piombo	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
Ril/Fond_1	Scalzamento	<input type="checkbox"/>	5			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Ril/Fond_2	Dilavamento del rilevato	<input type="checkbox"/>	1			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
Ril/Fond_3	Dissesto del rilevato - deformazioni	<input type="checkbox"/>	2			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			
Ril/Fond_4	Dissesto del rilevato - stabilità	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Ril/Fond_5	Movimenti di fondazione	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
c.a./c.a.p._13	Lesioni da schiacciamento (baggioli)	<input type="checkbox"/>	4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Dif. Gen_4	Lesioni caratteristiche zone appoggio	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
Eventuali note															

Ogni **SCHEDA DI RILIEVO** della **DIFETTOSITA'** è relativa ad una tipologia di elementi costituenti il ponte e al materiale di realizzazione. In ogni scheda è presente un elenco dei difetti tipici di quell'elemento di quel determinato materiale. Ad ognuno di essi è associato un **PESO (G)**, variabile da 1 a 5 in funzione della sua gravità. Ai difetti più gravi è assegnato peso pari a 5.

Valutazioni su SCALA TERRITORIALE su tutti i ponti

Livello 1 ISPEZIONI E REDAZIONE SCHEDE DI DIFETTOSITA'

RILIEVO DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA STRUTTURA

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

1		Località: km:		Ispettore:		data:					
Codice difetto	Descrizione difetto	visto	G	Estensione K1			Intensità K2			N° foto	PS
				0,2	0,5	1	0,2	0,5	1		
p. 1	Macchie di umidità passiva	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
2	Macchie di umidità attiva	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Tracce di scolo	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Accelerato	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					

Per ogni difetto si deve segnalare se esso è stato oggetto di indagine, se esso non è presente, non è rilevabile o non è applicabile, altrimenti si devono indicare l'**ESTENSIONE** e l'**INTENSITA'** con cui esso si presenta, mediante dei coefficienti variabili da 0,2 a 1.

Valutazioni su SCALA TERRITORIALE su tutti i ponti

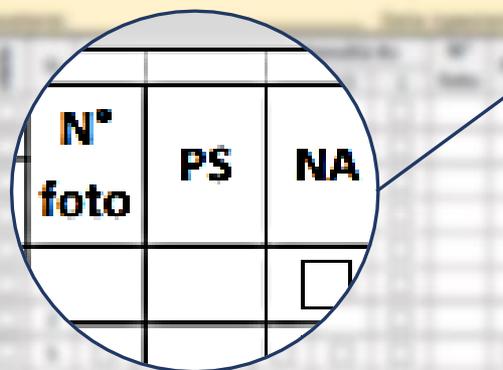
Livello 1 ISPEZIONI E REDAZIONE SCHEDE DI DIFETTOSITA'

RILIEVO DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA STRUTTURA

Schema Ispezioni Ponti di Livello 1

1	Spazio	Stato di conservazione	Prognosi
---	--------	------------------------	----------

Indice Stato	Descrizione Stato	Stato di conservazione	Prognosi
1	Struttura in cemento armato		
2	Struttura in cemento a masso		
3	Trave di legno		
4	Struttura in metallo		
5	Struttura in ferro		
6	Struttura in acciaio		
7	Struttura in legno		
8	Struttura in pietra		
9	Struttura in muratura		
10	Struttura in mattoni		
11	Struttura in laterizi		
12	Struttura in ceramica		
13	Struttura in vetro		
14	Struttura in plastica		
15	Struttura in cartongesso		
16	Struttura in stucco		
17	Struttura in intonaco		
18	Struttura in gesso		
19	Struttura in legno		
20	Struttura in metallo		
21	Struttura in ferro		
22	Struttura in acciaio		
23	Struttura in legno		
24	Struttura in pietra		
25	Struttura in muratura		
26	Struttura in mattoni		
27	Struttura in laterizi		
28	Struttura in ceramica		
29	Struttura in vetro		
30	Struttura in plastica		
31	Struttura in cartongesso		
32	Struttura in stucco		
33	Struttura in intonaco		
34	Struttura in gesso		
35	Struttura in legno		
36	Struttura in metallo		
37	Struttura in ferro		
38	Struttura in acciaio		
39	Struttura in legno		
40	Struttura in pietra		
41	Struttura in muratura		
42	Struttura in mattoni		
43	Struttura in laterizi		
44	Struttura in ceramica		
45	Struttura in vetro		
46	Struttura in plastica		
47	Struttura in cartongesso		
48	Struttura in stucco		
49	Struttura in intonaco		
50	Struttura in gesso		



Si devono segnalare i difetti che possono **Pregiudicare la Statica (PS)** dell'opera e rappresentare un rischio strutturale rilevante per l'elemento e l'opera in esame.

Devono essere inoltre individuati i cosiddetti **ELEMENTI CRITICI**, ossia quegli elementi o le condizioni per i quali la presenza di uno stato di degrado avanzato è da segnalare immediatamente (**selle Gerber, ancoraggio cavi di precompressione, incipiente perdita di appoggio**).

Valutazioni su SCALA TERRITORIALE su tutti i ponti

Livello 1 ISPEZIONI E REDAZIONE SCHEDE DI DIFETTOSITA'

RILIEVO DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA STRUTTURA

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1

Codice Defetto	Descrizione Defetto	visito	G	Estensione K1			Intensità K2			N° foto
				0,2	0,5	1	0,2	0,5	1	
scd1.sp.1	Macchia di umidità parete	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	
scd1.sp.2	Macchia di umidità soffitto	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	
scd1.sp.3	Tracce di ruggine	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	
scd1.sp.4	Grassi	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	
scd1.sp.5	Strati									
scd1.sp.6	Presenza del capifreno									
scd1.sp.7	Struttura visibile									
scd1.sp.8	Lesioni a rigatura verticale									
scd1.sp.9	Presenza cricche									
scd1.sp.10	Presenza ammuffi									
scd1.sp.11	Presenza di spigoli									
scd1.sp.12	Lesioni allineate all'intero della parete									
scd1.sp.13	Righe di umidità allungate									
scd1.sp.14	Tracce di ruggine									
scd1.sp.15	Tracce di ruggine									
scd1.sp.16	Tracce di ruggine									
scd1.sp.17	Tracce di ruggine									
scd1.sp.18	Tracce di ruggine									
scd1.sp.19	Tracce di ruggine									
scd1.sp.20	Tracce di ruggine									
scd1.sp.21	Tracce di ruggine									
scd1.sp.22	Tracce di ruggine									
scd1.sp.23	Tracce di ruggine									
scd1.sp.24	Tracce di ruggine									
scd1.sp.25	Tracce di ruggine									
scd1.sp.26	Tracce di ruggine									
scd1.sp.27	Tracce di ruggine									
scd1.sp.28	Tracce di ruggine									
scd1.sp.29	Tracce di ruggine									
scd1.sp.30	Tracce di ruggine									

Parte della scheda di rilievo dei difetti, relativa ai coefficienti di peso, estensione ed intensità, è conforme con le schede di rilievo proposte dal «**Manuale di valutazione dello stato dei ponti**» elaborate dal CIAS in collaborazione con 4Emme nel 2011, largamente impiegate sul territorio nazionale.

Valutazioni su SCALA TERRITORIALE su tutti i ponti

Livello 1 ISPEZIONI E REDAZIONE SCHEDE DI DIFETTOSITA'

RILIEVO DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA STRUTTURA

Scheda Ispezione Ponti di Livello 1		Stato di conservazione				Punteggio	
Scheda Ispezione		Scheda Ispezione		Scheda Ispezione		Scheda Ispezione	
Indice difetto	Descrizione difetto	PS	NA	NR	NP	Totale	
Ril/Fond_3	Dissesto del rilevato - deformazioni	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Ril/Fond_4	Dissesto del rilevato - stabilità	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Ril/Fond_5	Movimenti di fondazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
ca (c.a.p. 12	Lesioni da schiacciamento (boggiali)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Le schede sono state modificate ed integrate con **ulteriori parametri**, necessari per il sistema di classificazione previsto dalle LLGG. Inoltre, sono presenti **ulteriori fenomeni di degrado**, integrati secondo l'esperienza e altri riferimenti bibliografici in materia, quali il manuale di ispezione impiegato dall'ANAS Gruppo Ferrovie Italiane e la manualistica prodotta dai Dipartimenti dei trasporti degli Stati Uniti d'America e dalla Federal Highway Administration (FHWA).

Valutazioni su SCALA TERRITORIALE su tutti i ponti

Livello 1 ISPEZIONI E REDAZIONE SCHEDE DI DIFETTOSITA'

RILIEVO DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA STRUTTURA

Schede descrittive di ispezione ponti di Livello 1



Strada di appartenenza: _____ Progressiva km: _____
Tecnico rilevatore: _____ Data ispezione: _____

Tipologia strutturale

- | | | | | |
|---|--|---|---|--|
| <input type="radio"/> Arco in Muratura | <input type="radio"/> Travate appoggiate | <input type="radio"/> Travate continue | <input type="radio"/> Soletta in C.A. | <input type="radio"/> Sezione tubolare in c.a. |
| <input type="radio"/> Arco in C.A. | <input type="radio"/> Travate Gerber | <input type="radio"/> Cassone in Precompresso | <input type="radio"/> Sezione tubolare in acciaio | <input type="radio"/> Arco in acciaio |
| <input type="radio"/> Strallato o sospeso | <input type="radio"/> Altro _____ | <input type="radio"/> _____ | <input type="radio"/> _____ | <input type="radio"/> _____ |

Tipologia delle Fondazioni

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="radio"/> Fondazioni dirette | <input type="radio"/> Fondazioni Indirette | <input type="radio"/> Rilevato in terra |
| <input type="radio"/> Murature | | <input type="radio"/> Rilevato in terra rin... |
| <input type="radio"/> Pile in alveo | | <input type="radio"/> Rilevato in golena |
| <input type="radio"/> Non nota | | <input type="radio"/> Su roccia |
| | | <input type="radio"/> Viadotto in penden... |
| | | <input type="radio"/> Altro: _____ |

Dati Geomorfologici

Morfologia del sito:

- | | |
|------------------------------------|--|
| <input type="radio"/> Cresta | <input type="radio"/> Pendio legger... |
| <input type="radio"/> Pendio forte | <input type="radio"/> Pianura |

Fenomeni franosi:

- | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| <input type="radio"/> Assenti | <input type="radio"/> Presenti | <input type="radio"/> Non rilevati |
|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|

Oltre alle schede di rilievo della difettosità, per ogni ponte, è prevista la compilazione di una **scheda descrittiva di ispezione** con le caratteristiche principali della struttura rilevate durante l'ispezione visiva, quali tipologia strutturale, tipologia e materiale degli elementi strutturali, caratteristiche geomorfologiche del territorio, schemi geometrici di massima e così via.

Valutazioni su SCALA TERRITORIALE su tutti i ponti

Livello 1 ISPEZIONI E REDAZIONE SCHEDE DI DIFETTOSITA'

RILIEVO DELLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLA STRUTTURA

Scheda frane e idraulica

Una scheda apposita è predisposta per il rilievo degli elementi influenti sulla valutazione del rischio frane e idraulico.

Instabilità di versante				
<i>Area riconosciuta pericolosa (allegare riferimenti)</i>				
<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			
<i>Contesto geologico</i>				
<i>Formazioni</i> _____				
<i>Unità 1</i> _____				
<i>Unità 2</i> _____				
.... _____				
<i>Tipologia di fenomeno</i>				
<input type="radio"/> Accertato	<input type="radio"/> Ipotizzato			
<input type="radio"/> Crollo in roccia	<input type="radio"/> Ribaltamento	<input type="radio"/> Scorrimento rotazionale	<input type="radio"/> Scorrimento traslativo	
<input type="radio"/> Colate e valanghe detritiche	<input type="radio"/> Colate viscose e traslative	<input type="radio"/> Complesso e composito	<input type="radio"/> Fenomeni gravitativi profondi	
<i>Distribuzione di attività (se definibile dai dati in possesso)</i>				
<input type="radio"/> Costante	<input type="radio"/> Retrogressivo	<input type="radio"/> In allargamento	<input type="radio"/> Avanzante	<input type="radio"/> In diminuzione
<input type="radio"/> Confinato	<input type="radio"/> Multidirezionale			
<i>Uso suolo dell'area potenzialmente coinvolta (incidente sulla difficoltà di determinazione)</i>				
<input type="radio"/> Area urbanizzata	<input type="radio"/> Area estrattiva	<input type="radio"/> Seminativo	<input type="radio"/> Colture	<input type="radio"/> Vegetazione riparia
<input type="radio"/> Rimboschimento	<input type="radio"/> Bosco ceduo	<input type="radio"/> Bosco d'alto fusto	<input type="radio"/> Incolto nudo	<input type="radio"/> Incolto macchia cespugliato

DATI PRINCIPALI

- Pericolosità/suscettibilità della frana
- Grado di certezza/affidabilità della valutazione complessiva
- Presenza – o meno – di misure di mitigazione
- Estensione della potenziale interazione con il ponte
- Adeguatezza relazione di compatibilità idraulica
- Fenomeni di scalzamento e/o erosione delle pile in alveo
- Stabilità morfologica del corso d'acqua
- Eventuale presenza di opere di mitigazione/laminazione

RELAZIONI TRA I LIVELLI

ISPEZIONI SPECIALI: ponti cap a cavi post-tesi e ponti in aree ad evidenza di fenomeni alluvionali, erosionali e franosi, o riconosciute ad elevato rischio idrogeologico, con evidenze di possibile interferenza con la struttura

Opere con problematiche immediate legate alla tipologia strutturale e/o al materiale (ponti caratterizzati da elevata e grave fragilità strutturale)

Casi per cui la valutazione di sicurezza è espressamente prevista dalle NTC 2018

Livello 4
VALUTAZIONE ACCURATA



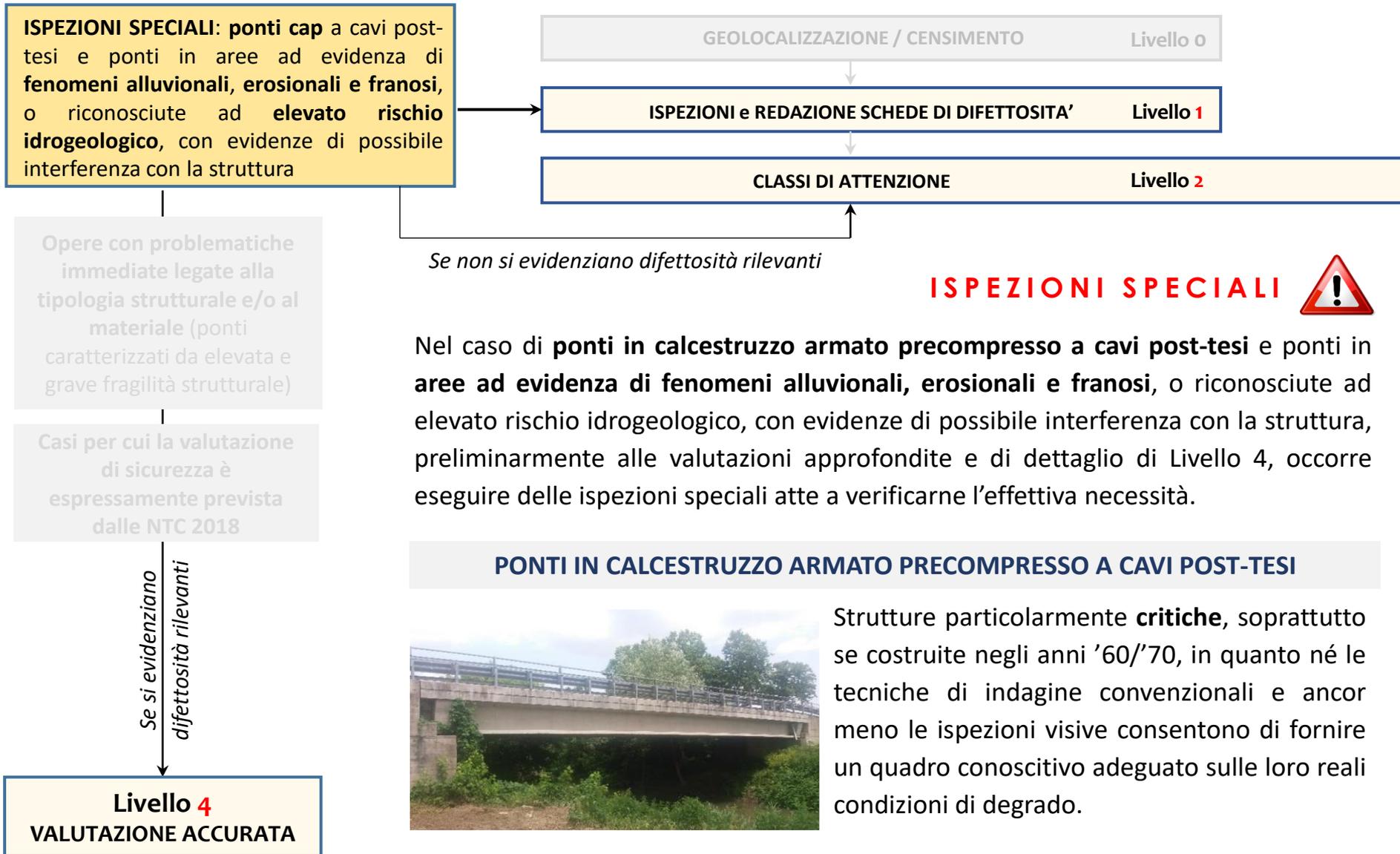
CASI IN CUI SONO NECESSARIE VALUTAZIONI ACCURATE E DI DETTAGLIO: DAL LIVELLO 1 AL LIVELLO 4

I dati raccolti nel censimento delle opere di **Livello 0** e acquisiti durante le ispezioni di **Livello 1** permettono di identificare i casi nei quali è richiesta **l'esecuzione diretta di valutazioni approfondite e di dettaglio** previste dal **Livello 4** dell'approccio multilivello e che, quindi, non saranno oggetto di classificazione.

Tali casi sono essenzialmente i seguenti:

- casi in cui è **necessaria la valutazione** della sicurezza **secondo le Norme Tecniche** al Cap. 8.3 "VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA", per quanto applicabile ai ponti esistenti;
- opere caratterizzate da **elevata "fragilità" intrinseca**, per le quali una variazione, anche minima, delle caratteristiche strutturali compromette i meccanismi resistenti per i quali sono stati progettati e non garantisce il comportamento strutturale originario previsto portando a situazioni di crisi di tipo fragile. È il caso, ad esempio, dei ponti a giunti in c.a.p., in cui la trasmissione a taglio tra i conci avviene grazie allo sviluppo di attrito tra i conci stessi.

RELAZIONI TRA I LIVELLI



ISPEZIONI SPECIALI

PONTI IN CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO A CAVI POST-TESE

Individuazione
del tracciato dei
cavi

Mediante la **documentazione disponibile** e/o **metodi di indagine specifici** si deve individuare e ricostruire il **tracciato dei cavi da precompressione** negli elementi strutturali

Localizzazione
dei difetti

Tramite **metodi di indagine non distruttivi** occorre individuare e **localizzare** gli eventuali **difetti** presenti sia sulle guaine di protezione sia sui cavi da precompressione

Campagna di
indagini

La localizzazione dei difetti permette di definire un **piano delle indagini**, stabilendo quali fenomeni indagare più approfonditamente e, di conseguenza quali siano le indagini necessarie e dove effettuarle

Valutazione dei
difetti e
conseguenze

A seconda della tipologia e dell'entità dei difetti rilevati, si determina l'**esigenza** di effettuare **valutazioni accurate di sicurezza** (di Livello 4) o di proseguire con la redazione delle schede di difettosità (di Livello 1) e l'individuazione della **classe di attenzione del ponte** (di Livello 2)

ISPEZIONI SPECIALI

PONTI IN CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO A CAVI POST-TESE

Individuazione
del tracciato dei
cavi



Localizzazione
dei difetti



Campagna di
indagini



Valutazione dei
difetti e
conseguenze

Indagini per l'individuazione del tracciato dei cavi e la localizzazione dei difetti



Indagini pacometriche

Indagine non distruttiva che permette di rilevare la **presenza**, la **direzione** e il **diametro** delle barre di armatura. Attraverso il pacometro si misura il campo magnetico determinato dalla presenza materiali ferrosi nelle vicinanze della superficie del calcestruzzo oggetto di indagine.



Indagini con Georadar

Metodo di **indagine elettromagnetico**, prevalentemente impiegato come procedimento in riflessione del segnale: un segnale radar è emesso mediante un'antenna, penetra nei materiali dell'oggetto sottoposto a verifica ed è riflesso dalle interfaccia, a condizione che i materiali si differenzino sufficientemente riguardo le loro proprietà elettriche. Il segnale riflesso è registrato a sua volta mediante un'antenna e può essere successivamente analizzato e valutato.



Tomografia ultrasonica

Si avvale dell'utilizzo del **tomografo**, il cui funzionamento si basa sulla applicazione di brevi impulsi di onde elastiche e sullo studio della disomogeneità nella loro riflessione prodotta dalla presenza di vuoti, fessure e armature nella matrice cementizia. Tale disomogeneità è prodotta dal rapporto tra le diverse impedenze acustiche tra il calcestruzzo e l'aria presente nei vuoti, che produce una riflessione quasi totale dell'onda elastica, e tra calcestruzzo e barre di armatura.

ISPEZIONI SPECIALI

PONTI IN CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO A CAVI POST-TESTI

Individuazione
del tracciato dei
cavi

Indagini per l'individuazione del tracciato dei cavi e la localizzazione dei difetti



Si basa sull'analisi di **onde elastiche** generate dall'impatto di una sferetta di acciaio o di un martello sulla superficie della struttura in esame; queste onde di bassa frequenza (fino a 50 kHz), si propagano all'interno del materiale e sono riflesse da eventuali difetti e/o dalle superfici esterne.

Localizzazione
dei difetti



Si misura il **potenziale di corrosione** della struttura e mediante un elettrodo ausiliario esterno si invia una corrente in modo da determinare una piccola polarizzazione (inferiore a 50 mV). Il rapporto tra la polarizzazione e la densità di corrente che l'ha determinata è detta "resistenza di polarizzazione" ed è inversamente proporzionale alla velocità di corrosione.

Campagna di
indagini



Si basa sull'effetto fisico per cui all'applicazione di un campo magnetico esterno, in corrispondenza di **fratture** o **interruzioni** sulla superficie di un componente, si formano ulteriori dipoli magnetici che creano un campo magnetico vagante vicino la superficie. Si verifica quindi una **variazione polare** nella **densità del flusso magnetico**. Un sistema di test magnetico è guidato sulla superficie del componente in calcestruzzo.

Valutazione dei
difetti e
conseguenze

ISPEZIONI SPECIALI

PONTI IN CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO A CAVI POST-TESE

Individuazione
del tracciato dei
cavi

Localizzazione
dei difetti

Campagna di
indagini

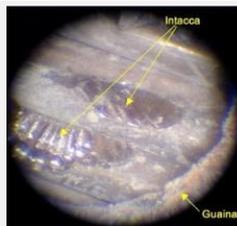
Valutazione dei
difetti e
conseguenze

Esecuzione di una campagna di indagini per la valutazione del grado di difettosità degli elementi

I risultati delle indagini non distruttive forniscono utili informazioni riguardo la localizzazione di eventuali difetti o discontinuità, sulla base delle quali è necessario redigere un opportuno e razionale **piano di indagini** che consenta di approfondire, laddove necessario, la conoscenza dello stato di conservazione degli elementi mediante **tecniche di indagine dirette e maggiormente invasive**.

La difettosità più grave e ricorrente nei ponti in c.a.p. a cavi scorrevoli è legata ad **iniezioni di guaine incomplete o del tutto assenti**.

Occorre indagare l'entità dei difetti mediante **indagini specifiche**.



Indagini endoscopiche

Ispezione visiva diretta di un punto di un cavo di precompressione, mediante un videoendoscopio a fibre ottiche inserito in un foro appositamente praticato nella trave e tale da intercettare il cavo

Saggi diretti

Ove necessario, **saggi localmente distruttivi**, con rimozione del calcestruzzo e della guaina, e prelievo di campioni del materiale di iniezione su cui eseguire **prove chimiche** per determinarne composizione e presenza di umidità e cloruri.



ISPEZIONI SPECIALI

PONTI IN CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO A CAVI POST-TESE

Individuazione
del tracciato dei
cavi

Localizzazione
dei difetti

Campagna di
indagini

Valutazione dei
difetti e
conseguenze

A seconda della tipologia e dell'entità dei difetti riscontrati, si determina l'**esigenza** di effettuare **valutazioni accurate di sicurezza** (di Livello 4) o di proseguire con l'individuazione della **classe di attenzione del ponte** (di Livello 2)

Sulla base dell'entità dei difetti riscontrati dalla campagna di indagini si stabilisce come proseguire.

RISULTATI DELLE INDAGINI

Difetti di entità rilevante
Corrosione dei cavi
Fratture o tranciamenti dei cavi, ecc.

