

# SVILUPPO DEL QUADRO NORMATIVO SULLA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ED IL MONITORAGGIO DELLE GALLERIE ESISTENTI

Smart Infrastructures Academy

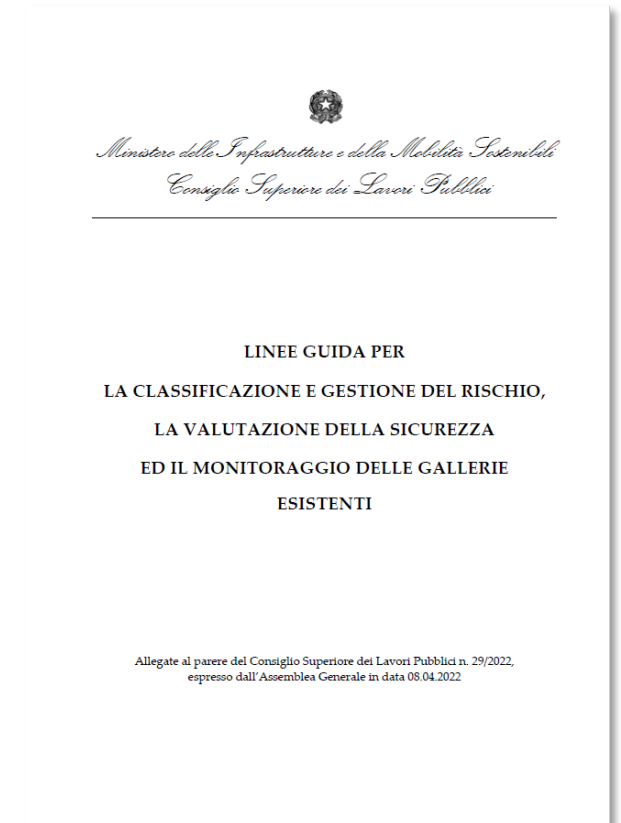