Livello 4
VALUTAZIONE ACCURATA

**Cavi integri e fenomeni di
corrosione non rilevanti**

Livello 1
ISPEZIONI e REDAZIONE
SCHEDE DI DIFETTOSITA'

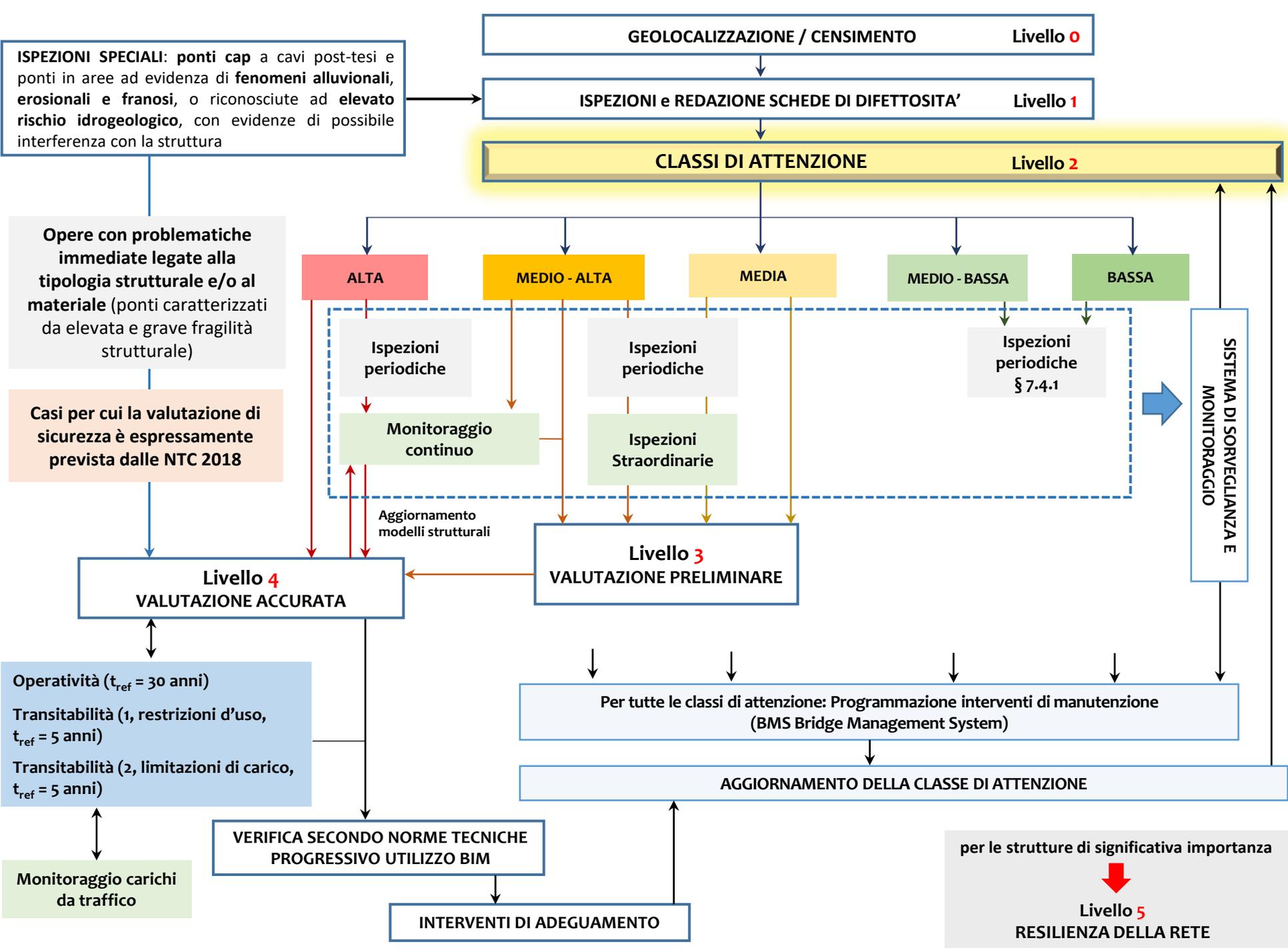
Livello 2
CLASSI DI ATTENZIONE

ISPEZIONI SPECIALI

PONTI IN CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO A CAVI POST-TESE

Tutte le attività svolte nell'ambito delle ispezioni speciali sui ponti di c.a.p. a cavi post-tesi, nonché i risultati ottenuti, sono descritte e dettagliate mediante le apposite **schede di ispezione speciale** predisposte.

Schede di ispezione speciale - Ponti in c.a.p. a cavi post-tesi			
Codice IOP _____	Nome Ponte/Viadotto _____		
Strada di appartenenza: _____	Progressiva km iniziale: _____	Progressiva km finale: _____	
Tracciato dei cavi e localizzazione dei difetti			
Tracciato dei cavi reperibile da documenti di progetto originari		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO
Allegato n° _____ (se SI, indicare i documenti di riferimento da allegare alla presente scheda)			
Schema da progetto del tracciato dei cavi (tracciare uno schema per ogni tipologia di elemento strutturale)			
Indagini non distruttive		Elementi indagati (tipologia e numero)	N° totale di indagini eseguite
Tipologie di indagini (indagine pacometriche, georadar, tomografie ultrasoniche, Impact-Echo, metodi MFL, misure di ponteziale di corrosione)	1) _____	_____	_____
	2) _____	_____	_____
	3) _____	_____	_____
	4) _____	_____	_____
	...) _____	_____	_____



Valutazioni su SCALA TERRITORIALE su tutti i ponti

Livello 2 CLASSI DI ATTENZIONE

FULCRO CENTRALE dell'approccio

- Permette di passare da valutazioni a scala territoriale a valutazioni della sicurezza su un numero limitato di strutture.
- In funzione della **classificazione** in cui ricade il ponte, le analisi a cui esso sarà soggetto avranno un **grado di difficoltà** e di **approfondimento diverso**.

CLASSI DI ATTENZIONE

ALTA

MEDIO - ALTA

MEDIA

MEDIO - BASSA

BASSA

Elaborando i dati raccolti nel **Livello 0** e nel **Livello 1** si dividono i ponti in classi di attenzione e si individua un ordine di priorità da seguire per l'applicazione dei livelli successivi.

PROCESSO DI CLASSIFICAZIONE

1° passo

INDIVIDUAZIONE DEI
RISCHI RILEVANTI

2° passo

VALUTAZIONE
SEPARATA DEI
RISCHI
RILEVANTI

3° passo

GERARCHIA TRA I
RISCHI RILEVANTI:
ANALISI MULTI-
HAZARD

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

1° passo

INDIVIDUAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

Catalogazione dei rischi rilevanti in funzione dei **tempi di ritorno**

Rischio strutturale e
fondazionale



Rischio sismico



Rischio frane



Rischio idraulico



Legato ad **AZIONI** che
si verificano nelle
normali **CONDIZIONI**
DI ESERCIZIO



Legati ad azioni con periodo di ritorno più elevato

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

2° passo

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI



Non si può parlare di vero e proprio **RISCHIO** in quanto le valutazioni e le analisi che si svolgono a questo livello sono semplificate e approssimate, mentre la valutazione del rischio richiederebbe analisi più accurate.

CLASSE DI ATTENZIONE

$$\text{CdA} = \text{Pericolosità} * \text{Vulnerabilità} * \text{Esposizione}$$

La sua definizione considera l'influenza delle principali fonti di rischio in maniera speditiva, semplice ed approssimata.

Pericolosità



Vulnerabilità



Esposizione

Ognuno dei 3 fattori è dato dalla combinazione di

PARAMETRI PRIMARI

PARAMETRI SECONDARI

variabili in funzione della tipologia di rischio considerata

I parametri sono determinati mediante

CENSIMENTO di Liv. 0

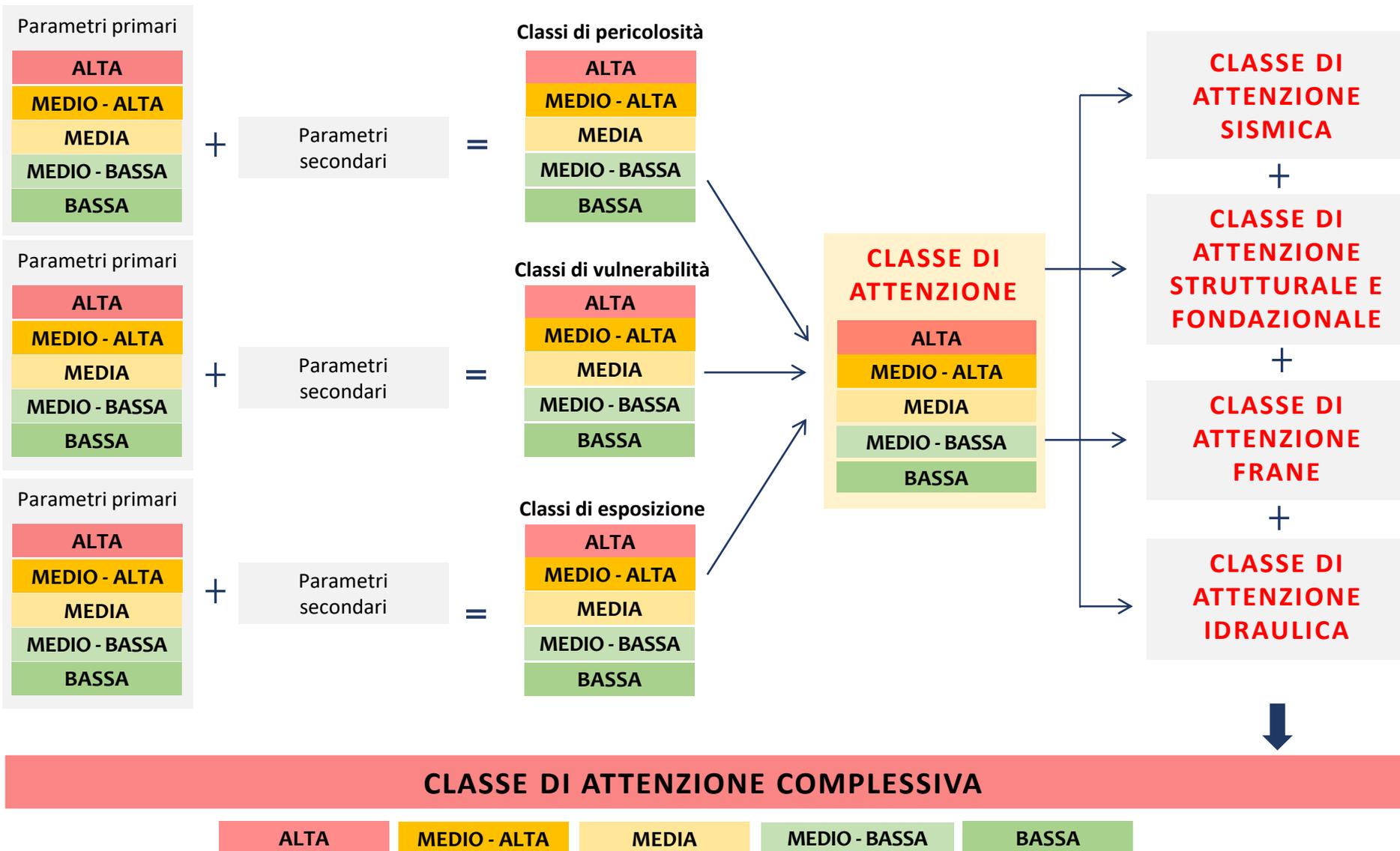
ISPEZIONI VISIVE di Liv. 1

Le combinazioni di parametri primari e secondari e, di conseguenza, le combinazioni dei 3 fattori, si possono eseguire secondo **un approccio** per

CLASSI E OPERATORI LOGICI

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

APPROCCIO PER CLASSI E OPERATORI LOGICI



METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

3° passo

GERARCHIA TRA I RISCHI RILEVANTI

Individuazione della tipologia di rischio maggiormente rilevante ai fini della classificazione

Rischio strutturale e
fondazionale

Rischio sismico

Rischio frane

Rischio idraulico



**CLASSE DI
ATTENZIONE
STRUTTURALE E
FONDAZIONALE**

**CLASSE DI
ATTENZIONE
SISMICA**

**CLASSE DI ATTENZIONE
FRANE**

**CLASSE DI ATTENZIONE
IDRAULICA**



CLASSE DI ATTENZIONE COMPLESSIVA

Sulla base di questo le opere sono classificate e sono decise le azioni da intraprendere



Analisi MULTI - HAZARD

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

3° passo

GERARCHIA TRA I RISCHI RILEVANTI

Individuazione della tipologia di rischio maggiormente rilevante ai fini della classificazione

Rischio strutturale e
fondazionale

Rischio sismico

Rischio frane

Rischio idraulico



**CLASSE DI
ATTENZIONE
STRUTTURALE E
FONDAZIONALE**

CLASSE DI
ATTENZIONE
SISMICA

CLASSE DI ATTENZIONE
FRANE

CLASSE DI ATTENZIONE
IDRAULICA



CLASSE DI ATTENZIONE COMPLESSIVA

Sulla base di questo le opere sono classificate e sono decise le azioni da intraprendere



Analisi MULTI - HAZARD

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione** associata a tutti i ponti



Non si può parlare di vero e proprio **RISCHIO** in quanto le valutazioni e le analisi che si svolgono a questo livello sono semplificate e approssimate, mentre la valutazione del rischio richiederebbe analisi più accurate.

Sono comunque presi in considerazione **tutti i fattori** che influenzano il rischio strutturale e geotecnico attraverso la definizione della **CLASSE DI ATTENZIONE**, mediante lo **schema tipico** di definizione di rischio:

$$CdA = P * V * E$$

Pericolosità strutturale e fondazionale



Vulnerabilità strutturale e fondazionale



Esposizione strutturale e fondazionale



I tre fattori sono definiti attraverso

CENSIMENTO di Liv. 0

ISPEZIONI VISIVE di Liv. 1

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione** associata a tutti i ponti

I 3 fattori possono essere definiti in funzione di numerosi parametri.

Sulla base dell'esperienza, per ciascun fattore si possono selezionare **parametri primari**, di maggiore importanza ai fini della classificazione e **parametri secondari**:

PARAMETRI PRIMARI	PARAMETRI SECONDARI
Pericolosità	
<i>Entità dei carichi presenti con particolare riferimento al transito di trasporto eccezionale</i>	-
Vulnerabilità	
<i>Livello di difettosità Schema statico, luce, materiale e numero di campate</i>	<i>Rapidità di evoluzione del degrado Norma di progettazione</i>
Esposizione	
<i>Traffico Medio Giornaliero (TGM) e Luce media della campata</i>	<i>Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Trasporto di merci pericolose</i>

Le combinazioni di parametri primari e secondari si possono eseguire secondo **un approccio** per:

CLASSI E OPERATORI LOGICI

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione** associata a tutti i ponti

I 3 fattori possono essere definiti in funzione di numerosi parametri.

Sulla base dell'esperienza, per ciascun fattore si possono selezionare **parametri primari**, di maggiore importanza ai fini della classificazione e **parametri secondari**:

PARAMETRI PRIMARI	PARAMETRI SECONDARI
Pericolosità	
<i>Entità dei carichi presenti con particolare riferimento al transito di trasporto eccezionale</i>	-
<i>Vulnerabilità</i>	
<i>Livello di difettosità Schema statico, luce, materiale e numero di campate</i>	<i>Rapidità di evoluzione del degrado Norma di progettazione</i>
<i>Esposizione</i>	
<i>Traffico Medio Giornaliero (TGM) e luce media della campata</i>	<i>Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Trasporto di merci pericolose</i>

Le combinazioni di parametri primari e secondari si possono eseguire secondo **un approccio** per:

CLASSI E OPERATORI LOGICI

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Pericolosità

Entità dei carichi presenti con particolare riferimento al transito di trasporto eccezionale

La pericolosità è legata alla probabilità che il ponte sia interessato dal passaggio di **veicoli commerciali**, ossia la cui sagoma corrisponde a tipologie con **portata superiore alle 3,5 ton**, tra cui veicoli per il **trasporto eccezionale** o il **trasporto in condizioni di eccezionalità**, come definito dall'attuale Codice della Strada.

Tali transiti dovrebbero essere opportunamente gestiti e controllati, in quanto fonti di rischio significative per le infrastrutture stradali. A tal proposito, una strada percorribile è la definizione di **classi stradali** in funzione della massima massa ammissibile che può transitare.

CLASSIFICAZIONE delle STRADE in funzione della massima massa ammissibile

Classe A	Carichi di progetto previsti dalle Norme Tecniche
Classe B	Limitazione di carico a 44 t
Classe C	Limitazione di carico a 26 t
Classe D	Limitazione di carico a 8,0 t
Classe E	Limitazione di carico a 3,5 t



Stabilita dall'ente di gestione della strada in relazione allo stato di conservazione dei ponti presenti



Si fa riferimento alle **limitazioni di transito** vigenti all'atto della relativa valutazione.

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Pericolosità

Entità dei carichi presenti con particolare riferimento al transito di trasporto eccezionale

Oltre all'entità dei carichi previsti si deve considerare la **frequenza** con cui è previsto il transito di veicoli superiori ad una certa massa.

Alta	Media	Bassa
≥ 700 veicoli/giorno	300 < veicoli /giorno < 700	≤ 300 veicoli/giorno

Tenendo conto di classe della strada e frequenza dei passaggi di veicoli superiori ad una certa massa, si determina la **CLASSE DI PERICOLOSITA'** del ponte.

CLASSI DI PERICOLOSITA'

	Frequenza passaggi di veicoli commerciali		
	Alta	Media	Bassa
Classe A <i>Carichi di progetto previsti dalle Norme Tecniche</i>	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA
Classe B <i>Limitazione di carico a 44 t</i>	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIA
Classe C <i>Limitazione di carico a 26 t</i>	MEDIO-ALTA	MEDIA	MEDIO-BASSA
Classe D <i>Limitazione di carico a 8,0 t</i>	MEDIA	MEDIO-BASSA	BASSA
Classe E <i>Limitazione di carico a 3,5 t</i>	BASSA		

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Pericolosità

Entità e frequenza dei carichi presenti con particolare riferimento al transito di trasporto eccezionale

CLASSIFICAZIONE delle STRADE

in funzione dell'entità di carico da traffico ammissibile

Classe A	Carichi di progetto previsti dalle Norme Tecniche
Classe B	Limitazione di carico a 44 t
Classe C	Limitazione di carico a 26 t
Classe D	Limitazione di carico a 8,0 t
Classe E	Limitazione di carico a 3,5 t

FREQUENZA DEL TRANSITO

di veicoli commerciali

Alta	Media	Bassa
≥ 700 veicoli/giorno	$300 < \text{veicoli /giorno} < 700$	≤ 300 veicoli/giorno



CLASSI DI PERICOLOSITA'

L'ente gestore definisce la classe della strada, in funzione dello stato di degrado dei ponti che essa interessa e dell'entità dei carichi effettivamente previsti, nonché fornisce indicazioni sulla frequenza del transito di veicoli «pesanti».

Per abbattere la **CLASSE DI ATTENZIONE** che ne consegue, si può **abbattere la pericolosità** associata al ponte imponendo limitazioni di traffico più restrittive (es. da classe A a classe B) e **abbassando la classe di pericolosità**.



Concetto analogo previsto dalle NTC 2018 per gli edifici esistenti

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione** associata a tutti i ponti

I 3 fattori possono essere definiti in funzione di numerosi parametri.

Sulla base dell'esperienza, per ciascun fattore si possono selezionare **parametri primari**, di maggiore importanza ai fini della classificazione e **parametri secondari**:

PARAMETRI PRIMARI	PARAMETRI SECONDARI
<i>Pericolosità</i>	
<i>Entità dei carichi presenti con particolare riferimento al transito di trasporto eccezionale</i>	-
Vulnerabilità	
<i>Livello di difettosità Schema statico, luce, materiale e numero di campate</i>	<i>Rapidità di evoluzione del degrado Norma di progettazione</i>
<i>Esposizione</i>	
<i>Traffico Medio Giornaliero (TGM) e Luce media della campata</i>	<i>Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Trasporto di merci pericolose</i>

Le combinazioni di parametri primari e secondari si possono eseguire secondo **un approccio** per:

CLASSI E OPERATORI LOGICI

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Vulnerabilità

Livello di difettosità

L'elaborazione dei dati raccolti durante le ispezioni visive e la compilazione delle schede di difettosità di **Livello 1** permette di **classificare il livello di difettosità** rilevato in funzione della gravità e dell'intensità dei fenomeni di degrado presenti.

ALTO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di qualsiasi intensità su elementi critici (selle Gerber, appoggi, cavi di precompressione, fondazioni scalzate) o presenza di condizioni critiche (quadri fessurativi molto estesi ed intensi, cinematismi in atto, incipiente perdita di appoggio)
MEDIO-ALTO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di intensità elevata su elementi la cui crisi può compromettere la statica dell'opera
MEDIO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di intensità elevata su elementi la cui crisi non può compromettere il comportamento statico globale dell'opera e difetti di gravità alta ($G=5$) e di intensità medio-bassa
MEDIO-BASSO	Difetti di gravità medio-alta ($G=4$) con intensità medio-bassa e difetti di gravità media e bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$) e di qualsiasi intensità, in numero elevato
BASSO	Difetti di gravità media e bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$) e di qualsiasi intensità, in numero esiguo



LIVELLO DI DIFETTOSITA' ALTO

⋮

LIVELLO DI DIFETTOSITA' BASSO

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

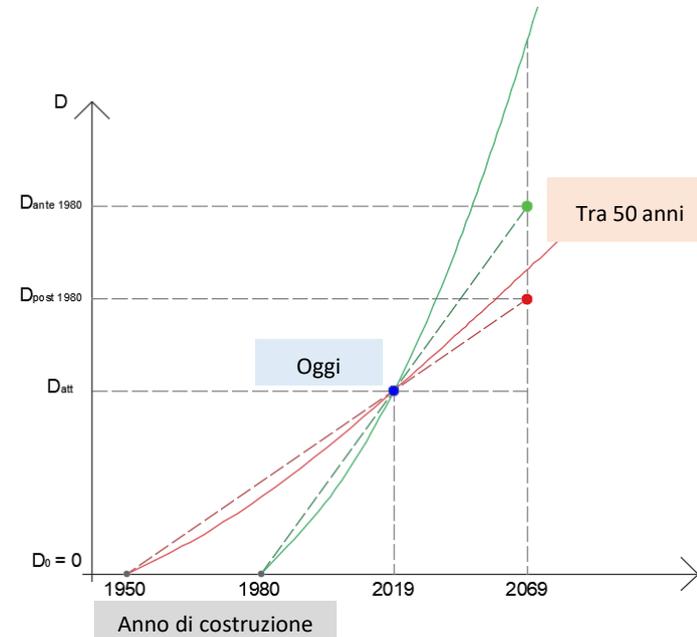
Vulnerabilità

Rapidità di evoluzione del degrado

Allo stesso livello di difettosità, **livelli di vulnerabilità più alti sono associati a ponti costruiti o su cui si è intervenuti in maniera sostanziale più recentemente**, in quanto caratterizzati da una più elevata rapidità di degrado.

Al fine di considerare la diversa rapidità di degrado in funzione del periodo di costruzione o dell'ultimo intervento di manutenzione significativo, si distinguono le seguenti **3 categorie**:

≤ 1945	Periodo di costruzione o dell'ultimo intervento di manutenzione significativo antecedente al 1945
1945 - 1980	Periodo di costruzione o dell'ultimo intervento di manutenzione significativo compreso tra il 1945 e il 1980
≥ 1980	Periodo di costruzione o dell'ultimo intervento di manutenzione significativo posteriore al 1980



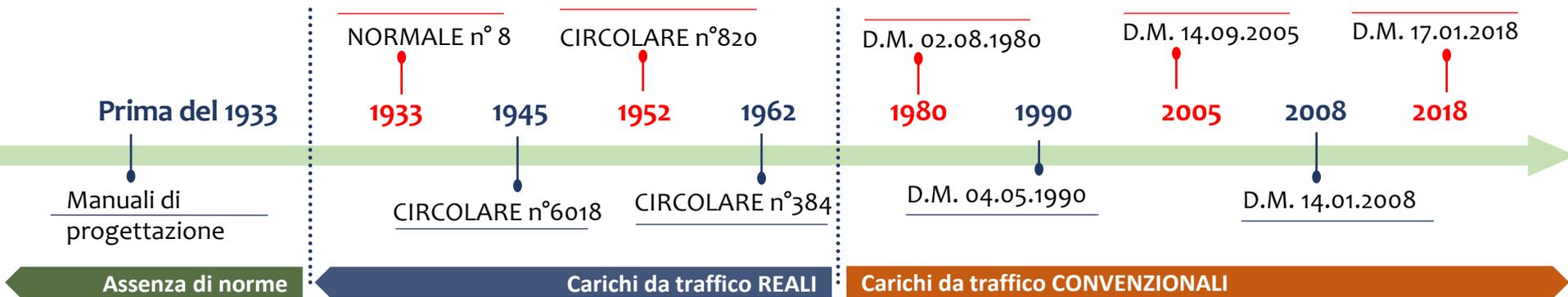
METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Vulnerabilità

Norma di progettazione

La prima norma Italiana che regola i carichi da traffico per la progettazione di ponti risale al **1933**. Dopo quella una serie di norme si sono susseguite, introducendo novità sia riguardo la valutazione dei carichi sia sui metodi di progettazione. Relativamente ai carichi da traffico, lo studio delle norme Italiane ha dimostrato che nel **1980** c'è stato un **cambiamento** nella definizione dei carichi da traffico di progetto, passando da carichi che rispecchiavano i reali mezzi di trasporto a schemi di carico convenzionali.



Occorre innanzitutto distinguere i ponti progettati in

1° CATEGORIA destinati al transito di **carichi civili e militari**

2° CATEGORIA destinati al transito dei **solli carichi civili**

I carichi civili considerati fino al 1980 erano molto meno gravosi rispetto a quelli previsti attualmente; l'entità dei carichi militari, anche secondo norme antecedenti al 1980, è paragonabile a quella degli schemi di traffico attuali.

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Vulnerabilità

Norma di progettazione

Occorre innanzitutto distinguere i ponti progettati in

1° CATEGORIA destinati al transito di **carichi civili e militari**

2° CATEGORIA destinati al transito dei **solli carichi civili**

I carichi civili considerati fino al 1980 erano molto meno gravosi rispetto a quelli previsti attualmente; l'entità dei carichi militari, anche secondo norme antecedenti al 1980, è paragonabile a quella degli schemi di traffico attuali.

In funzione della **categoria**, della **norma di progettazione** e della **luce** si distinguono **tre classi**:

Classe A

Ponti di **I^a categoria** progettati con norme pubblicate **antecedentemente al 1952**; ponti di **II^a categoria** progettati con norme pubblicate **antecedentemente al 1990**.

Classe B

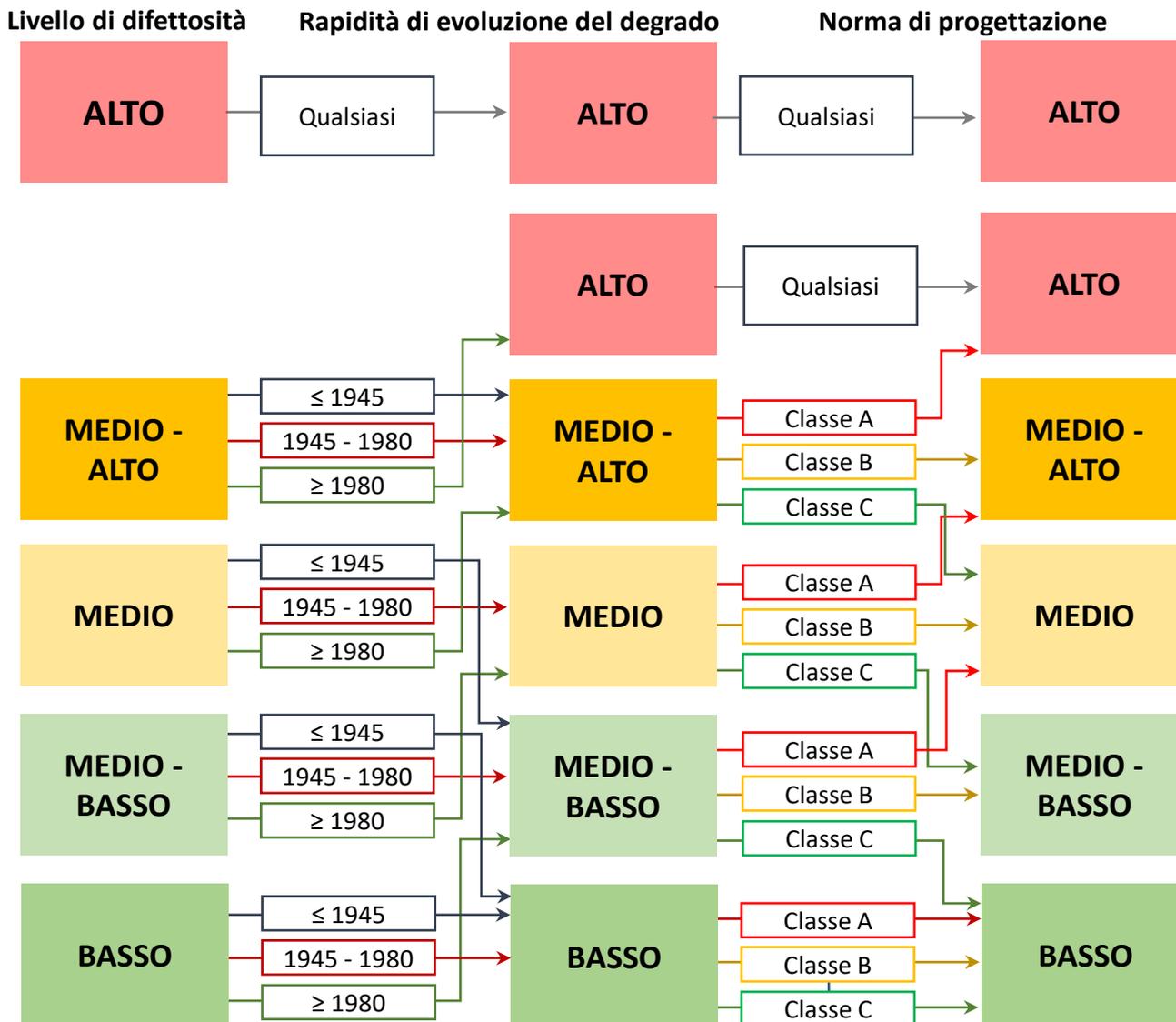
Ponti di **I^a categoria** progettati con norme pubblicate **dal 1952 al 1990**, inclusi, **per luci inferiori ai 10 m** e con norme dal **1962 al 2005**, inclusi, **per luci superiori ai 10 m**; ponti di **II^a categoria** progettati con le norme pubblicate nel **1990 per luci inferiori ai 10 m** e con **norme dal 1990 al 2005**, inclusi, **per luci superiori ai 10 m**.

Classe C

Ponti di **I^a e II^a categoria** progettati con **norme pubblicate dal 2005**, incluso, ad oggi **per luci inferiori ai 10 m** e con **norme dal 2008**, incluso, ad oggi **per luci superiori ai 10 m**.

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE



Qualora il **livello di difettosità** attuale risulti **elevato**, il ponte ha comunque **classe di vulnerabilità alta**, a prescindere dagli altri fattori considerati.

Un ponte “**più giovane**” preoccupa di più di un ponte costruito meno recentemente per il quale l’esistenza di un certo livello di degrado si può considerare fisiologica.

Un ponte progettato con carichi da traffico che inducono effetti sulle strutture inferiori rispetto a quelli dovuti ai carichi previsti dalle attuali norme è più vulnerabile agli effetti indotti dai carichi da traffico reali rispetto a ponti progettati con carichi paragonabili a quelli previsti dalle attuali norme.

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Vulnerabilità

Schema statico, luce, materiale e numero di campate

La vulnerabilità dello schema statico è individuata in funzione della presenza o meno di parametri di vulnerabilità, individuati in **ridondanza dello schema statico, suscettibilità a crisi fragili e sensibilità al degrado del materiale**. Per ogni tipologia di struttura, sono indicati se i parametri di vulnerabilità individuati sono un **aggravante** (●) o meno (-).

Tipologia	Materiale	Parametri di vulnerabilità		
		Ridondanza	Suscettibilità crisi fragile	Sensibilità al degrado
Travi appoggiate	C.a.	●	-	●
	C.a.p.	●	-	●
	Acciaio	●	-	-
	Misto	●	-	●
Travi continue	C.a.	-	-	●
	C.a.p.	-	-	●
	Acciaio	-	-	-
	Misto	-	-	●
Arco massiccio	Muratura	-	-	-
	C.a.	-	-	●
Arco sottile	C.a.	●	-	●
Travi Gerber	C.a.	●	●	●
	C.a.p.	●	●	●
	Acciaio	●	●	-
	Misto	●	●	●
Tombino	Qualsiasi	-	-	-

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

Tipologia	Materiale	CLASSI DI VULNERABILITA' schema statico, luce e materiale			
		$L \leq 5$ m	$5 \text{ m} < L < 15$ m	$15 \text{ m} \leq L < 25$ m	$L \geq 25$ m
Travate appoggiate	C.a.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
	C.a.p.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA	MEDIO-ALTA
	Acciaio	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA
	Metallo (<i>ponti storici</i>)	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
	Legno	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA
	Misto	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
Travate continue / Telaio	C.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA
	C.a.p.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA
	Acciaio	BASSA	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA
	Metallo (<i>Ponti storici</i>)	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA
	Misto	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA
Arco massiccio	Muratura	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA
	C.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA
Arco sottile	C.a.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA	MEDIO-ALTA
Travate Gerber / Ponti a stampella con travi tampone	C.a.	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	C.a.p.	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
	Acciaio	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
	Metallo (<i>Ponti storici</i>)	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA
	Misto	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
Soletta appoggiata	C.a.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
Soletta incastrata	C.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA

*L = luce della campata più lunga. *Con il termine "misto" si fa riferimento ad impalcati con struttura composta acciaio-c.a*

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

Tipologia	Materiale	CLASSI DI VULNERABILITA' schema statico, luce e materiale			
		$L \leq 5$ m	$5 \text{ m} < L < 15$ m	$15 \text{ m} \leq L < 25$ m	$L \geq 25$ m
Travate appoggiate	C.a.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
	C.a.p.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA	MEDIO-ALTA
	Acciaio	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA
	Metallo (<i>ponti storici</i>)	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
	Legno	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA
Arco massiccio	C.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA
	C.a.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA	MEDIO-ALTA
Arco sottile	C.a.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA	MEDIO-ALTA
Soletta appoggiata	C.a.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
	C.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA




→ **CLASSE DI VULNERABILITA' ALTA**

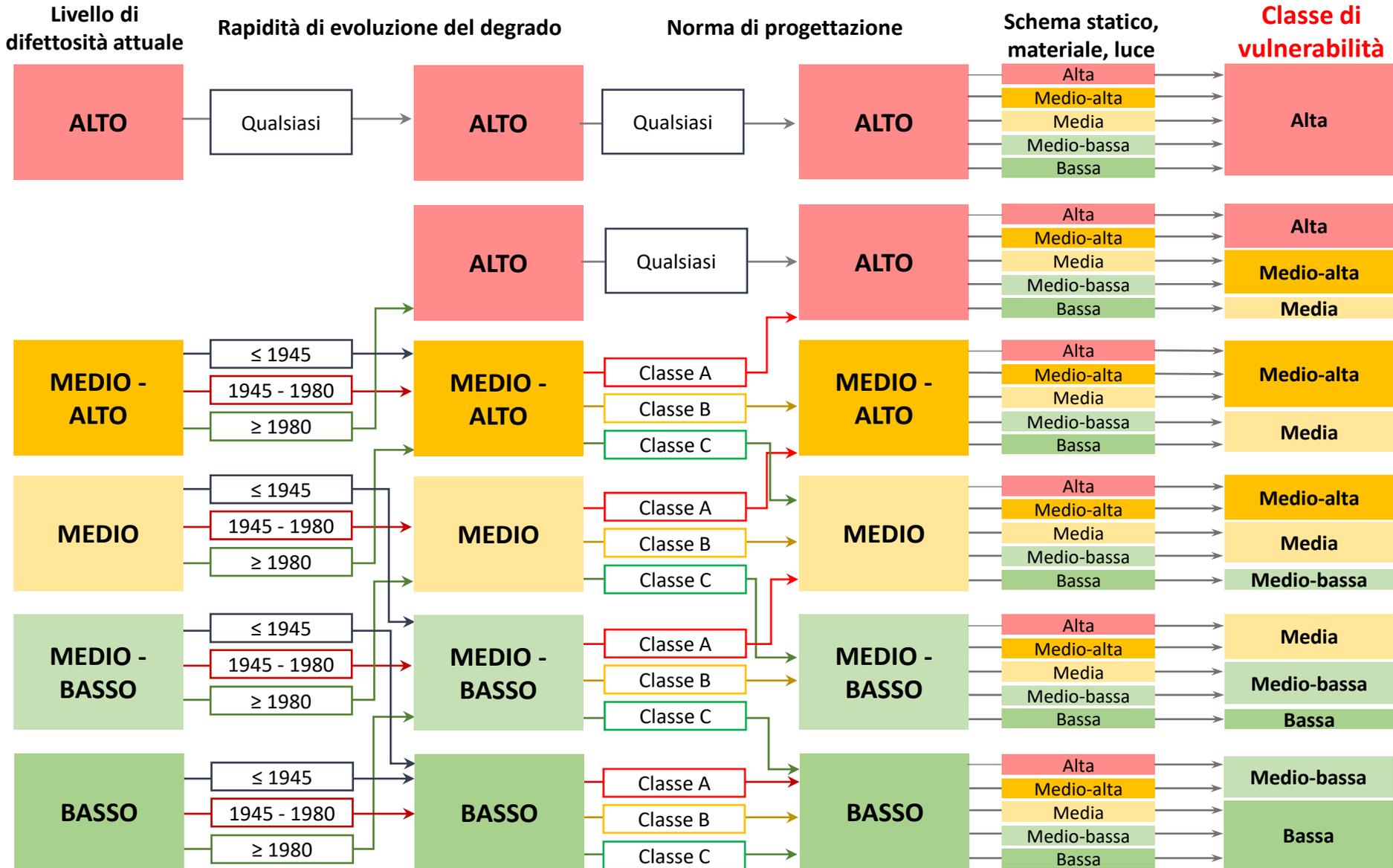
→ **CLASSE DI VULNERABILITA' BASSA**

Le classi, in funzione dello schema statico, si modificano per tener conto del **numero di campate**, nel seguente modo:

- la classe aumenta di un livello (da Bassa a Medio-Bassa, da Medio-Bassa a Media, e così via) se il numero di campate è superiore a 3;
- la classe rimane invariata se il numero di campate è inferiore o uguale a 3.

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Combinando tutti i fattori considerati influenti, si determina la **CLASSE DI VULNERABILITA'** associata ai ponti.



VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione** associata a tutti i ponti

I 3 fattori possono essere definiti in funzione di numerosi parametri.

Sulla base dell'esperienza, per ciascun fattore si possono selezionare **parametri primari**, di maggiore importanza ai fini della classificazione e **parametri secondari**:

PARAMETRI PRIMARI	PARAMETRI SECONDARI
<i>Pericolosità</i>	
<i>Entità dei carichi presenti con particolare riferimento al transito di trasporto eccezionale</i>	-
<i>Vulnerabilità</i>	
<i>Livello di difettosità</i> <i>Schema statico, luce, materiale e numero di campate</i>	<i>Rapidità di evoluzione del degrado</i> <i>Norma di progettazione</i>
Esposizione	
<i>Traffico Medio Giornaliero (TGM) e Luce media della campata</i>	<i>Alternative stradali</i> <i>Tipologia di ente scavalcato</i> <i>Trasporto di merci pericolose</i>

Le combinazioni di parametri primari e secondari si possono eseguire secondo **un approccio** per:

CLASSI E OPERATORI LOGICI

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Esposizione

Traffico giornaliero medio (TGM) e Luce della campata

Livello di TGM

Valutato grazie alle **misure di traffico** fornite dagli enti di gestione.



Sulla base del valore del TGM (espresso in veicoli/giorno sull'intera larghezza di carreggiata), sono individuate **3 livelli di TGM**.

Alto	Medio	Basso
≥ 25000 veicoli/giorno	$10000 < \text{veicoli /giorno} < 25000$	≤ 10000 veicoli/giorno

Luce della campata

All'aumentare della luce della campata del ponte aumenta il rischio a cui l'utente della strada è esposto. Pertanto il livello di TGM è corretto, distinguendo:

- *Grande luce*: per ponti con campate di luce media **superiore a 50 m**;
- *Media luce*: per ponti con campate di luce media **compresa tra 20 m e 50 m**, incluso;
- *Piccola luce*: per ponti con campate di luce media **inferiore a 20 m**, incluso.

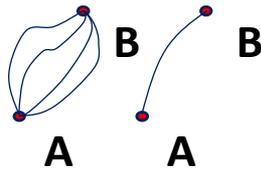
Luce campata	Livello di TGM		
	Alto	Medio	Basso
Grande luce	Alta	Medio-Alta	Media
Media luce	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa
Piccola luce	Media	Medio-Bassa	Bassa

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Esposizione **Alternative stradali + Tipologia di ente scavalcato**

Alternative stradali



La possibile chiusura o le limitazioni di traffico sul ponte causano inevitabili disagi alle economie locali. E' pertanto valutata la presenza e l'adeguatezza in termini di **costi, tempo e distanze** delle **alternative stradale** percorribili in caso di chiusura del ponte.

La classe identificata sulla base del TGM e della luce della campata aumenta se non sono presenti **alternative stradali** adeguate.

Le informazioni necessarie per valutare tale fattore derivano da studi trasportistici specifici, qualora disponibili, altrimenti è onere dell'ente di gestione fornire indicazioni utili a determinarlo.

Tipologia di ente scavalcato

Il diverso livello di esposizione associato alla **tipologia di ente scavalcato** dipende dalle conseguenze, economiche e sociali che l'eventuale crollo del ponte avrebbe sull'ente stesso ed è messo in conto mediante la definizione di tre classi, utilizzate per correggere il livello di esposizione.

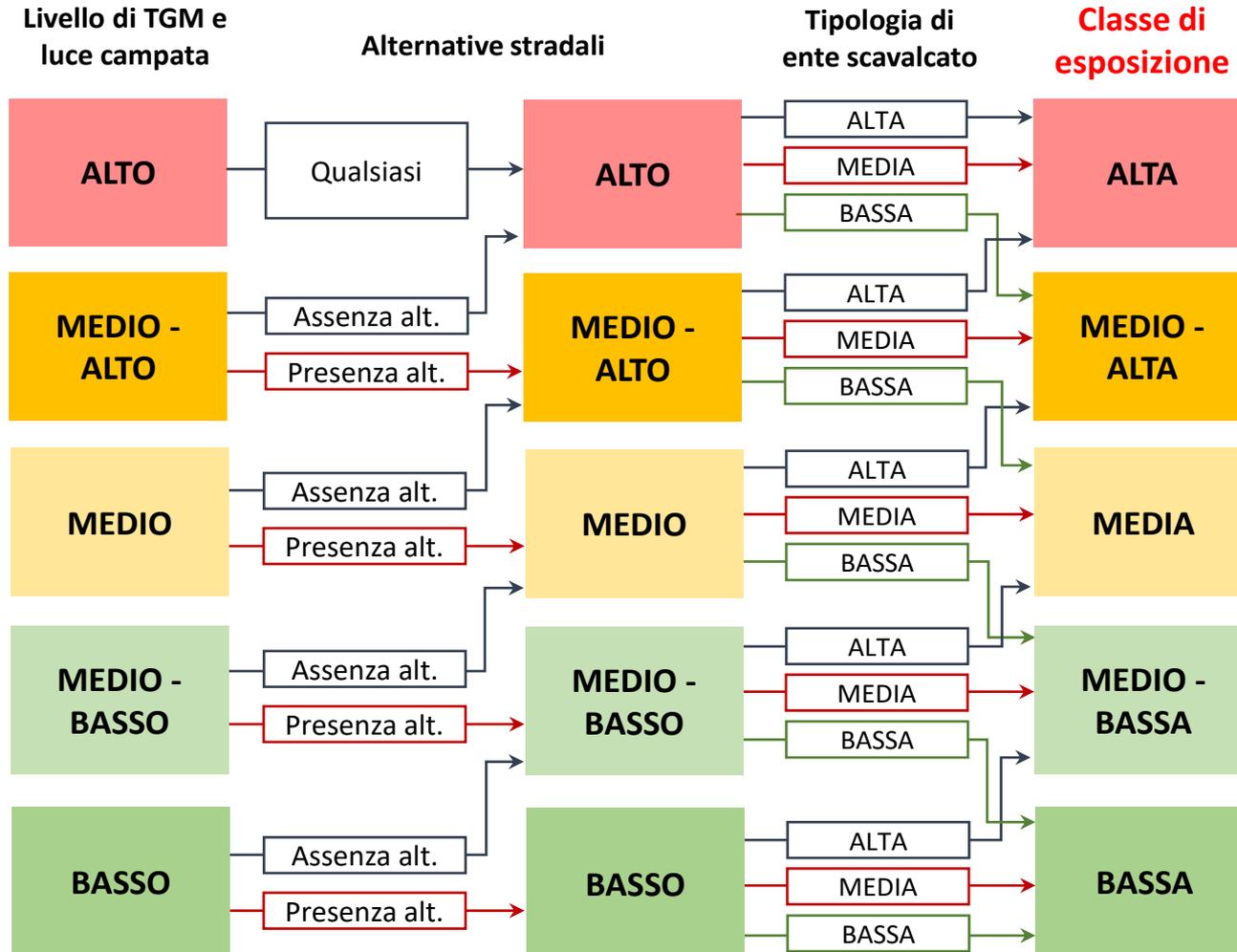


ALTA	Ente scavalcato il cui uso preveda affollamenti significativi e/o con funzioni pubbliche e sociali essenziali e/o la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e/o enti di elevato valore naturalistico, economico e sociale (Ferrovia, zona edificata/antropizzata, etc.)
MEDIA	Ente scavalcato il cui uso preveda normali affollamenti, senza funzioni pubbliche e sociali essenziali , la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza e/o enti con limitato valore naturalistico, economico e sociale (strade a viabilità secondaria, corsi d'acqua, laghi, etc.)
BASSA	Ente scavalcato con presenza occasionale di persone e privi di valore naturalistico, economico e sociale (discontinuità naturali, depressioni del terreno, etc.)

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

Combinando tutti i fattori considerati influenti, si determina la **CLASSE DI ESPOSIZIONE** associata ai ponti.



! Trasporto di merci pericolose

Occorre considerare un ulteriore parametro che influenza l'esposizione delle opere, ossia il **trasporto di merci pericolose**.

Tale parametro consente di definire un **ordine di priorità interno alla classe di livello di attenzione**, prevedendo una priorità più alta per i ponti per cui il trasporto di merci pericolose è ricorrente.

Le informazioni relative al passaggio di merci pericolose devono essere fornite dall'ente di gestione.



METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

CLASSI E OPERATORI LOGICI

Combinando i 3 fattori si ottiene la **classe di attenzione** associata ad ogni opera. I 3 fattori non hanno lo stesso peso nella definizione della classe di attenzione.

A classi di **vulnerabilità ALTE** sono associate **classi di attenzione ALTE** a prescindere dal valore delle altre due grandezze.

In tal modo, poiché la classe di vulnerabilità è strettamente connessa con il livello di difettosità, un ponte con uno stato di conservazione preoccupante ha sempre una CdA e quindi una priorità elevata.

Esempi di combinazione

Classe di pericolosità MEDIA

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta				
	Medio-Alta	Medio-Alta			Media	
	Media	Medio-Alta	Media			
	Medio-Bassa	Media			Medio-Bassa	
	Bassa	Media		Medio-Bassa	Bassa	

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO STRUTTURALE e FONDAZIONALE

CLASSI E OPERATORI LOGICI

Combinando i 3 fattori si ottiene la **classe di attenzione** associata ad ogni opera. I 3 fattori non hanno lo stesso peso nella definizione della classe di attenzione.

A classi di **vulnerabilità ALTE** sono associate **classi di attenzione ALTE** a prescindere dal valore delle altre due grandezze.

In tal modo, poiché la classe di vulnerabilità è strettamente connessa con il livello di difettosità, un ponte con uno stato di conservazione preoccupante ha sempre una CdA e quindi una priorità elevata.

Esempi di combinazione

*Classe di pericolosità **MEDIA***

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta				
	Medio-Alta	Medio-Alta			Media	
	Media	Medio-Alta		Media		
	Medio-Bassa	Media			Medio-Bassa	
	Bassa		Media	Medio-Bassa		Bassa

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

3° passo

GERARCHIA TRA I RISCHI RILEVANTI

Individuazione della tipologia di rischio maggiormente rilevante ai fini della classificazione

Rischio strutturale e
fondazionale

Rischio sismico

Rischio frane

Rischio idraulico



CLASSE DI
ATTENZIONE
STRUTTURALE E
FONDAZIONALE

**CLASSE DI
ATTENZIONE
SISMICA**

CLASSE DI ATTENZIONE
FRANE

CLASSE DI ATTENZIONE
IDRAULICO



CLASSE DI ATTENZIONE COMPLESSIVA

Sulla base di questo le opere sono classificate e sono decise le azioni da intraprendere



Analisi MULTI - HAZARD

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO SISMICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione sismica** associata a tutti i ponti



Non si può parlare di vero e proprio **RISCHIO** in quanto le valutazioni e le analisi che si svolgono a questo livello sono semplificate e approssimate, mentre la valutazione del rischio richiederebbe analisi più accurate.

Sono comunque presi in considerazione **tutti i fattori** che influenzano il rischio sismico attraverso la definizione della **CLASSE DI ATTENZIONE**, mediante lo **schema tipico** di definizione di rischio:

$$CdA = P * V * E$$

Pericolosità sismica



Vulnerabilità sismica



Esposizione sismica



I tre fattori sono definiti attraverso

CENSIMENTO di Liv. 0

ISPEZIONI VISIVE di Liv. 1

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO SISMICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione sismica** associata a tutti i ponti

I 3 fattori possono essere definiti in funzione di numerosi parametri.

Sulla base dell'esperienza, per ciascun fattore si possono selezionare **parametri primari** e **parametri secondari**:

PARAMETRI PRIMARI	PARAMETRI SECONDARI
Pericolosità	
<i>Accelerazione di picco al suolo (a_g) e categoria topografica (T_i)</i>	<i>Categoria di sottosuolo</i>
Vulnerabilità	
<i>Schema strutturale, luce e materiale Livello di difettosità</i>	<i>Criteri di progettazione</i>
Esposizione	
<i>Traffico Medio Giornaliero (TGM) e Luce media della campata</i>	<i>Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Trasporto di merci pericolose Strategicità dell'opera</i>

Le combinazioni di parametri primari e secondari si possono eseguire secondo **un approccio** per:

CLASSI E OPERATORI LOGICI

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO SISMICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione sismica** associata a tutti i ponti

I 3 fattori possono essere definiti in funzione di numerosi parametri.

Sulla base dell'esperienza, per ciascun fattore si possono selezionare **parametri primari** e **parametri secondari**:

PARAMETRI PRIMARI	PARAMETRI SECONDARI
Pericolosità	
<i>Accelerazione di picco al suolo (a_g) e categoria topografica (T_i)</i>	<i>Categoria di sottosuolo</i>
<i>Vulnerabilità</i>	
<i>Schema strutturale, luce e materiale Livello di difettosità</i>	<i>Criteri di progettazione</i>
<i>Esposizione</i>	
<i>Traffico Medio Giornaliero (TGM) e Luce media della campata</i>	<i>Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Trasporto di merci pericolose Strategicità dell'opera</i>

Le combinazioni di parametri primari e secondari si possono eseguire secondo **un approccio** per:

CLASSI E OPERATORI LOGICI

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO SISMICO

Pericolosità

Accelerazione di picco al suolo e Categoria topografica + Categoria di sottosuolo

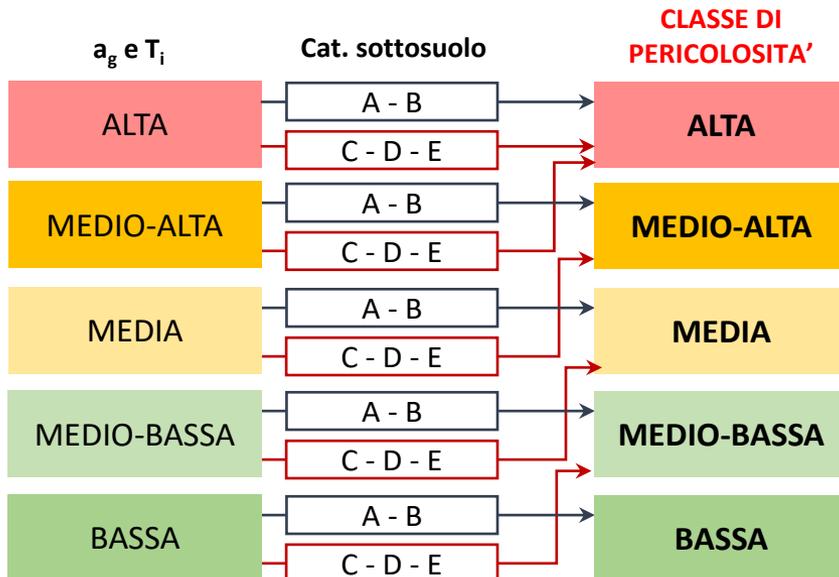
Accelerazione di picco al suolo (a_g) e categoria topografica (T_i)

La pericolosità sismica dipende da:

a_g = **accelerazione orizzontale di picco al suolo** con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi;

T_i = **categoria topografica** (secondo le NTC 2018)

	T1, T2, T3	T4
$a_g \geq 0,25$ g	ALTA	ALTA
$0,15$ g $\leq a_g < 0,25$ g	MEDIO-ALTA	ALTA
$0,10$ g $\leq a_g < 0,15$ g	MEDIA	MEDIO-ALTA
$0,05$ g $\leq a_g < 0,10$ g	MEDIO-BASSA	MEDIA
$a_g < 0,05$ g	BASSA	MEDIO-BASSA



Categoria di sottosuolo

Nel caso in cui si riesca ad individuare, mediante la documentazione tecnica disponibile e i dati da censimento di Livello 0, la **categoria di sottosuolo** (come definita dalle *NTC 2018*), si **corregge** la **classificazione della pericolosità sismica** al fine di considerare l'amplificazione dell'accelerazione sismica in funzione del sito di costruzione. Qualora tale parametro non sia deducibile dalle informazioni disponibili, si assume la peggiore tra le categorie di sottosuolo ragionevolmente prevedibili per quel sito.

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO SISMICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione sismica** associata a tutti i ponti

I 3 fattori possono essere definiti in funzione di numerosi parametri.

Sulla base dell'esperienza, per ciascun fattore si possono selezionare **parametri primari** e **parametri secondari**:

PARAMETRI PRIMARI	PARAMETRI SECONDARI
<i>Pericolosità</i>	
<i>Accelerazione di picco al suolo (a_g) e categoria topografica (T_i)</i>	<i>Categoria di sottosuolo (se disponibile)</i>
Vulnerabilità	
<i>Schema strutturale, luce e materiale Livello di difettosità</i>	<i>Criteri di progettazione</i>
<i>Esposizione</i>	
<i>Traffico Medio Giornaliero (TGM) e Luce media della campata</i>	<i>Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Trasporto di merci pericolose Strategicità dell'opera</i>

Le combinazioni di parametri primari e secondari si possono eseguire secondo **un approccio** per:

CLASSI E OPERATORI LOGICI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO SISMICO

Vulnerabilità

Schema strutturale, luce e materiale

La classificazione della **vulnerabilità** è effettuata sulla base di:

- **Materiale dell'impalcato**
- **Schema statico**
- **Numero di campate**
- **Luce**

*luci medio-piccole (non maggiori di 20 m), luci elevate (maggiori di 20 m)

		Schema isostatico		Schema iperstatico	
		L medio-piccola	L elevata	L medio-piccola	L elevata
C.A.	Singola campata	Media	Medio-alta	Bassa	Medio-bassa
	Multi-campata	Medio-alta	Alta	Medio-bassa	Media
C.A.P.	Singola campata	Media	Medio-alta	-	-
	Multi-campata	Medio-alta	Alta	Medio-bassa	Media
Muratura	Singola campata	-	-	Bassa	Medio-bassa
	Multi-campata	-	-	Medio-bassa	Media
Acciaio	Singola campata	Medio-bassa	Medio-bassa	Bassa	Bassa
	Multi-campata	Media	Media	Medio-bassa	Medio-bassa

In presenza di **ulteriori parametri di vulnerabilità sismica** che caratterizzano specificatamente lo schema strutturale del ponte, quali **impalcato sghembi o in curva, pile a singola colonna o con altezza molto disuniforme** o comunque situazioni che determinano concentrazioni di sforzo, moti rotazionali o quant'altro costituisce un aggravante alla vulnerabilità del ponte, la classificazione basata su schema statico, luce e materiale, si modifica nella seguente maniera:

- la classe di vulnerabilità di schema statico, luce e materiale **aumenta di un livello nel caso siano presenti elementi di vulnerabilità** (da Bassa a Medio-bassa, da Medio-bassa a Media, e così via);
- la classe di vulnerabilità di schema statico, luce e materiale **resta invariata nel caso gli elementi di vulnerabilità siano assenti o poco influenti** sul comportamento del sistema strutturale.

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO SISMICO

Vulnerabilità

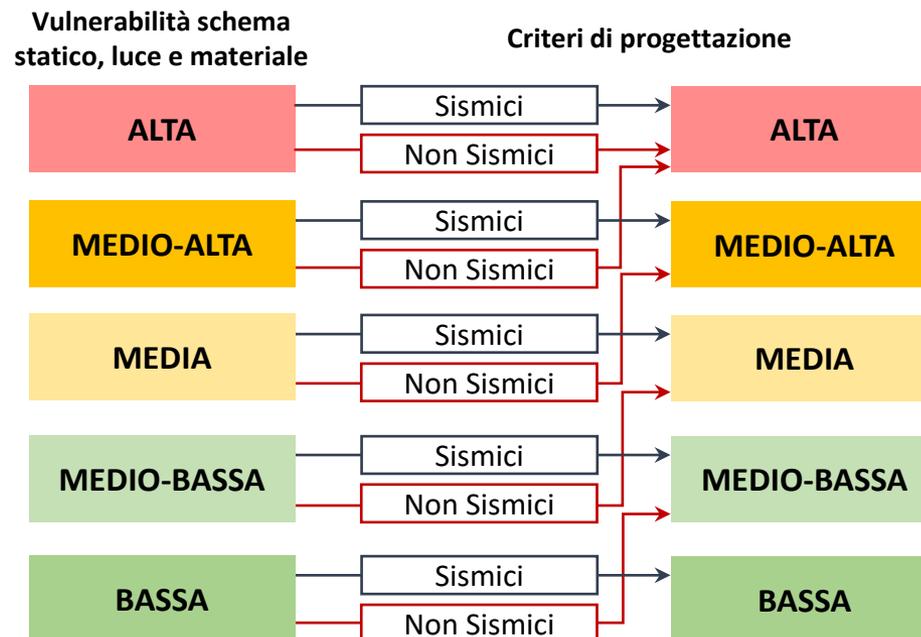
Schema strutturale, luce e materiale + Criteri di progettazione

Criteri di progettazione

La classificazione della vulnerabilità sismica sulla base dei schema statico, luce e materiali è corretta in funzione della **norma di progettazione**, distinguendo i codici cosiddetti «**sismici**» da quelli «**non sismici**».

Occorre infatti considerare l'eventualità per cui l'azione sismica non sia stata affatto messa in conto nel progetto delle strutture. Tale aspetto è strettamente correlato con la normativa tecnica di riferimento per la progettazione del ponte.

La tipologia di normativa di progettazione impiegata dipende dall'**anno di progettazione** e dalla **localizzazione** del ponte e in base a questa, la classificazione definita sulla base di schema statico, luce e materiale è corretta secondo il flusso logico in figura.



METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO SISMICO

Vulnerabilità

Livello di Difettosità

Analogamente a quanto visto per la classificazione statica e fondazionale, nella definizione della vulnerabilità di un ponte occorre considerare l'**effettivo stato di conservazione** della struttura, da valutare mediante ispezioni visive.

Sulla base del rilievo difettologico effettuato in sede di ispezione è possibile classificare il livello di difettosità in **5 classi**.

ALTO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di qualsiasi intensità su elementi critici (apparecchi di appoggio, sezioni di estremità delle pile) o presenza di condizioni critiche (cinematismi in atto, incipiente perdita di appoggio)
MEDIO-ALTO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di intensità elevata su elementi la cui crisi può compromettere il comportamento globale dell'opera nei confronti delle azioni sismiche
MEDIO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di intensità elevata su elementi la cui crisi non può compromettere il comportamento globale nei confronti delle azioni sismiche dell'opera e difetti di gravità alta ($G=5$) e di intensità medio-bassa
MEDIO-BASSO	Difetti di gravità medio-alta ($G=4$) e di intensità medio-bassa e difetti di gravità media e bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$) e di qualsiasi intensità, in numero elevato
BASSO	Difetti di gravità media e bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$) e di qualsiasi intensità, in numero esiguo



LIVELLO DI DIFETTOSITA' ALTO

•
•
•

LIVELLO DI DIFETTOSITA' BASSO

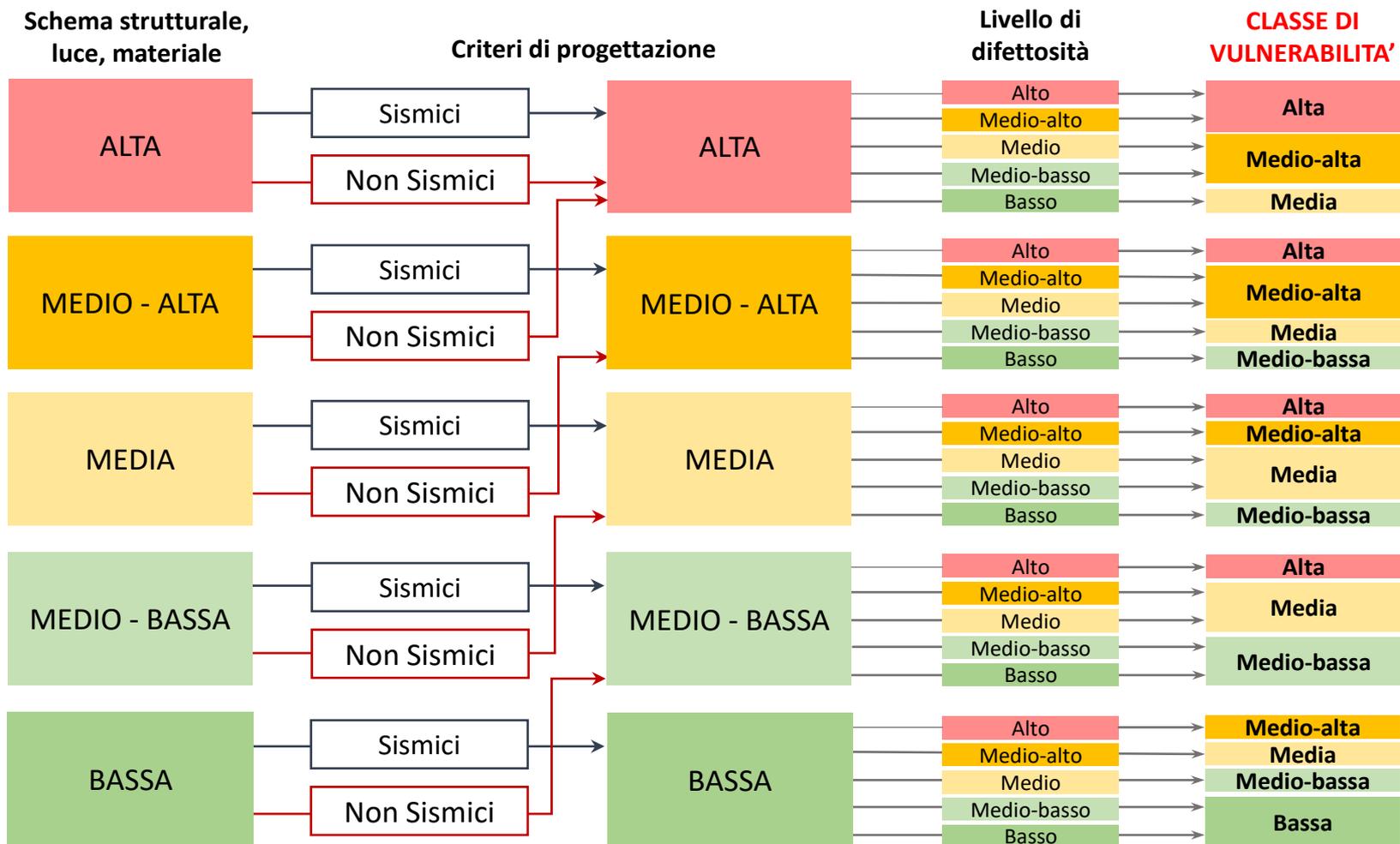
METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO SISMICO

Vulnerabilità

Schema statico, luce e materiali + Criteri di progettazione + Livello di Difettosità

La combinazione di tali parametri fornisce la **CLASSE DI VULNERABILITA' SISMICA** del ponte.



VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO SISMICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione sismica** associata a tutti i ponti

I 3 fattori possono essere definiti in funzione di numerosi parametri.

Sulla base dell'esperienza, per ciascun fattore si possono selezionare **parametri primari** e **parametri secondari**:

PARAMETRI PRIMARI	PARAMETRI SECONDARI
<i>Pericolosità</i>	
<i>Accelerazione di picco al suolo (a_g) e categoria topografica (T_i)</i>	<i>Categoria di sottosuolo (se disponibile)</i>
<i>Vulnerabilità</i>	
<i>Schema strutturale, luce e materiale Livello di difettosità</i>	<i>Norma di progettazione</i>
Esposizione	
<i>Traffico Medio Giornaliero (TGM) e Luce media della campata</i>	<i>Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Trasporto di merci pericolose Strategicità dell'opera</i>

Le combinazioni di parametri primari e secondari si possono eseguire secondo **un approccio** per:

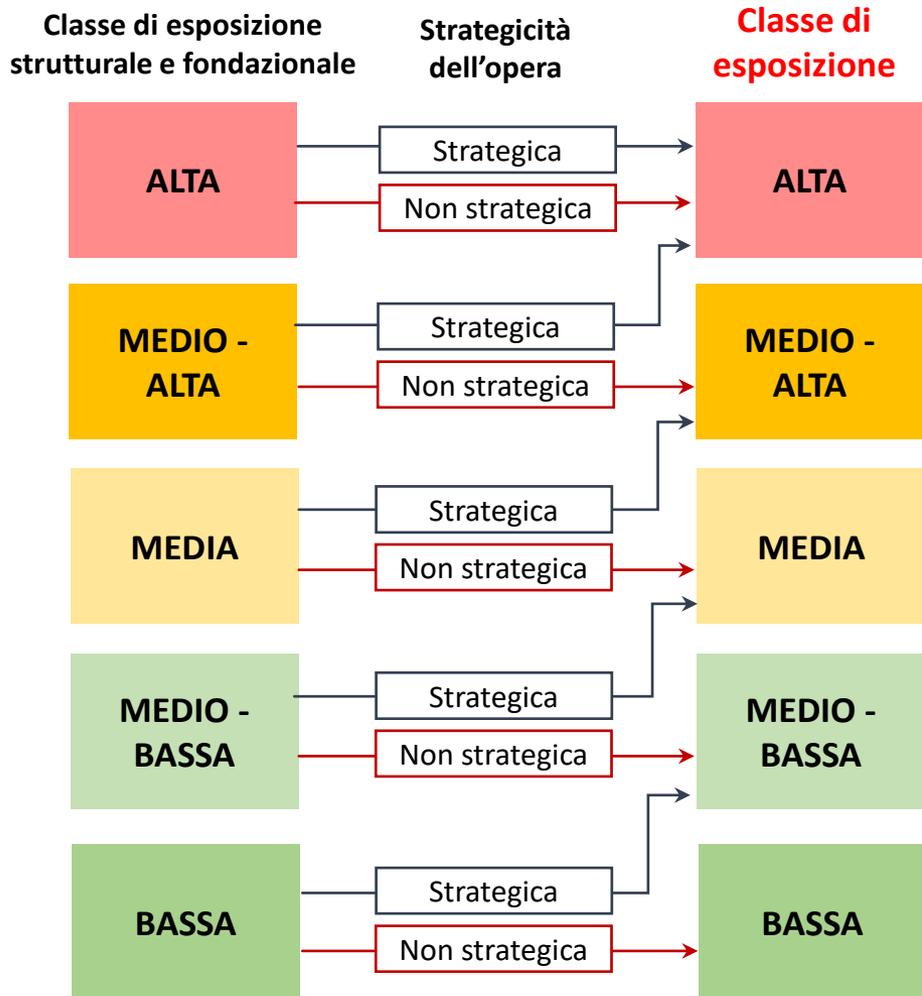
CLASSI E OPERATORI LOGICI

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO SISMICO

Esposizione

Classe di esposizione strutturale e fondazionale + Strategicità dell'opera



La classe di esposizione sismica è determinata a partire dalla **classe di esposizione strutturale** e fondazionale, considerando fattori quali il TGM, la luce media della campata, la presenza di alternative stradali e la tipologia di ente scavalcato.



A questi va poi aggiunto un ulteriore parametro legato alla **strategicità dell'opera** in caso di emergenza.

La classe identificata secondo gli altri parametri aumenta nel caso in cui il ponte rientri tra le **opere ritenute di interesse strategico per le emergenze** a seguito di un evento sismico o, in altre parole, se rientra nelle **classi d'uso III o IV**.

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO SISMICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione sismica** associata a tutti i ponti

CLASSI E OPERATORI LOGICI

Analogamente a quanto visto per la classificazione sulla base del rischio strutturale e fondazionale, combinando i 3 fattori si ottiene la **classe di attenzione** associata ad ogni opera. Anche in questo caso, i 3 fattori non hanno lo stesso peso nella definizione della classe di attenzione.

A classi di **vulnerabilità ALTE** sono associate **classi di attenzione ALTE** a prescindere dal valore delle altre due grandezze.

Esempi di combinazione

Classe di pericolosità MEDIA

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta				
	Medio-Alta	Medio-Alta			Media	
	Media	Medio-Alta	Media			
	Medio-Bassa	Media			Medio-Bassa	
	Bassa	Media		Medio-Bassa	Bassa	

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO SISMICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione sismica** associata a tutti i ponti

CLASSI E OPERATORI LOGICI

Analogamente a quanto visto per la classificazione sulla base del rischio strutturale e fondazionale, combinando i 3 fattori si ottiene la **classe di attenzione** associata ad ogni opera. Anche in questo caso, i 3 fattori non hanno lo stesso peso nella definizione della classe di attenzione.

A classi di **vulnerabilità ALTE** sono associate **classi di attenzione ALTE** a prescindere dal valore delle altre due grandezze.

Esempi di combinazione

Classe di pericolosità **MEDIA**

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta				
	Medio-Alta	Medio-Alta			Media	
	Media	Medio-Alta	Media			
	Medio-Bassa	Media			Medio-Bassa	
	Bassa	Media		Medio-Bassa	Bassa	

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

3° passo

GERARCHIA TRA I RISCHI RILEVANTI

Individuazione della tipologia di rischio maggiormente rilevante ai fini della classificazione

Rischio strutturale e
fondazionale

Rischio sismico

Rischio frane

Rischio idraulico

CLASSE DI
ATTENZIONE
STRUTTURALE E
FONDAZIONALE

CLASSE DI
ATTENZIONE
SISMICA

CLASSE DI ATTENZIONE
FRANE

CLASSE DI ATTENZIONE
IDRAULICA

CLASSE DI ATTENZIONE COMPLESSIVA

Sulla base di questo le opere sono classificate e sono decise le azioni da intraprendere

Analisi MULTI - HAZARD

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione frane** associata a tutti i ponti



Qualora si possa ritenere che la probabilità di accadimento di un evento franoso coinvolgente la struttura in esame sia **assente**, **non occorre proseguire con la valutazione della CdA frane**, in quanto non influente ai fini della determinazione della CdA complessiva associata al ponte.



RISCHIO
FRANE
ASSENTE



L'eventuale collocazione delle strutture in **aree coinvolte da accadimenti pregressi**, inducono la necessità di proseguire con **ispezioni speciali** e, se necessario, con valutazioni più approfondite di Livello 4, superando, quindi, la valutazione della classe di attenzione e la conseguente classificazione.



ISPEZIONI
SPECIALI

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione frane** associata a tutti i ponti

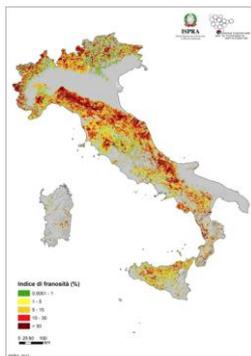


Non si può parlare di vero e proprio **RISCHIO** in quanto le valutazioni e le analisi che si svolgono a questo livello sono semplificate e approssimate, mentre la valutazione del rischio richiederebbe analisi più accurate.

Sono comunque presi in considerazione **tutti i fattori** che influenzano il rischio frane attraverso la definizione della **CLASSE DI ATTENZIONE**, mediante lo **schema tipico** di definizione di rischio:

$$CdA = P * V * E$$

Pericolosità / suscettibilità



Vulnerabilità



Esposizione



I tre fattori sono definiti attraverso

CENSIMENTO di Liv. 0

ISPEZIONI VISIVE di Liv. 1

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione frane** associata a tutti i ponti

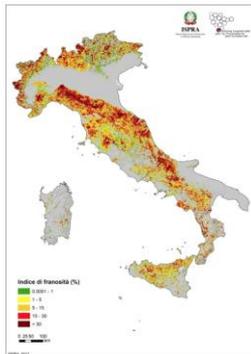


Non si può parlare di vero e proprio **RISCHIO** in quanto le valutazioni e le analisi che si svolgono a questo livello sono semplificate e approssimate, mentre la valutazione del rischio richiederebbe analisi più accurate.

Sono comunque presi in considerazione **tutti i fattori** che influenzano il rischio frane attraverso la definizione della **CLASSE DI ATTENZIONE**, mediante lo **schema tipico** di definizione di rischio:

$$CdA = P * V * E$$

Pericolosità / suscettibilità



Si parla di **suscettibilità** piuttosto che di pericolosità, in quanto, viste le specifiche difficoltà intrinseche alla definizione della probabilità di accadimento dell'evento, si vuole far riferimento alla **sola previsione spaziale**, trascurando la previsione di tipo temporale.

I tre fattori sono definiti attraverso

CENSIMENTO di Liv. 0

ISPEZIONI VISIVE di Liv. 1

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione frane** associata a tutti i ponti

I 3 fattori possono essere definiti in funzione di numerosi parametri.

Sulla base dell'esperienza, per ciascun fattore si possono selezionare **parametri primari** e **parametri secondari**:

PARAMETRI PRIMARI	PARAMETRI SECONDARI
Pericolosità/suscettibilità	
<i>Instabilità di versante (Magnitudo, Velocità, Stato di attività)</i>	<i>Incertezza modello Misure di mitigazione</i>
Vulnerabilità	
<i>Tipologia/robustezza del ponte e tipologia di fondazioni</i>	<i>Estensione dell'interferenza</i>
Esposizione	
<i>Traffico Medio Giornaliero (TGM) e Luce della campata</i>	<i>Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Strategicità dell'opera</i>

Le combinazioni di parametri primari e secondari si possono eseguire secondo **un approccio** per:

CLASSI E OPERATORI LOGICI

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione frane** associata a tutti i ponti

I 3 fattori possono essere definiti in funzione di numerosi parametri.

Sulla base dell'esperienza, per ciascun fattore si possono selezionare **parametri primari** e **parametri secondari**:

PARAMETRI PRIMARI	PARAMETRI SECONDARI
Pericolosità/suscettibilità	
<i>Instabilità di versante (Magnitudo, Velocità, Stato di attività)</i>	<i>Incertezza modello Misure di mitigazione</i>
Vulnerabilità	
<i>Tipologia/robustezza del ponte e tipologia di fondazioni</i>	<i>Estensione dell'interferenza</i>
Esposizione	
<i>Traffico Medio Giornaliero (TGM) e luce della campata</i>	<i>Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Strategicità dell'opera</i>

Le combinazioni di parametri primari e secondari si possono eseguire secondo **un approccio** per:

CLASSI E OPERATORI LOGICI

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Suscettibilità

Instabilità di versante (Magnitudo, velocità, stato)

La **suscettibilità alla frana** è classificata in funzione di 3 componenti distinte:

1. parametro dello **stato di attività** per le frane riconosciute (P_A), o di **grado di criticità** per le frane potenziali (P_C).
2. parametro della **massima velocità potenziale di spostamento** in funzione della tipologia di frana in atto o potenziale PV;
3. parametro della **magnitudo**, intesa come volume mobilizzabile P_M .

Ad ogni parametro, valutabile secondo metodi esistenti in letteratura, a seconda del livello di «criticità» è associato un **valore numerico**.

1. **Stato di attività** per frane riconosciute (P_A), o **grado di criticità** per frane potenziali (P_C)

	Attiva	Inattiva	Stabilizzata
Frana riconosciuta (P_A)	al momento del rilievo o con segni di movimento in atto	Non attiva da diversi cicli stagionali	
Frana potenziale (P_C)	Altamente critica	Critica	Scarsamente critica
P_A o P_C	5	3	1

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Suscettibilità *Instabilità di versante (Magnitudo, velocità, stato)*

La **suscettibilità alla frana** è classificata in funzione di 3 componenti distinte:

1. parametro dello **stato di attività** per le frane riconosciute (P_A), o di **grado di criticità** per le frane potenziali (P_C).
2. parametro della **massima velocità potenziale di spostamento** in funzione della tipologia di frana in atto o potenziale P_V ;
3. parametro della **magnitudo**, intesa come volume mobilizzabile P_M .

Ad ogni parametro, valutabile secondo metodi esistenti in letteratura, a seconda del livello di «criticità» è associato un **valore numerico**.

2. **Massima velocità** attesa in funzione della tipologia di frana in atto o potenziale (P_V)

	> 3 m/min	3 m/min – 1,8 m/h	1,8 m/h – 13 m/mese	13 m/mese – 1,6 m/anno	< 1,6 m /anno
	<i>Estremamente/molto rapida</i>	<i>Rapida</i>	<i>Moderata</i>	<i>Lenta</i>	<i>Estremamente/molto lenta</i>
P_V	5	4	3	2	1

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Suscettibilità

Instabilità di versante (Magnitudo, velocità, stato)

La **suscettibilità alla frana** è classificata in funzione di 3 componenti distinte:

1. parametro dello **stato di attività** per le frane riconosciute (P_A), o di **grado di criticità** per le frane potenziali (P_C).
2. parametro della **massima velocità potenziale di spostamento** in funzione della tipologia di frana in atto o potenziale P_V ;
3. parametro della **magnitudo**, intesa come volume mobilizzabile P_M .

Ad ogni parametro, valutabile secondo metodi esistenti in letteratura, a seconda del livello di «criticità» è associato un **valore numerico**.

3. **Magnitudo attesa** su base volumetrica in metri cubi (P_M)

	$> 10^6$	$2,5 \cdot 10^5 - 10^6$	$2,5 \cdot 10^5 - 10^4$	$10^2 - 10^4$	$< 5 \cdot 10^2$
	<i>Estremamente/molto grande</i>	<i>Grande</i>	<i>Media</i>	<i>Piccola</i>	<i>Molto piccola</i>
P_M	15	12	9	6	3

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Suscettibilità

Instabilità di versante (Magnitudo, velocità, stato)

La **suscettibilità alla frana** è classificata in funzione di 3 componenti distinte:

1. parametro dello **stato di attività** per le frane riconosciute (P_A), o di **grado di criticità** per le frane potenziali (P_C).
2. parametro della **massima velocità potenziale di spostamento** in funzione della tipologia di frana in atto o potenziale P_V ;
3. parametro della **magnitudo**, intesa come volume mobilizzabile P_M .

Ad ogni parametro, valutabile secondo metodi esistenti in letteratura, a seconda del livello di «criticità» è associato un **valore numerico**.

La valutazione del livello di instabilità è sviluppata sulla base della sommatoria dei valori associati ai tre parametri ovvero

$$P = P_A + P_M + P_V \quad \text{per le frane riconosciute}$$

$$P = P_C + P_M + P_V \quad \text{per le frane potenziali}$$

$P = P_A + P_M + P_V$ (frana riconosciuta) / $P = P_C + P_M + P_V$ (frana potenziale)	Instabilità di versante
20 – 25	ALTA
16 – 19	MEDIO – ALTA
12 – 15	MEDIA
8 – 11	MEDIO – BASSA
5 – 7	BASSA

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Suscettibilità

Instabilità di versante (Magnitudo, velocità, attività) + Incertezza modello + Misure mitigazione

Incetezza di modello

Buona

Limitata

La classificazione dell'instabilità di versante è penalizzata nel caso di un **livello di conoscenza (LC) limitato** del cinematisimo di frana e per tener conto delle incertezze delle valutazioni effettuate.

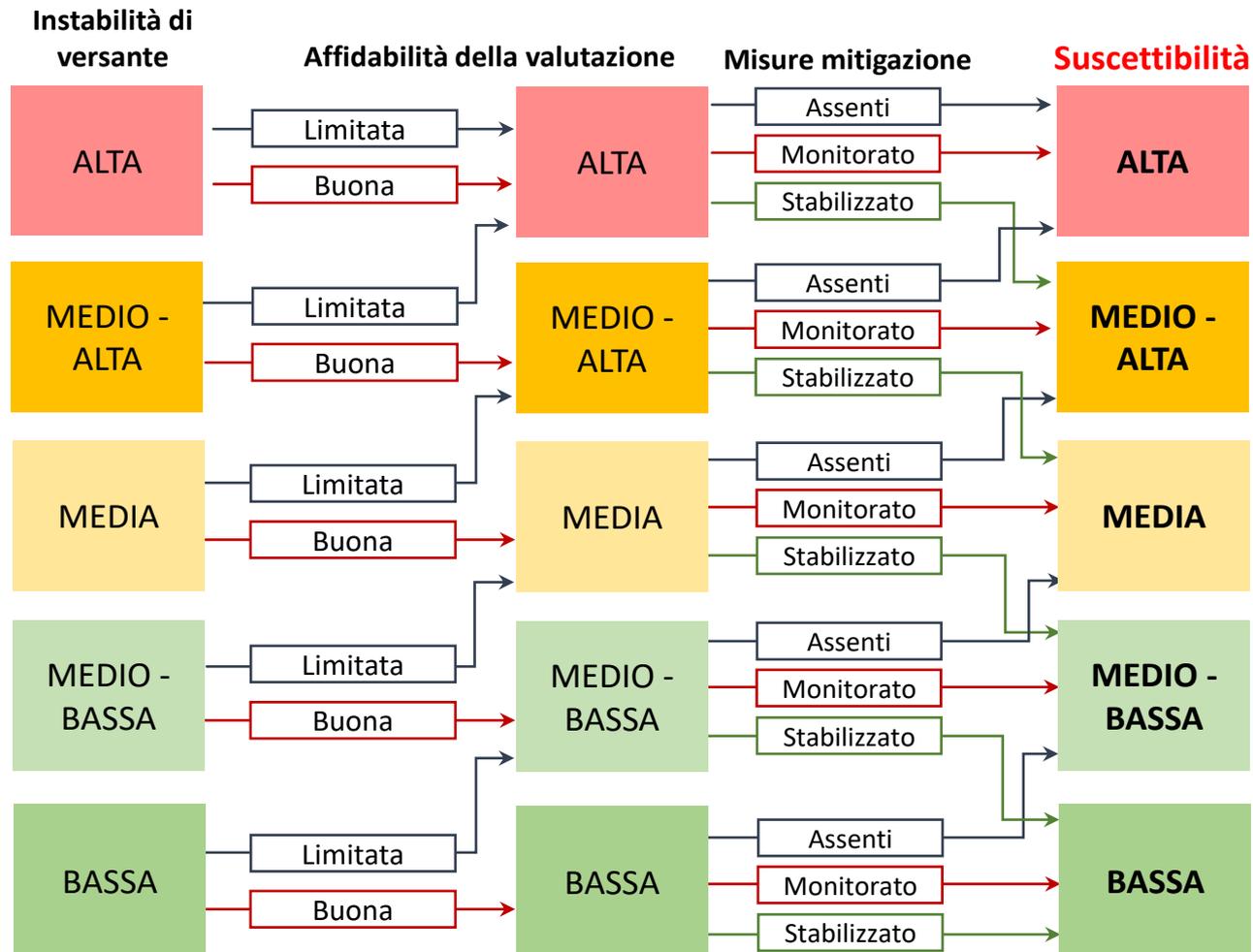
Misure di mitigazione

Assenti

Monitorato

Stabilizzato

Un'ulteriore correzione si effettua per tener conto delle eventuali **misure di stabilizzazione**, quali reti e gallerie paramassi, barriere per flussi detritici, interventi di drenaggio, strutture di sostegno, ecc, e di eventuali **sistemi di monitoraggio** presenti sul sito del manufatto e delle loro condizioni di conservazione.



VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione frane** associata a tutti i ponti

I 3 fattori possono essere definiti in funzione di numerosi parametri.

Sulla base dell'esperienza, per ciascun fattore si possono selezionare **parametri primari** e **parametri secondari**:

PARAMETRI PRIMARI	PARAMETRI SECONDARI
<i>Pericolosità/suscettibilità</i>	
<i>Instabilità di versante (Magnitudo, Velocità, Stato di attività)</i>	<i>Incertezza modello Misure di mitigazione</i>
Vulnerabilità	
<i>Tipologia/robustezza del ponte e tipologia di fondazioni</i>	<i>Estensione dell'interferenza</i>
Esposizione	
<i>Traffico Medio Giornaliero (TGM) e Luce media campata</i>	<i>Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Strategicità dell'opera</i>

Le combinazioni di parametri primari e secondari si possono eseguire secondo **un approccio** per:

CLASSI E OPERATORI LOGICI

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Vulnerabilità

Tipologia/robustezza strutturale e Tipologia di fondazioni

Tipologia/robustezza strutturale

Analogamente al rischio strutturale e geotecnico e al rischio sismico, la classificazione della **vulnerabilità** dipende dalla tipologia strutturale e, in particolare, dalla sua robustezza, intesa come capacità di resistere alle azioni indotte dal movimento di frana.

Sono quindi classificate le tipologie strutturali in modo analogo al rischio sismico, in funzione di:

- **Schema statico, luce e materiale** distinguendo schemi isostatici e iperstatici e luci medio-piccole e luci elevate;
- **Numero di campate**, distinguendo ponti a singola campata e ponti multi-campate

		Schema isostatico		Schema iperstatico	
		L medio-piccola	L elevata	L medio-piccola	L elevata
C.A.	Singola campata	Media	Medio-alta	Bassa	Medio-bassa
	Multi-campata	Medio-alta	Alta	Medio-bassa	Media
C.A.P.	Singola campata	Media	Medio-alta	-	-
	Multi-campata	Medio-alta	Alta	Medio-bassa	Media
Muratura	Singola campata	-	-	Bassa	Medio-bassa
	Multi-campata	-	-	Medio-bassa	Media
Acciaio	Singola campata	Medio-bassa	Medio-bassa	Bassa	Bassa
	Multi-campata	Media	Media	Medio-bassa	Medio-bassa

Tipologia di fondazioni

Nel caso in cui ci sia evidenza, dalla documentazione originaria disponibile e/o dalle ispezioni visive effettuate, di presenza di **fondazioni superficiali** o comunque **non progettate per resistere alle azioni orizzontali**, occorre aumentare di un livello la classe definita sulla base dello schema strutturale.

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Vulnerabilità

Tipologia/robustezza strutturale e Tipologia di fondazioni + Estensione dell'interferenza

Estensione dell'interferenza

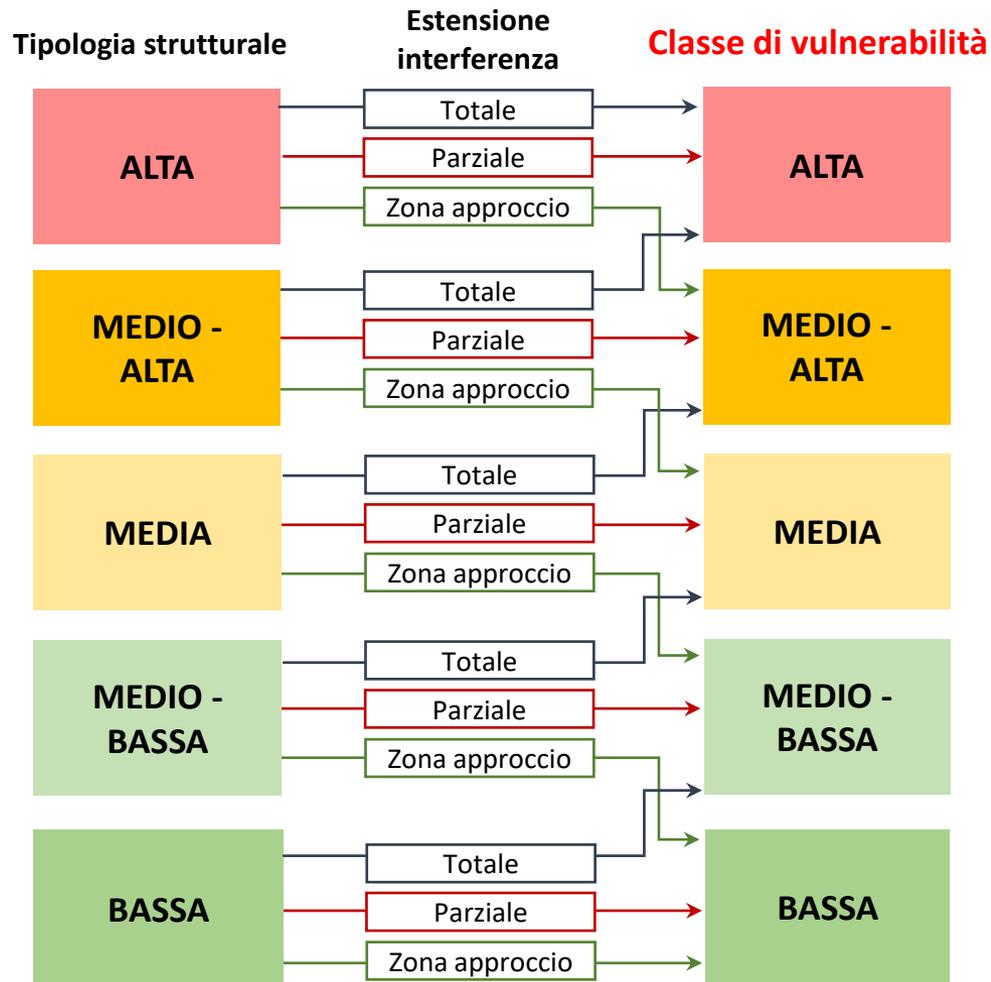
La classificazione in funzione della tipologia strutturale è quindi corretta per tener conto dell'eventualità che l'intera struttura risulti coinvolta o comunque interessata dall'instabilità, ossia in funzione dell'**estensione dell'interferenza** tra la struttura e il corpo di frana. Questa si può valutare in tre classi distinte in:

Totale

Parziale

Zona Approccio

Dalla combinazione dei due parametri (tipologia/robustezza strutturale e estensione dell'interferenza) secondo l'approccio per classi e operatori logici, si ottiene la **classe di vulnerabilità** associata al rischio frane.



VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione frane** associata a tutti i ponti

I 3 fattori possono essere definiti in funzione di numerosi parametri.

Sulla base dell'esperienza, per ciascun fattore si possono selezionare **parametri primari** e **parametri secondari**:

PARAMETRI PRIMARI	PARAMETRI SECONDARI
<i>Pericolosità/suscettibilità</i>	
<i>Instabilità di versante (Magnitudo, Velocità, Stato di attività)</i>	<i>Incertezza modello Misure di mitigazione</i>
Vulnerabilità	
<i>Tipologia/robustezza del ponte</i>	<i>Estensione dell'interferenza</i>
Esposizione	
<i>Traffico Medio Giornaliero (TGM) e Luce media campata</i>	<i>Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Strategicità dell'opera</i>

Le combinazioni di parametri primari e secondari si possono eseguire secondo **un approccio** per:

CLASSI E OPERATORI LOGICI

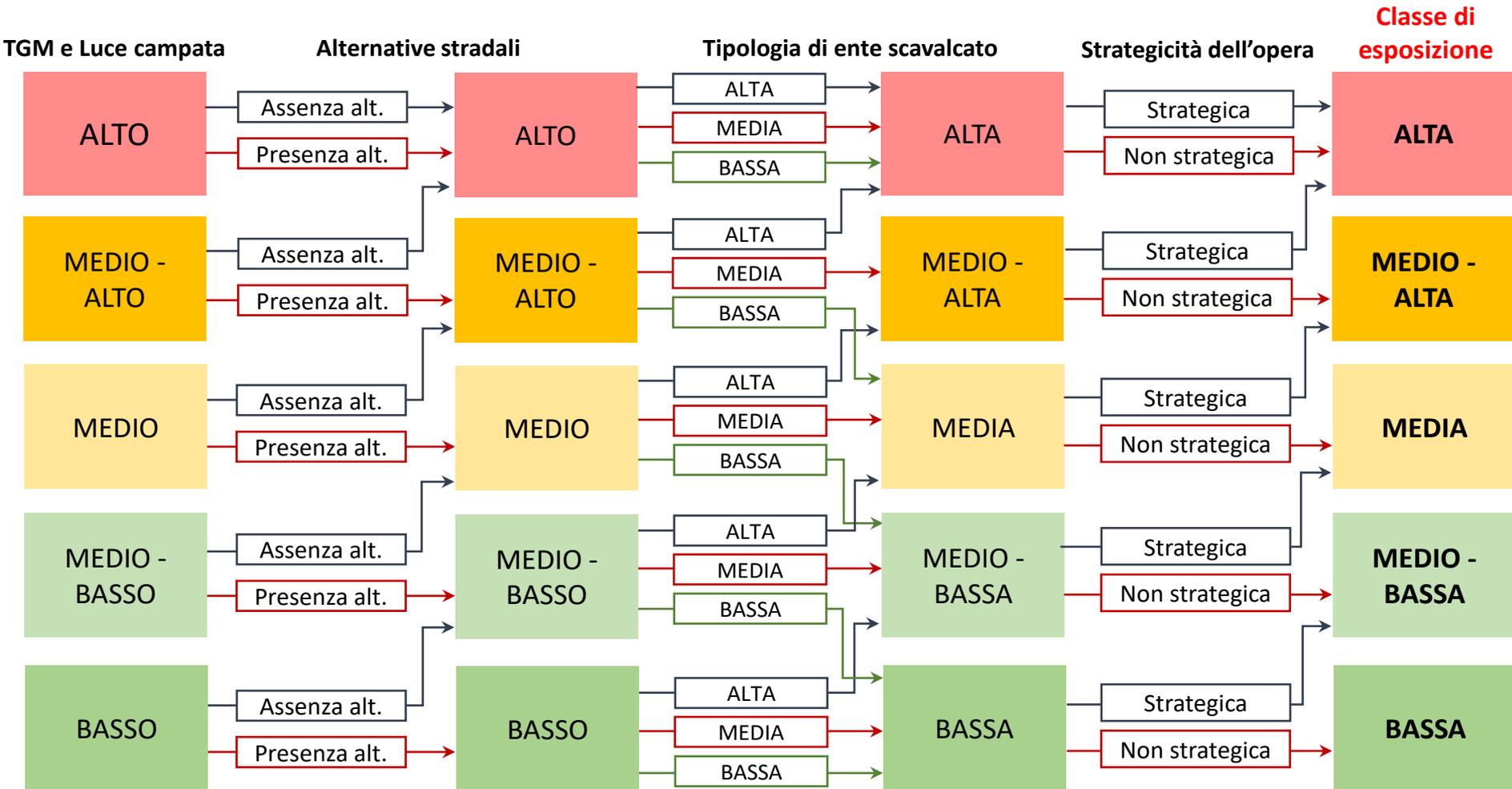
METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Esposizione

TGM, luce media campata + Alternative stradali + Tipologia di ente scavalcato + Strategicità dell'opera

La definizione del livello di esposizione nel caso di rischio frane segue gli **stessi criteri** e considera gli **stessi parametri** impiegati per la stima del **livello di esposizione sismica**.



METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO FRANE

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione frane** associata a tutti i ponti

CLASSI E OPERATORI LOGICI

Analogamente a quanto visto per la classificazione sulla base del rischio strutturale e fondazionale e del rischio sismico, combinando i 3 fattori si ottiene la **classe di attenzione** associata ad ogni opera.

Esempi di combinazione

Classe di suscettibilità MEDIO - BASSA

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Medio-alta	Media			
	Medio-Alta	Media			Medio-Bassa	
	Media	Media			Medio-Bassa	
	Medio-Bassa	Media		Medio-Bassa		
	Bassa	Media	Medio-Bassa			

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

3° passo

GERARCHIA TRA I RISCHI RILEVANTI

Individuazione della tipologia di rischio maggiormente rilevante ai fini della classificazione

Rischio strutturale e
fondazionale

Rischio sismico

Rischio frane

Rischio idraulico

CLASSE DI
ATTENZIONE
STRUTTURALE E
FONDAZIONALE

CLASSE DI
ATTENZIONE
SISMICA

CLASSE DI ATTENZIONE
FRANE

CLASSE DI ATTENZIONE
IDRAULICA

CLASSE DI ATTENZIONE COMPLESSIVA

Sulla base di questo le opere sono classificate e sono decise le azioni da intraprendere

Analisi MULTI - HAZARD

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione idraulica** associata a tutti i ponti



Per strutture che non vadano ad interessare l'alveo (come definito dal § 5.1.2.3. della Circolare 21.01.2019 n.7 del CSLPPP) con le pile e/o con le spalle e sempre che l'impalcato garantisca il rispetto del franco libero così come prescritto nelle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni e, quindi, si possa ritenere che il determinarsi di un evento di piena non possa coinvolgere la struttura in esame, **non risulta necessario proseguire con la valutazione della CdA idraulica**, in quanto non influente ai fini della determinazione della CdA complessiva associata al ponte.



RISCHIO
IDRAULICO
ASSENTE



Al contrario, l'eventuale collocazione delle **strutture in aree coinvolte da accadimenti progressi** (fenomeni di escavazione, allagamenti, modificazioni delle sezioni idriche, riduzione delle capacità idrovetrici dell'alveo, ecc.), inducono la **necessità di proseguire con ispezioni speciali**, ed eventualmente valutazioni più approfondite di Livello 4, superando, quindi, la valutazione del livello di attenzione e la conseguente classificazione.



LIVELLO 4

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione idraulica** associata a tutti i ponti

Sono considerati i **principali fenomeni idraulici** che possono dare luogo a condizioni di crisi dei ponti, ossia:

FENOMENI DI SORMONTO O DI
INSUFFICIENZA DI FRANCO

FENOMENI DI EROSIONE DEL
FONDO ALVEO

fenomeni di **erosione generalizzata**

fenomeni di **erosione localizzata**

I fenomeni sono valutati **separatamente** in modo da stimare:

CLASSE DI ATTENZIONE PER
FENOMENI DI SORMONTO O DI
INSUFFICIENZA DI FRANCO

CLASSE DI ATTENZIONE PER
FENOMENI DI EROSIONE DEL
FONDO ALVEO

CdA per fenomeni di
erosione generalizzata

CdA per fenomeni di
erosione localizzata

combinazione

CLASSE DI ATTENZIONE PER RISCHIO IDRAULICO

La **più severa** tra la classe di attenzione per fenomeni di sormonto o di insufficienza di franco e la classe di attenzione per fenomeni di erosione del fondo alveo determina la **classe di attenzione per rischio idraulico** del ponte.

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

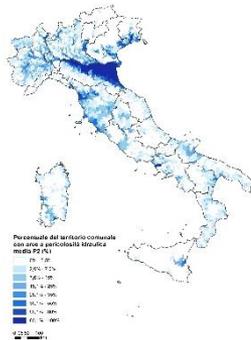
CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione idraulica** associata a tutti i ponti

Per i **fenomeni idraulici** individuati, analogamente alle altre tipologie di rischio sono individuati e classificati i fattori che influenzano il rischio idraulico, combinandoli con lo schema tipico di definizione del rischio per determinare la **classe di attenzione** associata ad ogni fenomeno.

$$CdA = P * V * E$$

Pericolosità / suscettibilità



Vulnerabilità



Esposizione



I tre fattori sono definiti attraverso

CENSIMENTO di Liv. 0

ISPEZIONI VISIVE di Liv. 1

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

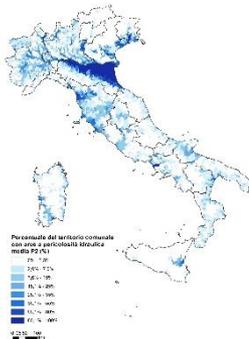
CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione idraulica** associata a tutti i ponti

Per i **fenomeni idraulici** individuati, analogamente alle altre tipologie di rischio sono individuati e classificati i fattori che influenzano il rischio idraulico, combinandoli con lo schema tipico di definizione del rischio per determinare la **classe di attenzione** associata ad ogni fenomeno.

$$CdA = P * V * E$$

Pericolosità / **suscettibilità**



! Come per il rischio frane, si parla di **suscettibilità** piuttosto che di pericolosità, in quanto, viste le specifiche difficoltà intrinseche alla definizione della probabilità di accadimento dell'evento, si vuole far riferimento alla **sola previsione spaziale**, trascurando la previsione di tipo temporale.

I tre fattori sono definiti attraverso

CENSIMENTO di Liv. 0

ISPEZIONI VISIVE di Liv. 1

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Pericolosità / suscettibilità

Fenomeni di sormonto o di insufficienza di franco

Si fa riferimento ai livelli di pericolosità come definiti dal *D.Lgs. 23.02.2010, n. 49 – “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”* e simili che assumono la **probabilità di accadimento** come parametro principale di gerarchizzazione:

P1 - BASSA

Alluvioni rare di estrema intensità: tempo di ritorno dell'evento fino a 500 anni

P2 - MEDIA

Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno compreso tra 100 e 200 anni

P3 - ELEVATA

Alluvioni frequenti: tempo di ritorno compreso tra 20 e 50 anni

Si **stimano** quindi in **modo speditivo** i **franchi idraulici** per i **corsi d'acqua principali e secondari**, per i diversi scenari di alluvione.

$$F = \text{quota minima dell'intradosso del ponte} - \text{quota del pelo libero}$$

In base al valore del franco idraulico stimato, si determina la **classe di suscettibilità del ponte**.

	Corsi d'acqua principali non arginati	Corsi d'acqua secondari non arginati
Alta	$F_{P2} \leq 0.80 \text{ m}$ e $F_{P3} \leq 1.50 \text{ m}$	$F < 0.80 \text{ m}$
Medio-Alta	$F_{P2} \leq 0.80 \text{ m}$ e $F_{P3} > 1.50 \text{ m}$	$0.80 \text{ m} < F < 1.00 \text{ m}$
Media	$0.80 \text{ m} < F_{P2} \leq 1.00 \text{ m}$	$1.00 \text{ m} < F < 1.20 \text{ m}$
Medio-Bassa	$1.00 \text{ m} < F_{P2} < 1.50 \text{ m}$	$1.20 \text{ m} < F < 1.50 \text{ m}$
Bassa	$F_{P2} \geq 1.50 \text{ m}$	$F > 1.50 \text{ m}$

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Pericolosità / suscettibilità

Fenomeni di erosione del fondo alveo

Erosione generalizzata *Riduzione, operata dall'attraversamento, della sezione trasversale indisturbata caratteristica dell'alveo tale da ingenerare un'accelerazione locale della corrente.*

Si definiscono:

FATTORE DI RESTRINGIMENTO DELL'ALVEO INCISO

$$C_a = \frac{W_{a,l}}{W_a} \cdot 100$$

$W_{a,l}$ = larghezza complessiva dell'alveo inciso occupata dall'ingombro di pile e spalle;

W_a = larghezza complessiva dell'alveo inciso a monte del ponte

FATTORE DI RESTRINGIMENTO DELLE AREE GOLENALI

$$C_g = \frac{W_{g,l}}{W_g} \cdot 100$$

$W_{g,l}$ = larghezza complessiva delle golene occupata dai rilevati di accesso, dalle spalle e dalle pile

W_a = larghezza complessiva delle golene a monte del ponte

Sulla base di tali fattori si definisce la **classe di suscettibilità** associata al fenomeno di **erosione generalizzata**

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Pericolosità / suscettibilità

Fenomeni di erosione del fondo alveo

Erosione generalizzata

Riduzione, operata dall'attraversamento, della sezione trasversale indisturbata caratteristica dell'alveo tale da ingenerare un'accelerazione locale della corrente.

Si definiscono:

FATTORE	C_a	C_g				
		> 45 %	35-45 %	25-35 %	15-25 %	<15 %
$W_a, l = larghezza$	>35 %	Alta				
$W_a = larghezza$	25-35 %	Alta		Medio-alta		
FATTORE	15-25 %	Alta		Medio-alta	Media	
	10-15 %	Alta	Medio-alta	Media	Medio-bassa	
$W_g, l = larghezza$	<10%	Alta	Medio-alta	Media	Medio-bassa	Bassa

W_a = larghezza complessiva delle golene a monte del ponte

Sulla base di tali fattori si definisce la **classe di suscettibilità** associata al fenomeno di **erosione generalizzata**

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Pericolosità / suscettibilità

Fenomeni di erosione del fondo alveo

Erosione localizzata *Una delle cause più frequenti di crollo o di danneggiamento dei manufatti di attraversamento fluviale. La causa principale dell'erosione localizzata in corrispondenza delle pile è la formazione di vortici alla loro base.*

Si determina:

INDICE DI EROSIONE LOCALIZZATA

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

d_s = massima profondità di scavo = $2 \cdot a$,

essendo a il diametro della sezione circolare della pila, la larghezza di una sezione non circolare.

d_f = profondità di posa del piano di fondazione rispetto all'alveo, valutata sulla base della documentazione di progetto disponibile, altrimenti assunta convenzionalmente pari a 2.0 m.

Alta	$IEL > 1.2$
Medio-Alta	$1.00 < IEL \leq 1.20$
Media	$0.80 < IEL \leq 1.00$
Medio-Bassa	$0.80 < IEL \leq 0.60$
Bassa	$IEL < 0.60$

Sulla base di tale indice si definisce la **classe di suscettibilità** associata al fenomeno di **erosione localizzata**

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Vulnerabilità

Per tutti e 3 i fenomeni individuati, la vulnerabilità è stimata considerando i seguenti parametri:

- valore della portata della piena
- estensione dell'area interessata dell'inondazione;
- altezza e la relativa quota idrica;
- caratteristiche cinematiche della corrente.

La vulnerabilità è quindi classificata sulla base della **sussistenza o meno di determinate condizioni di vulnerabilità**, quali:

- ❖ Evidenza di accentuati **fenomeni di deposizione di sedimenti o fenomeni d'erosione d'alveo**.
- ❖ Evidenza di **trasporto di materiale vegetale** di notevole dimensione.
- ❖ **Dimensioni del bacino** idrografico $S < 100 \text{ km}^2$
- ❖ Presenza di **fondazioni superficiali** delle pile e delle spalle
- ❖ Evidenza di **fenomeni di abbassamento generalizzato** dell'alveo a monte e a valle del ponte
- ❖ Ponte posizionato in tratto di alveo avente **sensibile curvatura**
- ❖ Presenza di **accumuli di detriti** o materiale flottante a monte della pila.
- ❖ Tendenza dell'alveo alla **divagazione planimetrica**
- ❖ ...

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Vulnerabilità

Fenomeni di sormonto o di insufficienza di franco

Alta	<p>Sussistenza di almeno 2 delle seguenti 3 condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none">- Evidenza di accentuati fenomeni di deposizione di sedimenti, soprattutto se grossolani, o di fenomeni d'erosione d'alveo.- Evidenza di trasporto di materiale vegetale di notevole dimensione.- Dimensioni del bacino idrografico $S < 100 \text{ km}^2$
Medio-Alta	<p>Sussistenza di almeno 1 delle seguenti 3 condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none">- Evidenza di accentuati fenomeni di deposizione di sedimenti, soprattutto se grossolani, o di fenomeni d'erosione d'alveo.- Evidenza di trasporto di materiale vegetale di notevole dimensione.- Dimensioni del bacino idrografico $S < 100 \text{ km}^2$
Media	<p>Sussistenza di almeno 1 delle seguenti 3 condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none">- Evidenza di significativi fenomeni di deposizione di sedimenti o di d'erosione d'alveo.- Evidenza di significativo trasporto di materiale vegetale di notevole dimensione.- Dimensioni del bacino idrografico $S < 500 \text{ km}^2$
Medio-Bassa	<p>Sussistenza di almeno 2 delle seguenti 3 condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none">- Assenza di evidenza di significativi fenomeni di deposizione o di erosione d'alveo.- Assenza di evidenza di trasporto di materiale vegetale di notevole dimensione.- Dimensioni del bacino idrografico $S > 500 \text{ km}^2$
Bassa	<p>Assenza di evidenza di significativi fenomeni di deposizione o di erosione d'alveo. Assenza di evidenza di trasporto di materiale vegetale di notevole dimensione. Dimensioni del bacino idrografico $S > 500 \text{ km}^2$</p>

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Vulnerabilità

Fenomeni di erosione – Erosione generalizzata

Alta	<p>Sussistenza di tutte e 3 le seguenti 3 condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none">- Evidenza di presenza di fondazioni superficiali delle pile e delle spalle del ponte.- Evidenza di fenomeni di abbassamento generalizzato dell'alveo a monte e a valle del ponte.- Ponte posizionato in tratto di alveo avente sensibile curvatura.
Medio-Alta	<p>Sussistenza di almeno 2 delle seguenti 3 condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none">- Evidenza di presenza di fondazioni superficiali delle pile e delle spalle del ponte.- Evidenza di fenomeni di abbassamento generalizzato dell'alveo a monte e a valle del ponte.- Ponte posizionato in tratto di alveo avente sensibile curvatura.
Media	<p>Sussistenza di almeno 1 delle seguenti 3 condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none">- Evidenza di presenza di fondazioni superficiali delle pile e delle spalle del ponte.- Evidenza di fenomeni di abbassamento generalizzato dell'alveo a monte e a valle del ponte.- Ponte posizionato in tratto di alveo avente sensibile curvatura.
Medio-Bassa	<p>Evidenza di presenza di fondazioni profonde delle pile e delle spalle del ponte.</p> <p>Sussistenza di almeno 1 delle seguenti 2 condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none">- Evidenza di fenomeni di abbassamento generalizzato dell'alveo a monte e a valle del ponte.- Ponte posizionato in tratto di alveo avente sensibile curvatura.
Bassa	<p>Evidenza di presenza di fondazioni profonde delle pile e delle spalle del ponte.</p> <p>Insussistenza delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none">- Evidenza di fenomeni di abbassamento generalizzato dell'alveo a monte e a valle del ponte.- Ponte posizionato in tratto di alveo avente sensibile curvatura.

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Vulnerabilità

Fenomeni di erosione – Erosione localizzata

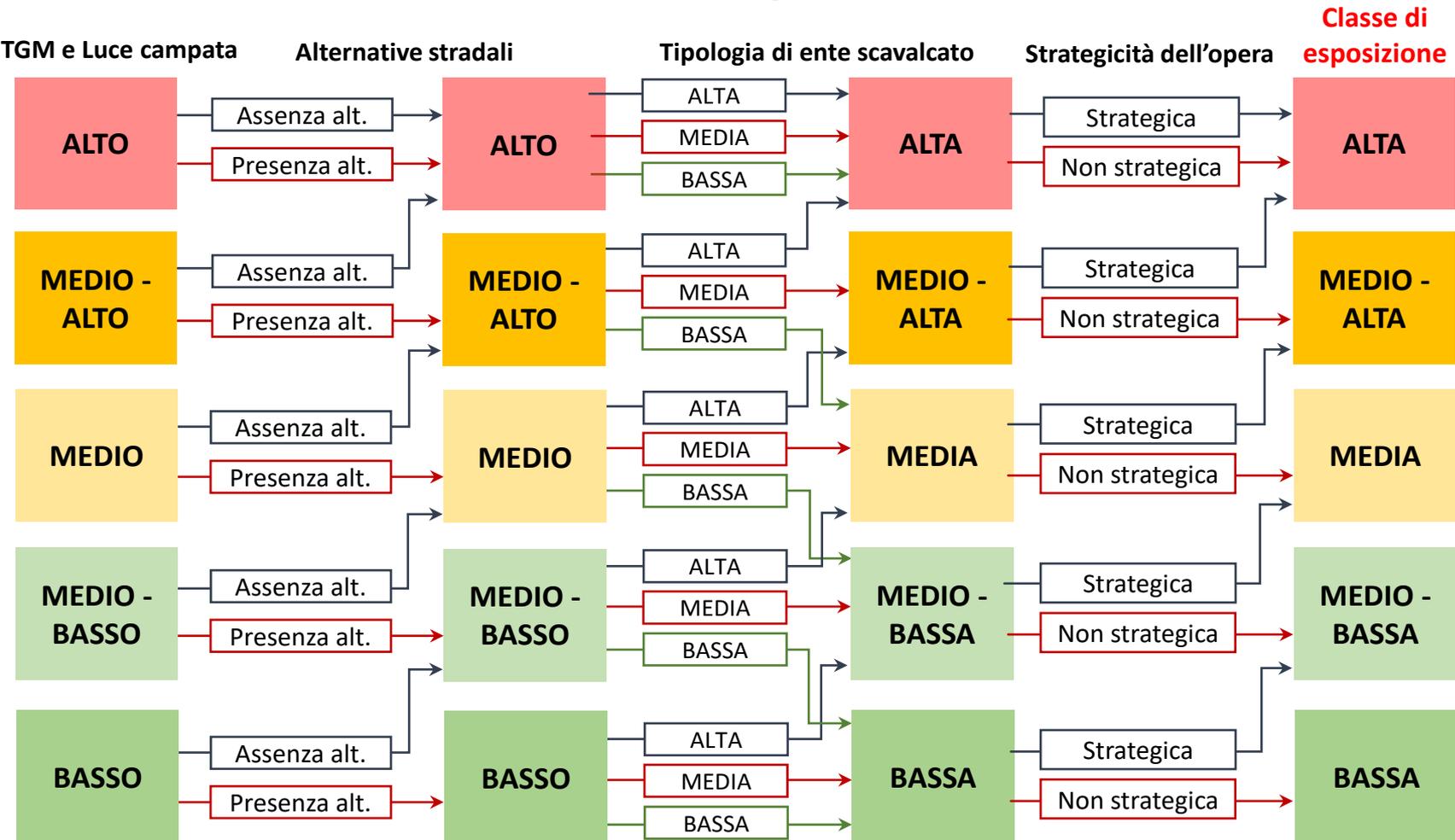
Alta	Sussistenza di almeno 3 delle seguenti 4 condizioni: <ul style="list-style-type: none">- Evidenza di presenza di fondazioni superficiali delle pile e delle spalle del ponte.- Evidenza di fenomeni di abbassamento generalizzato dell'alveo a monte e a valle del ponte.- Presenza di accumuli di detriti o materiale flottante a monte della pila.- Tendenza dell'alveo alla divagazione planimetrica
Medio-Alta	Sussistenza di almeno 2 delle seguenti 4 condizioni: <ul style="list-style-type: none">- Evidenza di presenza di fondazioni superficiali delle pile e delle spalle del ponte.- Evidenza di fenomeni di abbassamento generalizzato dell'alveo a monte e a valle del ponte.- Presenza di accumuli di detriti o materiale flottante a monte della pila.- Tendenza dell'alveo alla divagazione planimetrica
Media	Sussistenza di almeno 1 delle seguenti 4 condizioni: <ul style="list-style-type: none">- Evidenza di presenza di fondazioni superficiali delle pile e delle spalle del ponte.- Evidenza di fenomeni di abbassamento generalizzato dell'alveo a monte e a valle del ponte.- Presenza di accumuli di detriti o materiale flottante a monte della pila.- Tendenza dell'alveo alla divagazione planimetrica
Medio-Bassa	Sussistenza di almeno 2 delle seguenti 3 condizioni: <ul style="list-style-type: none">- Evidenza di presenza di fondazioni profonde delle pile e delle spalle del ponte.- Evidenza di presenza di protezione al piede delle pile e delle spalle del ponte.- Presenza di una briglia di protezione immediatamente a valle del ponte.
Bassa	Sussistenza di entrambe le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none">- Evidenza di presenza di fondazioni profonde delle pile e delle spalle del ponte.- Evidenza di protezione al piede delle pile e delle spalle del ponte.

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

VALUTAZIONE DEI RISCHI RILEVANTI

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Esposizione



Per tutti e 3 i fenomeni idraulici si individuano gli stessi criteri e stessi parametri impiegati per la stima del livello di esposizione sismica.

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione idraulica** associata a tutti i ponti

CLASSI E OPERATORI LOGICI

Analogamente a quanto visto per la classificazione sulla base del rischio strutturale e fondazionale, del rischio sismico e del rischio frane combinando i 3 fattori si ottiene la **classe di attenzione** associata ad ogni opera.

In questo caso, con la stessa logica, ma assumendo i diversi fattori visti prima, si ricavano 3 **differenti classi di attenzione**:

- **CdA per fenomeni di sormonto**
- **CdA per fenomeni di erosione generalizzata**
- **CdA per fenomeni di erosione localizzata**

Classe di suscettibilità MEDIO - BASSA

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Medio-alta	Media			
	Medio-Alta	Media			Medio-Bassa	
	Media	Media			Medio-Bassa	
	Medio-Bassa	Media		Medio-Bassa		
	Bassa	Media	Medio-Bassa			

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione idraulica** associata a tutti i ponti

CLASSI E OPERATORI LOGICI

Analogamente a quanto visto per la classificazione sulla base del rischio strutturale e fondazionale, del rischio sismico e del rischio frane combinando i 3 fattori si ottiene la **classe di attenzione** associata ad ogni opera.

In questo caso, con la stessa logica, ma assumendo i diversi fattori visti prima, si ricavano 3 **differenti classi di attenzione**:

- **CdA per fenomeni di sormonto**
- **CdA per fenomeni di erosione generalizzata**
- **CdA per fenomeni di erosione localizzata**



La combinazione di **CdA per erosione generalizzata** e **CdA per erosione localizzata** fornisce la **CdA per fenomeni di erosione**

		Classe di attenzione per erosione generalizzata				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di attenzione per erosione localizzata	Alta	Alta				
	Medio-Alta	Alta			Medio-alta	
	Media	Alta		Medio-Alta	Media	
	Medio-Bassa	Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	
	Bassa	Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

CLASSIFICAZIONE sulla base del RISCHIO IDRAULICO

Classificazione speditiva basata sulla **classe di attenzione idraulica** associata a tutti i ponti

CLASSI E OPERATORI LOGICI

Analogamente a quanto visto per la classificazione sulla base del rischio strutturale e fondazionale, del rischio sismico e del rischio frane combinando i 3 fattori si ottiene la **classe di attenzione** associata ad ogni opera.

In questo caso, con la stessa logica, ma assumendo i diversi fattori visti prima, si ricavano 3 **differenti classi di attenzione**:

- **CdA per fenomeni di sormonto**
- **CdA per fenomeni di erosione generalizzata**
- **CdA per fenomeni di erosione localizzata**



La combinazione di **CdA per erosione generalizzata** e **CdA per erosione localizzata** fornisce la **CdA per fenomeni di erosione**



La **classe di attenzione idraulica** è data dalla più severa tra la CdA per fenomeni di sormonto e la CdA per fenomeni di erosione

Analisi **MULTI - HAZARD**

Una volta individuate le classi di attenzione legate alle 4 tipologie di rischio si può individuare la classe di attenzione complessiva

CLASSE DI
ATTENZIONE
STRUTTURALE E
FONDAZIONALE

CLASSE DI
ATTENZIONE
SISMICA

CLASSE DI ATTENZIONE
FRANE

CLASSE DI ATTENZIONE
IDRAULICA

CLASSE DI ATTENZIONE COMPLESSIVA

Indice sintetico risultato della **combinazione delle classi di attenzione strutturale e fondazionale, sismica, legata al rischio idraulico e legata al rischio frane**, valutate prima separatamente e poi combinate ancora una volta secondo un approccio per

**CLASSI E
OPERATORI
LOGICI**

Le classi non hanno lo stesso peso. Un peso maggiore è data alla **CdA strutturale e fondazionale** in quanto legata alle usuali condizioni di esercizio delle strutture.

A **classi di attenzione strutturale e fondazionale ALTE** sono associate **classi di attenzione complessive ALTE** a prescindere dal valore delle altre due grandezze.

METODO DI CLASSIFICAZIONE – Livello 2

3° passo

GERARCHIA TRA I RISCHI RILEVANTI

Analisi MULTI - HAZARD

CLASSE DI
ATTENZIONE
STRUTTURALE E
FONDAZIONALE

CLASSE DI
ATTENZIONE
SISMICA

CLASSE DI ATTENZIONE
FRANE

CLASSE DI ATTENZIONE
IDRAULICA

CLASSE DI ATTENZIONE COMPLESSIVA

*Classe di attenzione strutturale/fondazionale **MEDIA***

		Classe di attenzione idraulica e frane				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di attenzione sismica	Alta	Medio-Alta	Medio-Alta		Media	
	Medio-Alta	Medio-Alta		Media		
	Media	Medio-Alta	Media			
	Medio-Bassa	Media			Medio-Bassa	
	Bassa	Media			Medio-Bassa	

ESEMPIO DI APPLICAZIONE

PONTI SU STRADE PROVINCIALI ITALIANE

Attività di censimento, ispezione e classificazione

Esempio di applicazione



Campione di 261 PONTI appartenenti a strade provinciali



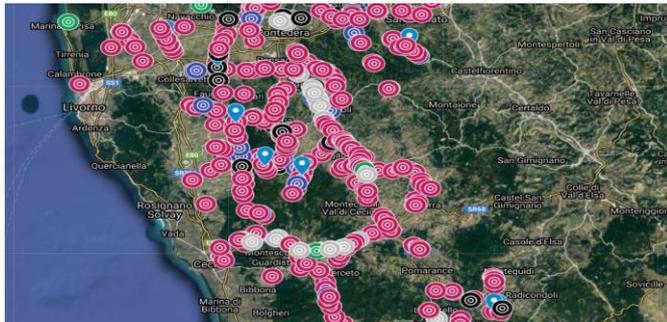
VALUTAZIONI SU SCALA TERRITORIALE



Livello 0

Censimento/Geolocalizzazione

La raccolta di documentazione e il dialogo con gli enti di amministrazione delle opere hanno permesso di redigere un **database**, contenente informazioni di base, grazie alle quali è possibile sia localizzare i manufatti sia conoscerne le caratteristiche principali.



Livello 1

Ispezioni visive e schede difettosità

Le **ispezioni visive** e la **compilazione delle schede di rilievo** dei difetti hanno permesso di individuare le principali caratteristiche strutturali e i più comuni fenomeni di degrado.

2	Spalle	N. Ponte	Provincia	Regione Toscana	Università di Pisa	Università degli Studi di Firenze
1	Località	SP 13	SP			
2	Località	SP 13	SP			
3	Località	SP 13	SP			
4	Località	SP 13	SP			
5	Località	SP 13	SP			
6	Località	SP 13	SP			
7	Località	SP 13	SP			
8	Località	SP 13	SP			
9	Località	SP 13	SP			
10	Località	SP 13	SP			
11	Località	SP 13	SP			
12	Località	SP 13	SP			
13	Località	SP 13	SP			
14	Località	SP 13	SP			
15	Località	SP 13	SP			
16	Località	SP 13	SP			
17	Località	SP 13	SP			
18	Località	SP 13	SP			
19	Località	SP 13	SP			
20	Località	SP 13	SP			
21	Località	SP 13	SP			
22	Località	SP 13	SP			
23	Località	SP 13	SP			
24	Località	SP 13	SP			
25	Località	SP 13	SP			
26	Località	SP 13	SP			
27	Località	SP 13	SP			
28	Località	SP 13	SP			
29	Località	SP 13	SP			
30	Località	SP 13	SP			
31	Località	SP 13	SP			
32	Località	SP 13	SP			
33	Località	SP 13	SP			
34	Località	SP 13	SP			
35	Località	SP 13	SP			
36	Località	SP 13	SP			
37	Località	SP 13	SP			
38	Località	SP 13	SP			
39	Località	SP 13	SP			
40	Località	SP 13	SP			
41	Località	SP 13	SP			
42	Località	SP 13	SP			
43	Località	SP 13	SP			
44	Località	SP 13	SP			
45	Località	SP 13	SP			
46	Località	SP 13	SP			
47	Località	SP 13	SP			
48	Località	SP 13	SP			
49	Località	SP 13	SP			
50	Località	SP 13	SP			
51	Località	SP 13	SP			
52	Località	SP 13	SP			
53	Località	SP 13	SP			
54	Località	SP 13	SP			
55	Località	SP 13	SP			
56	Località	SP 13	SP			
57	Località	SP 13	SP			
58	Località	SP 13	SP			
59	Località	SP 13	SP			
60	Località	SP 13	SP			
61	Località	SP 13	SP			
62	Località	SP 13	SP			
63	Località	SP 13	SP			
64	Località	SP 13	SP			
65	Località	SP 13	SP			
66	Località	SP 13	SP			
67	Località	SP 13	SP			
68	Località	SP 13	SP			
69	Località	SP 13	SP			
70	Località	SP 13	SP			
71	Località	SP 13	SP			
72	Località	SP 13	SP			
73	Località	SP 13	SP			
74	Località	SP 13	SP			
75	Località	SP 13	SP			
76	Località	SP 13	SP			
77	Località	SP 13	SP			
78	Località	SP 13	SP			
79	Località	SP 13	SP			
80	Località	SP 13	SP			
81	Località	SP 13	SP			
82	Località	SP 13	SP			
83	Località	SP 13	SP			
84	Località	SP 13	SP			
85	Località	SP 13	SP			
86	Località	SP 13	SP			
87	Località	SP 13	SP			
88	Località	SP 13	SP			
89	Località	SP 13	SP			
90	Località	SP 13	SP			
91	Località	SP 13	SP			
92	Località	SP 13	SP			
93	Località	SP 13	SP			
94	Località	SP 13	SP			
95	Località	SP 13	SP			
96	Località	SP 13	SP			
97	Località	SP 13	SP			
98	Località	SP 13	SP			
99	Località	SP 13	SP			
100	Località	SP 13	SP			



Analisi statistica delle principali caratteristiche strutturali.



Individuazione dei **fenomeni di degrado più comuni**.

Esempio di applicazione



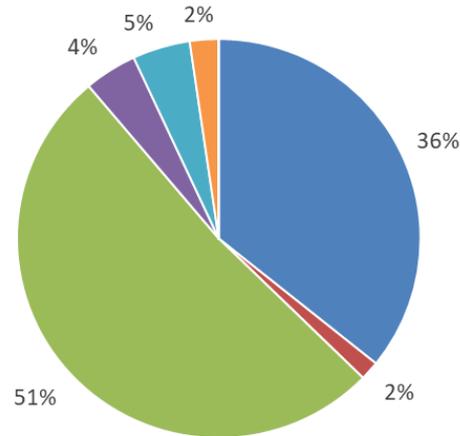
ANALISI STATISTICA

Campione di 261 PONTI



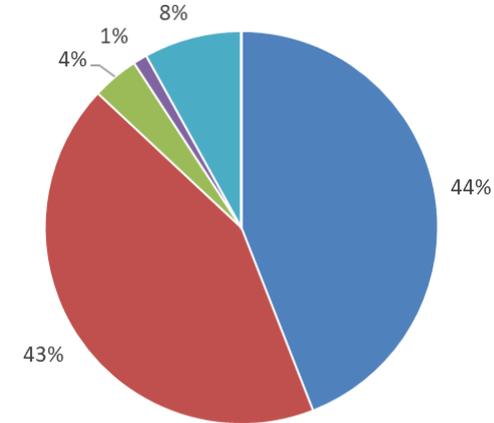
Tipologia strutturale

- Travi sempl. Appoggiate
- Travi continue
- Volte massicce
- Travi Gerber
- Solette sempl. Appoggiate



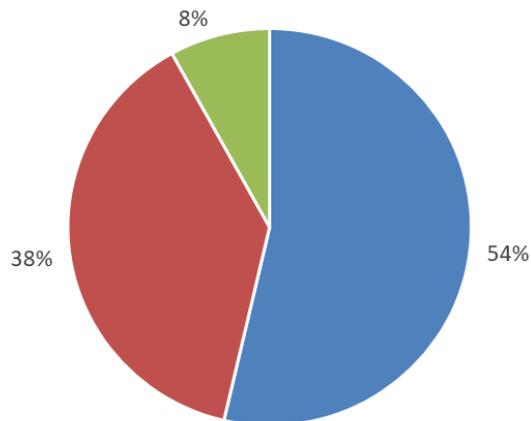
Materiale di impalcato

- Muratura
- C.A.
- Acciaio
- Composto (C.A./Acciaio)
- C.A.P.



Epoca di costruzione

- ≤ 1945
- 1945-1980
- ≥ 1980



Le **volte in muratura**, presumibilmente risalenti al **1800 / inizio 1900**, sono le più ricorrenti.

Molto diffusi sono anche i **ponti a travata in c.a.** costruiti **ante 1980**, specialmente nel **2^a dopoguerra**.



Esempio di applicazione

FENOMENI DI DEGRADO

Campione di 261 PONTI



Specialmente i **ponti a travate in c.a.** risalenti al secondo dopoguerra sono caratterizzati da diffusi **fenomeni di degrado**, dovuti agli effetti del tempo e degli agenti atmosferici sul materiale.



Dalle ispezioni condotte è emersa l'importanza di una **corretta manutenzione del sistema di smaltimento delle acque piovane** per evitare che il continuo contatto con l'acqua provochi dilavamento di calcestruzzo e penetrazione di agenti aggressivi con conseguente ossidazione delle barre di armatura.

La presenza di scarichi corti, danneggiati o addirittura la loro assenza è spesso causa di intensi ammaloramenti del materiale.

CAUSE più comuni

- Materiali di **scarsa qualità**
- **Copriferro** quasi inesistente
- Carenze o assenze nell'**impermeabilizzazione**
- Sistema di **convogliamento delle acque** meteoriche assente o non adeguato

EFFETTI più comuni

- **Carbonatazione** del calcestruzzo
- **Distacchi** di copriferro
- **Ossidazione/Corrosione** di barre e staffe
- **Dilavamento** del calcestruzzo
- **Riduzione** della **capacità** resistente



FENOMENI DI DEGRADO

Campione di 261 PONTI



Un fenomeno abbastanza diffuso è lo **scalzamento delle fondazioni**, derivante dall'erosione del letto e delle sponde dell'alveo o del rilevato di approccio, causata da fenomeni meteorologici o dal trasporto solido dei corsi d'acqua, dall'abbassamento dell'alveo per variazioni nella direzione della corrente, o da escavazioni artificiali.



Dettagli a cui prestare particolare attenzione sono gli appoggi di tipo **Gerber** di travi di c.a., particolarmente soggette all'infiltrazione di acqua dai giunti e al deterioramento del materiale.

Il progredire dei deterioramenti potrebbe portare ad una **riduzione significativa di capacità portante**, fino al rischio di collasso della sella portante o di quella portata.



FENOMENI DI DEGRADO

Campione di 261 PONTI



I **ponti a volta in muratura**, oltre ad essere particolarmente soggetti a fenomeni di degrado superficiali dovuti agli effetti dell'acqua, a volte presentano **quadri fessurativi** estesi e, in alcuni casi, preoccupanti.



L'analisi del quadro fessurativo permette di risalire ad **eventuali cinematici** in atto.

In ogni caso, nonostante la costruzione della maggior parte di tali ponti risalga agli **inizi del '900**, se non prima, essi appaiono **più robusti** rispetto ad altre tipologie più recenti, quali i ponti a travi in c.a.



Ulteriori elementi di indagine sono gli **elementi accessori** presenti sulla carreggiata, quali barriere di sicurezza, sistemi di convogliamento acque, pavimentazione stradale, ecc..

Questi incidono sugli oneri di manutenzione oltre ad influenzare lo stato di conservazione degli elementi strutturali, qualora non siano ben mantenuti. È il caso, ad esempio, di sistemi di convogliamento delle acque assenti o danneggiati, che spesso causano ammaloramenti dei materiali costruttivi dovuti al continuo contatto con le acque piovane.



Esempio di applicazione



Campione di 261 PONTI appartenenti a strade provinciali



VALUTAZIONI SU SCALA TERRITORIALE



Livello 2

Classi di attenzione

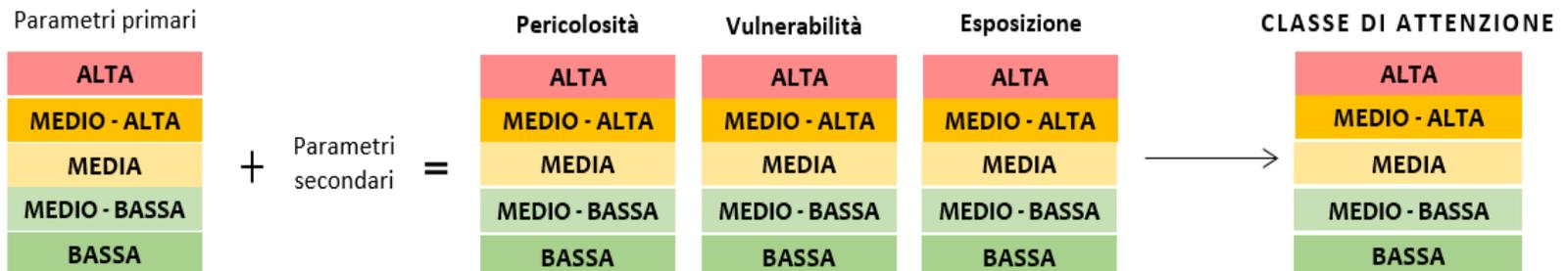
CdA STRUTTURALE E
FONDAZIONALE

CdA SISMICA

CdA IDRAULICA

CdA FRANE

Al campione di ponti è stato quindi applicato il **metodo di classificazione di Livello 2** dell'approccio multilivello, ottenendo i primi risultati in termini di classe di attenzione strutturale e fondazionale.





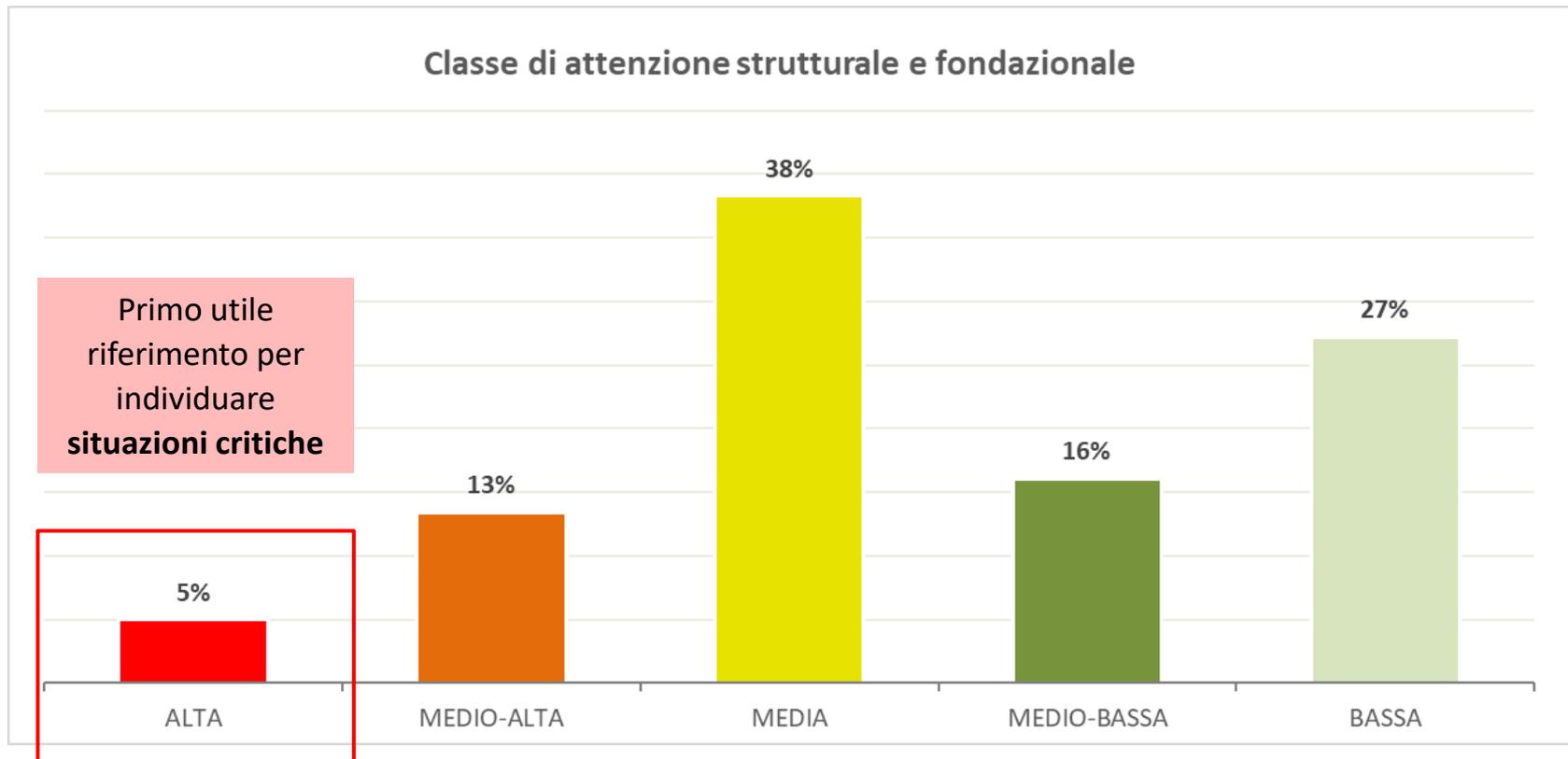
Livello 2

Campione di 261 PONTI



Classi di attenzione strutturale e fondazionale

I 261 ponti sono stati classificati secondo l'approccio per flussi logici, presentato nelle Linee Guida, in **5 Classi di Attenzione strutturale e fondazionale**, da Bassa ad Alta, mediante la combinazione di parametri di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione, determinabili dall'elaborazione dei **dati raccolti nel censimento di Livello 0 e durante le ispezioni visive di Livello 1**.





Livello **2**

Campione di 261 PONTI



Classi di attenzione strutturale e fondazionale

Esempi ponti in classe di Attenzione **ALTA**



Ponte stradale a travate in c.a.p. a cavi pre-tesi

Sul ponte sono stati effettuati **interventi di messa in sicurezza**, a seguito dell'ispezione visiva.



Ponte stradale a volte in muratura

A seguito dell'ispezione visiva, sulla strada servita dal ponte è stato imposto un **senso unico alternato**.



Ponte stradale a travate in acciaio

A seguito dell'ispezione visiva, l'opera è stata **segnalata** in quanto necessari interventi o provvedimenti immediati.



Livello 2

Campione di 261 PONTI



Classi di attenzione strutturale e fondazionale



Valutazione della Cda strutturale e fondazionale di 2 ponti estratti dal campione dei 261 ponti

Caso studio 1

Ponte a travate in c.a.



Caso studio 2

Ponte con volte massicce in c.a.





Livello 2

Campione di 261 PONTI



Classi di attenzione strutturale e fondazionale



Valutazione della Cda strutturale e fondazionale di 2 ponti estratti dal campione dei 261 ponti

Caso studio 1

Ponte a travate in c.a.



Caso studio 2

Ponte con volte massicce in c.a.



Esempio di applicazione



Caso studio 1

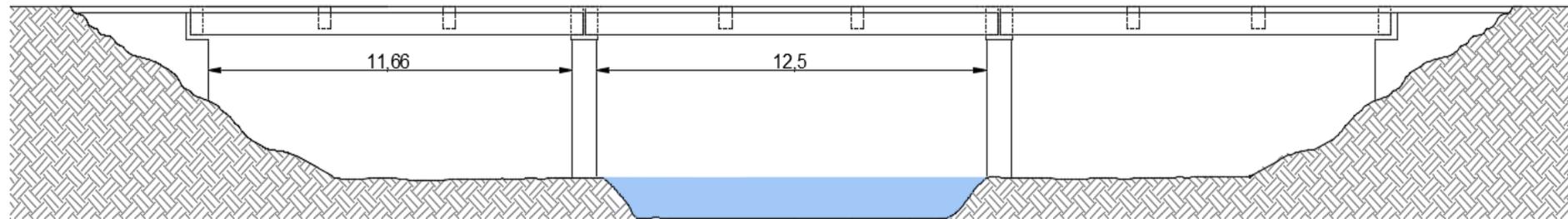
Ponte a travate in c.a.

Livello 0

Censimento/Geolocalizzazione



Ponte a **3 campate** con impalcato a **travate in calcestruzzo armato**, semplicemente appoggiate su spalle e pile, anch'esse in calcestruzzo armato, e di **lunghezza complessiva pari a 37 m**.



Materiale	C.a.
Schema statico	Travi appoggiate
Epoca di costruzione (stimata)	1940
Lunghezza totale	circa 37 m
N° campate	3
Luce media campata	circa 12 m
Progetto originale	Non disponibile

Categoria di progetto *	II categoria
Limitazioni di transito	Assenti
TGMp su singola corsia	474 veicoli/giorno
TGM su intera carreggiata	10191 veicoli/giorno
Presenza alternative stradali	Si
Tipologia ente scavalcato	Canale

*(secondo le norme dell'epoca di progettazione)

Esempio di applicazione



Caso studio 1

Ponte a travate in c.a.

Livello 1

Ispezioni visive e schede di difettosità



Fenomeni di **dilavamento** e **macchie di umidità** in corrispondenza di **scarichi corti**

Distacchi di copriferro e **armature e staffe scoperte e ossidate** su travi longitudinali e all'intradosso della soletta



Esempio di applicazione



Caso studio 1 Ponte a travate in c.a.

Livello 2
CdA strutturale e fondazionale

CLASSE DI PERICOLOSITA'

TGMp su singola corsia

474 veicoli/giorno

Limitazioni di transito

Assenti

Frequenza passaggi veicoli commerciali

Alta	Media	Bassa
≥ 700 veicoli/giorno	300 < veicoli /giorno < 700	≤ 300 veicoli/giorno

	Frequenza passaggi di veicoli commerciali		
	Alta	Media	Bassa
Classe A <i>Carichi di progetto previsti dalle Norme Tecniche</i>	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA
Classe B <i>Limitazione di carico a 44 t</i>	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIA
Classe C <i>Limitazione di carico a 26 t</i>	MEDIO-ALTA	MEDIA	MEDIO-BASSA
Classe D <i>Limitazione di carico a 8,0 t</i>	MEDIA	MEDIO-BASSA	BASSA
Classe E <i>Limitazione di carico a 3,5 t</i>	BASSA		

Esempio di applicazione



Caso studio 1 Ponte a travate in c.a.

Livello 2
CdA strutturale e fondazionale



CLASSE DI VULNERABILITA'



Livello di difettosità

ALTO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di qualsiasi intensità su elementi critici (selle Gerber, appoggi, cavi di precompressione, fondazioni scalzate) o presenza di condizioni critiche (quadri fessurativi molto estesi ed intensi, cinematismi in atto, incipiente perdita di appoggio)
MEDIO-ALTO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di intensità elevata su elementi la cui crisi può compromettere la statica dell'opera
MEDIO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di intensità elevata su elementi la cui crisi non può compromettere il comportamento statico globale dell'opera e difetti di gravità alta ($G=5$) e di intensità medio-bassa
MEDIO-BASSO	Difetti di gravità medio-alta ($G=4$) con intensità medio-bassa e difetti di gravità media e bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$) e di qualsiasi intensità, in numero elevato
BASSO	Difetti di gravità media e bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$) e di qualsiasi intensità, in numero esiguo

Esempio di applicazione



Caso studio 1

Ponte a travate in c.a.

Livello 2
CdA strutturale e fondazionale



CLASSE DI VULNERABILITA'

Materiale	C.a.	N° campate	3
Schema statico	Travi appoggiate	Luce media campata	circa 12 m
Epoca di costruzione (stimata)	1940	Progetto originale	Non disponibile
Lunghezza totale	circa 37 m	Categoria di progetto	Il categoria

Rapidità di evoluzione del degrado

≤ 1945	Periodo di costruzione o dell'ultimo intervento di manutenzione significativo antecedente al 1945
1945 - 1980	Periodo di costruzione o dell'ultimo intervento di manutenzione significativo compreso tra il 1945 e il 1980
≥ 1980	Periodo di costruzione o dell'ultimo intervento di manutenzione significativo posteriore al 1980

Esempio di applicazione



Caso studio 1

Ponte a travate in c.a.

Livello 2

CdA strutturale e fondazionale



CLASSE DI VULNERABILITA'

Materiale	C.a.	N° campate	3
Schema statico	Travi appoggiate	Luce media campata	circa 12 m
Epoca di costruzione (stimata)	1940	Progetto originale	Non disponibile
Lunghezza totale	circa 37 m	Categoria di progetto	II categoria

Norma di progettazione

Classe A	Ponti di I^a categoria progettati con norme pubblicate antecedentemente al 1952 ; ponti di II^a categoria progettati con norme pubblicate antecedentemente al 1990 .
Classe B	Ponti di I^a categoria progettati con norme pubblicate dal 1952 al 1990 , inclusi, per luci inferiori ai 10 m e con norme dal 1962 al 2005 , inclusi, per luci superiori ai 10 m ; ponti di II^a categoria progettati con le norme pubblicate nel 1990 per luci inferiori ai 10 m e con norme dal 1990 al 2005 , inclusi, per luci superiori ai 10 m .
Classe C	Ponti di I^a e II^a categoria progettati con norme pubblicate dal 2005 , incluso, ad oggi per luci inferiori ai 10 m e con norme dal 2008 , incluso, ad oggi per luci superiori ai 10 m .

Esempio di applicazione



Caso studio 1

Ponte a travate in c.a.

Livello 2
CdA strutturale e fondazionale



CLASSE DI VULNERABILITA'

Materiale	C.a.	N° campate	3
Schema statico	Travi appoggiate	Luce media campata	circa 12 m
Epoca di costruzione (stimata)	1940	Progetto originale	Non disponibile
Lunghezza totale	circa 37 m	Categoria di progetto	Il categoria

Schema statico, luce, materiale e numero di campate

Tipologia	Materiale	CLASSI DI VULNERABILITA' schema statico, luce e materiale			
		$L \leq 5 \text{ m}$	$5 \text{ m} < L < 15 \text{ m}$	$15 \text{ m} \leq L < 25 \text{ m}$	$L \geq 25 \text{ m}$
Travate appoggiate	C.a.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
	C.a.p.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA	MEDIO-ALTA
	Acciaio	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA
	Metallo (<i>ponti storici</i>)	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
	Legno	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA
	Misto	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIO-ALTA	ALTA
...

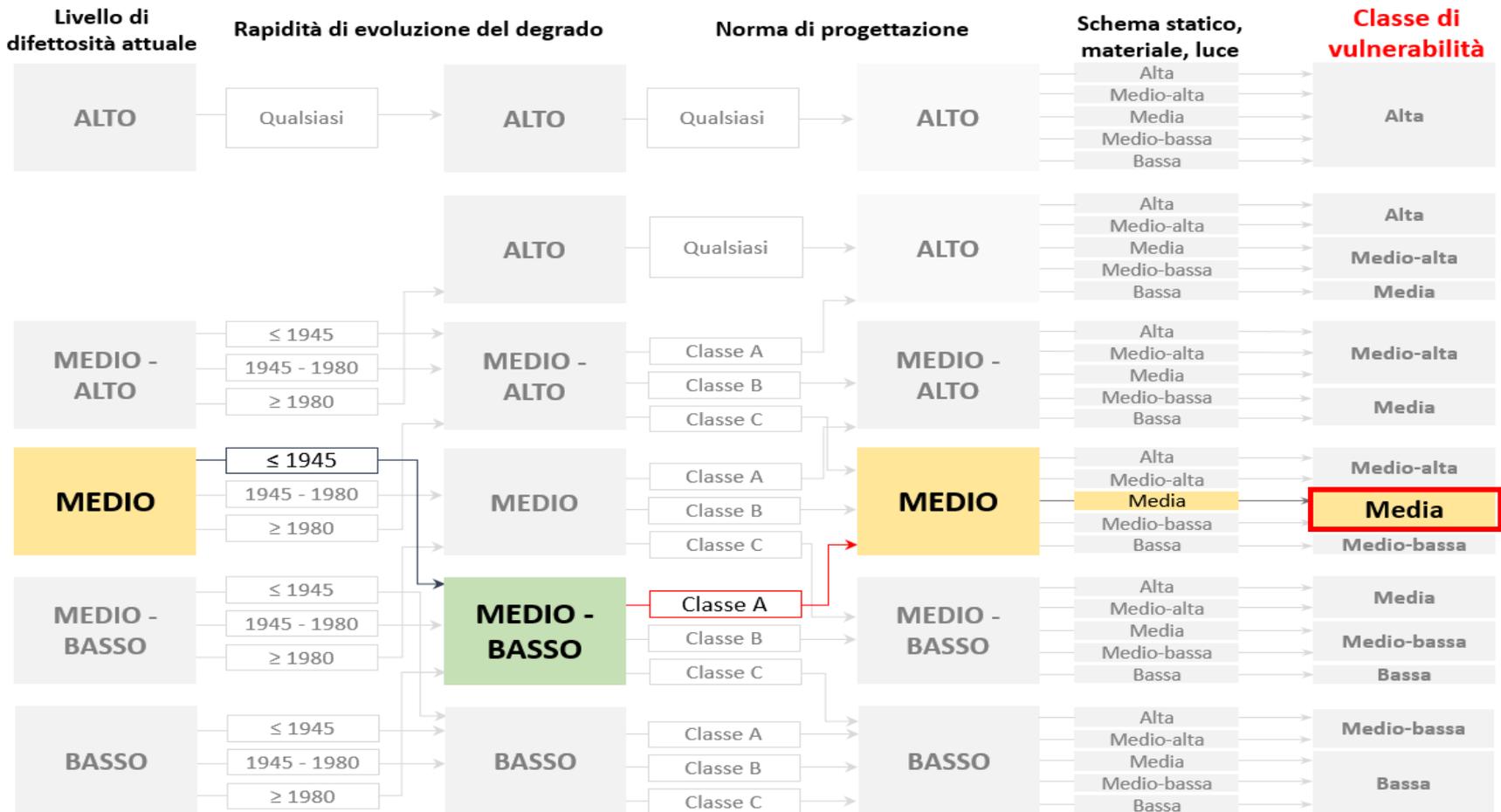
Esempio di applicazione



Caso studio 1 Ponte a travate in c.a.

Livello 2
CdA strutturale e fondazionale

CLASSE DI VULNERABILITA'



Esempio di applicazione



Caso studio 1 Ponte a travate in c.a.

Livello 2
CdA strutturale e fondazionale 

CLASSE DI ESPOSIZIONE

TGM su intera carreggiata	10191 veicoli/giorno
Presenza alternative stradali	Si
Tipologia ente scavalcato	Canale

Livello di Traffico Giornaliero Medio e luce della campata

Alto	Medio	Basso
≥ 25000 veicoli/giorno	10000 < veicoli /giorno < 25000	≤ 10000 veicoli/giorno

Luce campata	Livello di TGM		
	Alto	Medio	Basso
Grande luce	Alta	Medio-Alta	Media
Media luce	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa
Piccola luce	Media	Medio-Bassa	Bassa

- *Grande luce:* per ponti con campate di luce media **superiore a 50 m**;
- *Media luce:* per ponti con campate di luce media **compresa tra 20 m e 50 m, incluso**;
- *Piccola luce:* per ponti con campate di luce media **inferiore a 20 m, incluso**.

Esempio di applicazione



Caso studio 1

Ponte a travate in c.a.

Livello 2
CdA strutturale e fondazionale



CLASSE DI ESPOSIZIONE

TGM su intera carreggiata	10191 veicoli/giorno
Presenza alternative stradali	Si
Tipologia ente scavalcato	Canale

Tipologia di ente scavalcato

ALTA	Ente scavalcato il cui uso preveda affollamenti significativi e/o con funzioni pubbliche e sociali essenziali e/o la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e/o enti di elevato valore naturalistico, economico e sociale (Ferrovia, zona edificata/antropizzata, etc.)
MEDIA	Ente scavalcato il cui uso preveda normali affollamenti , senza funzioni pubbliche e sociali essenziali , la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza e/o enti con limitato valore naturalistico, economico e sociale (strade a viabilità secondaria, corsi d'acqua, laghi, etc.)
BASSA	Ente scavalcato con presenza occasionale di persone e privi di valore naturalistico, economico e sociale (discontinuità naturali, depressioni del terreno, etc.)

Esempio di applicazione

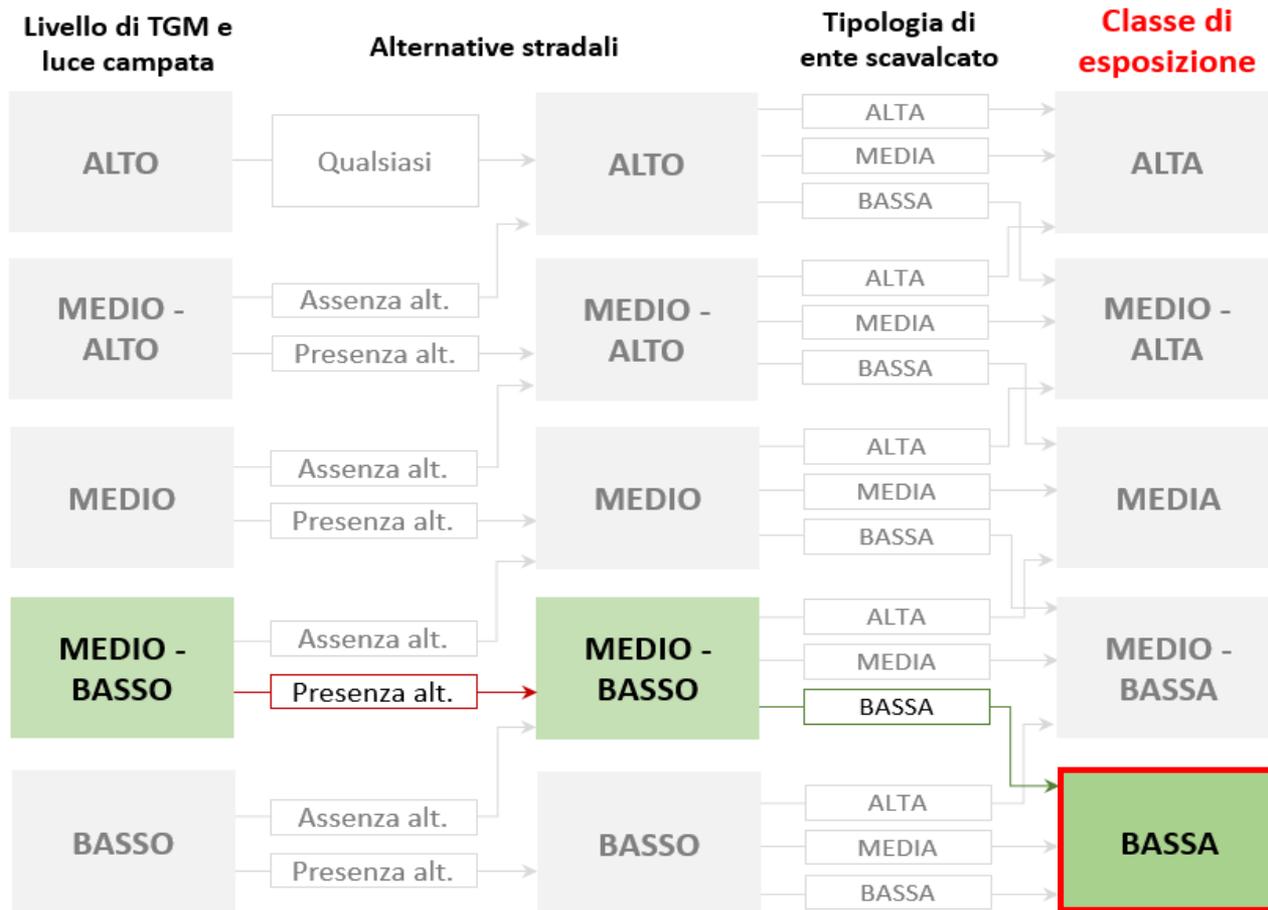


Caso studio 1

Ponte a travate in c.a.

Livello 2
CdA strutturale e fondazionale 

CLASSE DI ESPOSIZIONE



Esempio di applicazione



Caso studio 1
Ponte a travate in c.a.

Livello 2 
 CdA strutturale e fondazionale

CLASSE DI PERICOLOSITA' **ALTA**

CLASSE DI VULNERABILITA' **MEDIA**

CLASSE DI ESPOSIZIONE **BASSA**



**CdA STRUTTURALE E
 FONDAZIONALE
 MEDIA**

*Classe di pericolosità **ALTA***

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta				
	Medio-Alta	Alta		Medio-Alta		
	Media	Alta	Medio-Alta		Media	
	Medio-Bassa	Medio-Alta	Media			
	Bassa	Medio-Alta	Media		Medio-Bassa	



Livello 2

Campione di 261 PONTI



Classi di attenzione strutturale e fondazionale



Valutazione della Cda strutturale e fondazionale di 2 ponti estratti dal campione dei 261 ponti

Caso studio 1

Ponte a travate in c.a.

Caso studio 2

Ponte con volte massicce in c.a.



Esempio di applicazione



Caso studio 2

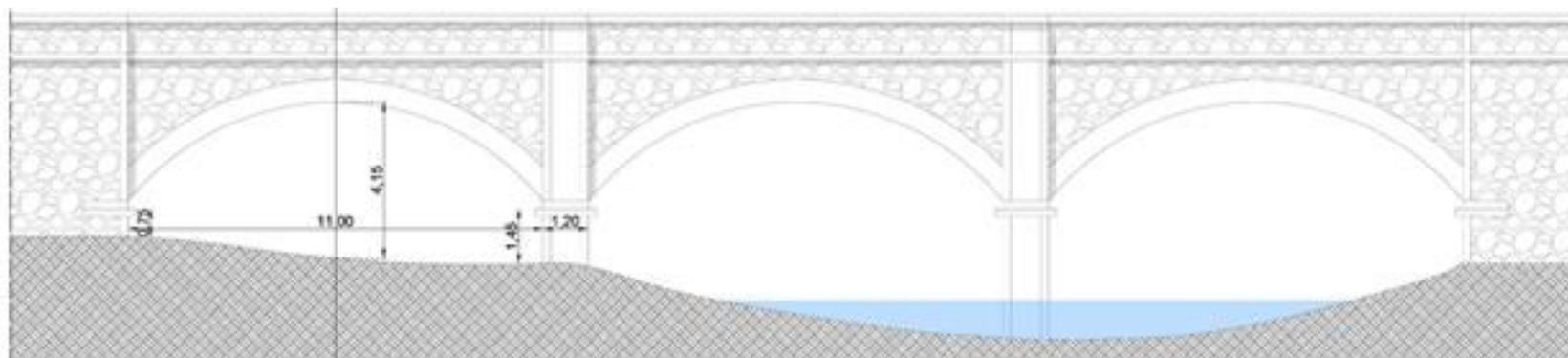
Ponte con volte massicce in c.a.

Livello 0

Censimento/Geolocalizzazione



Ponte costituito da **3 volte massicce in calcestruzzo** che si innestano su pile e spalle in muratura di pietra squadrata, e di luce complessiva pari a circa **38 m**.



Materiale	C.a.	Categoria di progetto *	II categoria
Schema statico	Arco massiccio	Limitazioni di transito	Assenti
Epoca di costruzione (stimata)	1950	TGMp su singola corsia	23 veicoli/giorno
Lunghezza totale	circa 38 m	TGM su intera carreggiata	519 veicoli/giorno
N° campate	3	Presenza alternative stradali	Si
Luce media campata	circa 12,50 m	Tipologia ente scavalcato	Corso d'acqua
Progetto originale	Non disponibile		

**(secondo le norme dell'epoca di progettazione)*

Esempio di applicazione



Caso studio 2

Ponte con volte massicce in c.a.

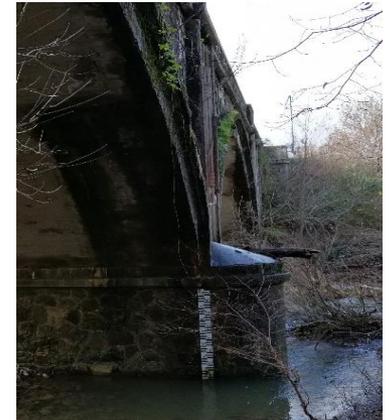
Livello 1

Ispezioni visive e schede di difettosità



Fenomeni di **dilavamento**, **croste nere**, **tracce di scolo** e **macchie di umidità**

Limitati distacchi di copriferro, **lesioni capillari** su volta e muri d'ala



Esempio di applicazione



Caso studio 2 Ponte con volte massicce in c.a.

Livello 2
CdA strutturale e fondazionale

CLASSE DI PERICOLOSITA'

TGMp su singola corsia | 23 veicoli/giorno
Limitazioni di transito | Assenti

Frequenza passaggi veicoli commerciali		
Alta	Media	Bassa
≥ 700 veicoli/giorno	300 < veicoli /giorno < 700	≤ 300 veicoli/giorno

	Frequenza passaggi di veicoli commerciali		
	Alta	Media	Bassa
Classe A <i>Carichi di progetto previsti dalle Norme Tecniche</i>	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA
Classe B <i>Limitazione di carico a 44 t</i>	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIA
Classe C <i>Limitazione di carico a 26 t</i>	MEDIO-ALTA	MEDIA	MEDIO-BASSA
Classe D <i>Limitazione di carico a 8,0 t</i>	MEDIA	MEDIO-BASSA	BASSA
Classe E <i>Limitazione di carico a 3,5 t</i>	BASSA		

Esempio di applicazione

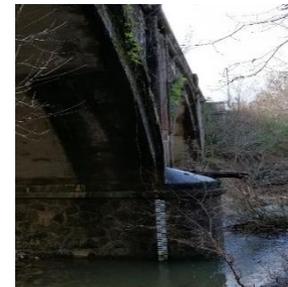


Caso studio 2 Ponte con volte massicce in c.a.

Livello 2
CdA strutturale e fondazionale



CLASSE DI VULNERABILITA'



Livello di difettosità

ALTO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di qualsiasi intensità su elementi critici (selle Gerber, appoggi, cavi di precompressione, fondazioni scalzate) o presenza di condizioni critiche (quadri fessurativi molto estesi ed intensi, cinematismi in atto, incipiente perdita di appoggio)
MEDIO-ALTO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di intensità elevata su elementi la cui crisi può compromettere la statica dell'opera
MEDIO	Difetti di gravità alta o medio-alta ($G=5$ o $G=4$) e di intensità elevata su elementi la cui crisi non può compromettere il comportamento statico globale dell'opera e difetti di gravità alta ($G=5$) e di intensità medio-bassa
MEDIO-BASSO	Difetti di gravità medio-alta ($G=4$) con intensità medio-bassa e difetti di gravità media e bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$) e di qualsiasi intensità, in numero elevato
BASSO	Difetti di gravità media e bassa ($G=3$, $G=2$, $G=1$) e di qualsiasi intensità, in numero esiguo

Esempio di applicazione



Caso studio 2

Ponte con volte massicce in c.a.

Livello 2

CdA strutturale e fondazionale



CLASSE DI VULNERABILITA'

Materiale	C.a.	N° campate	3
Schema statico	Arco massiccio	Luce media campata	circa 12,50 m
Epoca di costruzione (stimata)	1950	Progetto originale	Non disponibile
Lunghezza totale	circa 38 m	Categoria di progetto	Il categoria

Rapidità di evoluzione del degrado

≤ 1945	Periodo di costruzione o dell'ultimo intervento di manutenzione significativo antecedente al 1945
1945 - 1980	Periodo di costruzione o dell'ultimo intervento di manutenzione significativo compreso tra il 1945 e il 1980
≥ 1980	Periodo di costruzione o dell'ultimo intervento di manutenzione significativo posteriore al 1980

Esempio di applicazione



Caso studio 2

Ponte con volte massicce in c.a.

Livello 2

CdA strutturale e fondazionale



CLASSE DI VULNERABILITA'

Materiale	C.a.	N° campate	3
Schema statico	Arco massiccio	Luce media campata	circa 12,50 m
Epoca di costruzione (stimata)	1950	Progetto originale	Non disponibile
Lunghezza totale	circa 38 m	Categoria di progetto	II categoria

Norma di progettazione

Classe A	Ponti di I^a categoria progettati con norme pubblicate antecedentemente al 1952 ; ponti di II^a categoria progettati con norme pubblicate antecedentemente al 1990 .
Classe B	Ponti di I^a categoria progettati con norme pubblicate dal 1952 al 1990 , inclusi, per luci inferiori ai 10 m e con norme dal 1962 al 2005 , inclusi, per luci superiori ai 10 m ; ponti di II^a categoria progettati con le norme pubblicate nel 1990 per luci inferiori ai 10 m e con norme dal 1990 al 2005 , inclusi, per luci superiori ai 10 m .
Classe C	Ponti di I^a e II^a categoria progettati con norme pubblicate dal 2005 , incluso, ad oggi per luci inferiori ai 10 m e con norme dal 2008 , incluso, ad oggi per luci superiori ai 10 m .

Esempio di applicazione



Caso studio 2

Ponte con volte massicce in c.a.

Livello 2

CdA strutturale e fondazionale

CLASSE DI VULNERABILITA'

Materiale	C.a.	N° campate	3
Schema statico	Arco massiccio	Luce media campata	circa 12,50 m
Epoca di costruzione (stimata)	1950	Progetto originale	Non disponibile
Lunghezza totale	circa 38 m	Categoria di progetto	Il categoria

Schema statico, luce, materiale e numero di campate

Tipologia	Materiale	CLASSI DI VULNERABILITA' schema statico, luce e materiale			
		$L \leq 5 \text{ m}$	$5 \text{ m} < L < 15 \text{ m}$	$15 \text{ m} \leq L < 25 \text{ m}$	$L \geq 25 \text{ m}$
Arco massiccio	Muratura	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA
	C.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA
Arco sottile	C.a.	MEDIO-BASSA	MEDIA	MEDIA	MEDIO-ALTA
Travate Gerber / Ponti a stampella con travi tampone	C.a.	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	C.a.p.	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
...

Esempio di applicazione

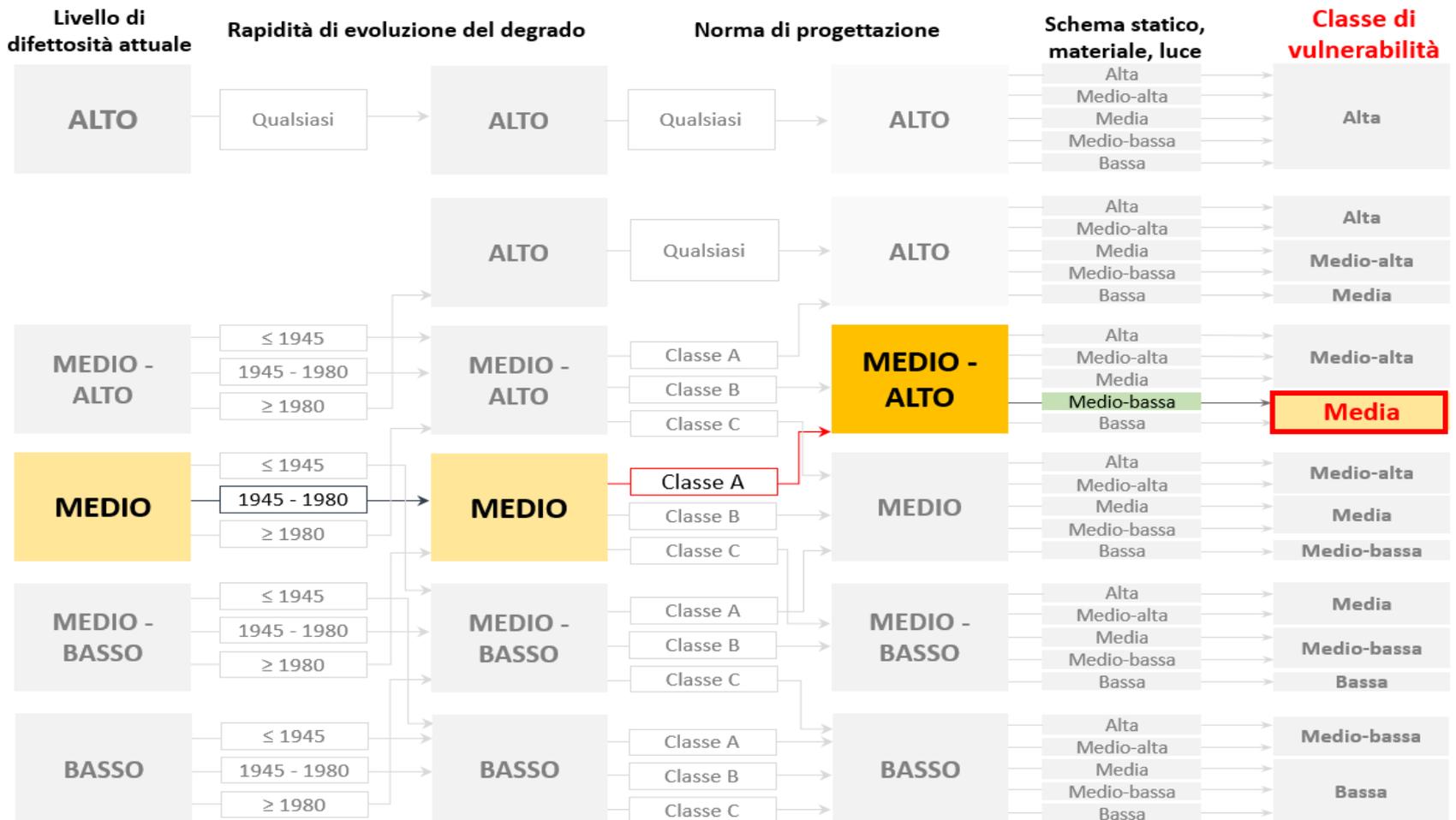


Caso studio 2

Ponte con volte massicce in c.a.

Livello 2
CdA strutturale e fondazionale

CLASSE DI VULNERABILITA'



Esempio di applicazione



Caso studio 2 Ponte con volte massicce in c.a.

Livello 2

CdA strutturale e fondazionale

CLASSE DI ESPOSIZIONE

TGM su intera carreggiata	519 veicoli/giorno
Presenza alternative stradali	Si
Tipologia ente scavalcato	Corso d'acqua

Livello di Traffico Giornaliero Medio e luce della campata

Alto	Medio	Basso
≥ 25000 veicoli/giorno	10000 < veicoli /giorno < 25000	≤ 10000 veicoli/giorno

Luce campata	Livello di TGM		
	Alto	Medio	Basso
Grande luce	Alta	Medio-Alta	Media
Media luce	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa
Piccola luce	Media	Medio-Bassa	Bassa

- *Grande luce:* per ponti con campate di luce media **superiore a 50 m**;
- *Media luce:* per ponti con campate di luce media **compresa tra 20 m e 50 m, incluso**;
- *Piccola luce:* per ponti con campate di luce media **inferiore a 20 m, incluso**.

Esempio di applicazione



Caso studio 2

Ponte con volte massicce in c.a.

Livello 2

CdA strutturale e fondazionale



CLASSE DI ESPOSIZIONE

TGM su intera carreggiata

519 veicoli/giorno

Presenza alternative stradali

Si

Tipologia ente scavalcato

Corso d'acqua

Tipologia di ente scavalcato

ALTA

Ente scavalcato il cui uso preveda **affollamenti significativi** e/o con **funzioni pubbliche e sociali essenziali** e/o la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e/o enti di **elevato valore** naturalistico, economico e sociale (Ferrovia, zona edificata/antropizzata, etc.)

MEDIA

Ente scavalcato il cui uso preveda **normali affollamenti**, **senza funzioni pubbliche e sociali essenziali**, la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza e/o enti con **limitato valore** naturalistico, economico e sociale (strade a viabilità secondaria, corsi d'acqua, laghi, etc.)

BASSA

Ente scavalcato con **presenza occasionale di persone** e **privi di valore** naturalistico, economico e sociale (discontinuità naturali, depressioni del terreno, etc.)

Esempio di applicazione

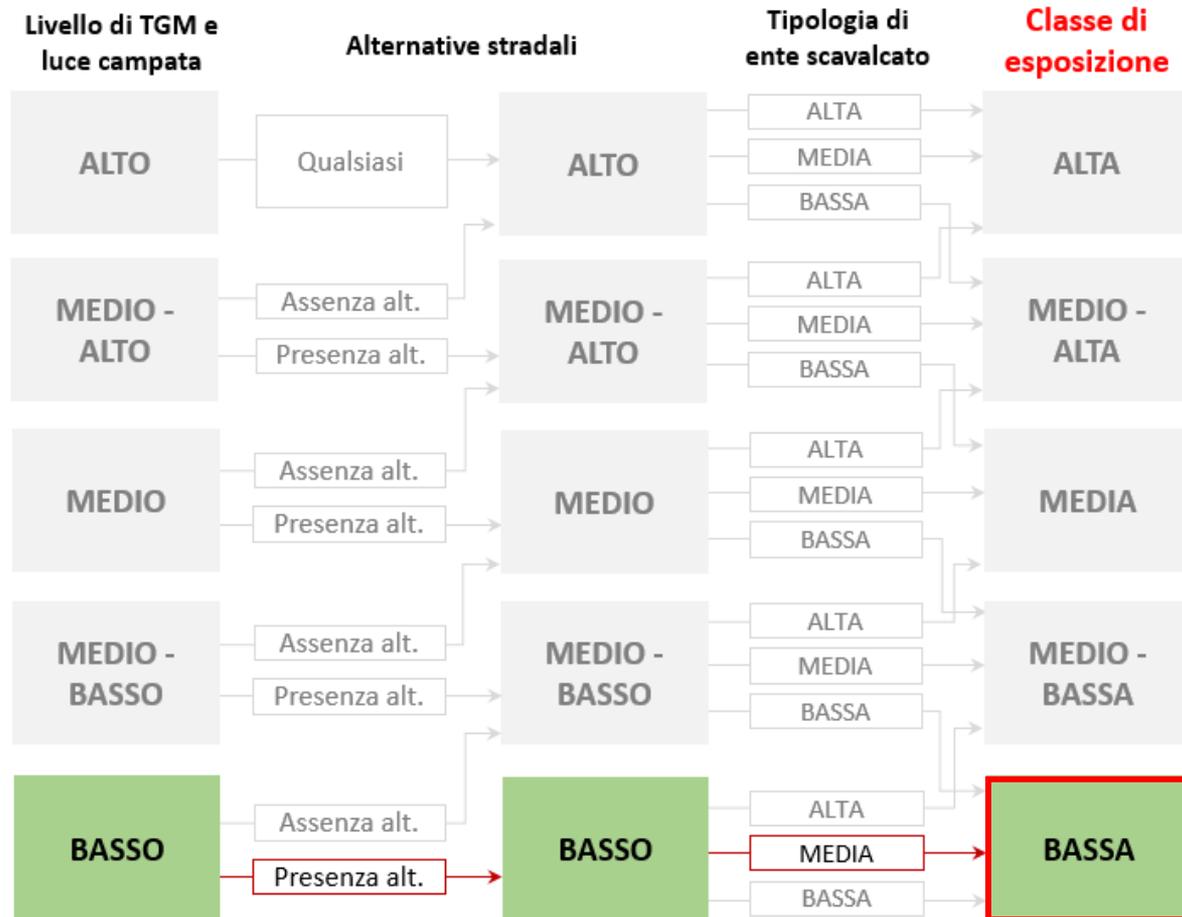


Caso studio 2

Ponte con volte massicce in c.a.

Livello 2
CdA strutturale e fondazionale

CLASSE DI ESPOSIZIONE



Esempio di applicazione



Caso studio 2
Ponte con volte massicce in c.a.

Livello 2 
 CdA strutturale e fondazionale

CLASSE DI PERICOLOSITA' **MEDIO-ALTA**

CLASSE DI VULNERABILITA' **MEDIA**

CLASSE DI ESPOSIZIONE **BASSA**



**CdA STRUTTURALE E
 FONDAZIONALE**
MEDIA

*Classe di pericolosità **MEDIO-ALTA***

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta				
	Medio-Alta	Alta	Medio-Alta			Media
	Media	Medio-Alta		Media		
	Medio-Bassa	Media			Medio-Bassa	
	Bassa	Media		Medio-Bassa		Bassa

Esempio di applicazione



Caso studio 1

Ponte a travate in c.a.

CdA STRUTTURALE E
FONDAZIONALE
MEDIA



Caso studio 2

Ponte con volte massicce in c.a.

CdA STRUTTURALE E
FONDAZIONALE
MEDIA

Conclusioni

- La classe di attenzione strutturale e fondazionale deve essere poi combinata con la **classe di attenzione sismica** e quelle legate al **rischio frane e idraulico**, al fine di ottenere la classe di attenzione complessiva dei ponti, che guiderà la programmazione delle successive attività.
- Dai due esempi riportati, è palese l'elevata **semplicità di applicazione**, nonostante i parametri considerati siano numerosi e di diverso tipo. Ciò rende il **metodo fruibile** a enti amministrativi di qualsiasi livello, a partire dalle piccole realtà comunali o provinciali a più grandi società di gestione delle infrastrutture.
- L'utilizzo di **flussi logici di immediata lettura e comprensione** consente comunque di individuare **l'influenza dei diversi parametri** nella classificazione finale, e quindi di meglio indirizzare le successive valutazioni e approfondimenti.



CONSIGLIO NAZIONALE **INGEGNERI**

Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Prof. Ing. Walter Salvatore
Ing. Antonella Cosentino

Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale
Università di Pisa

Webinar 27/05/2020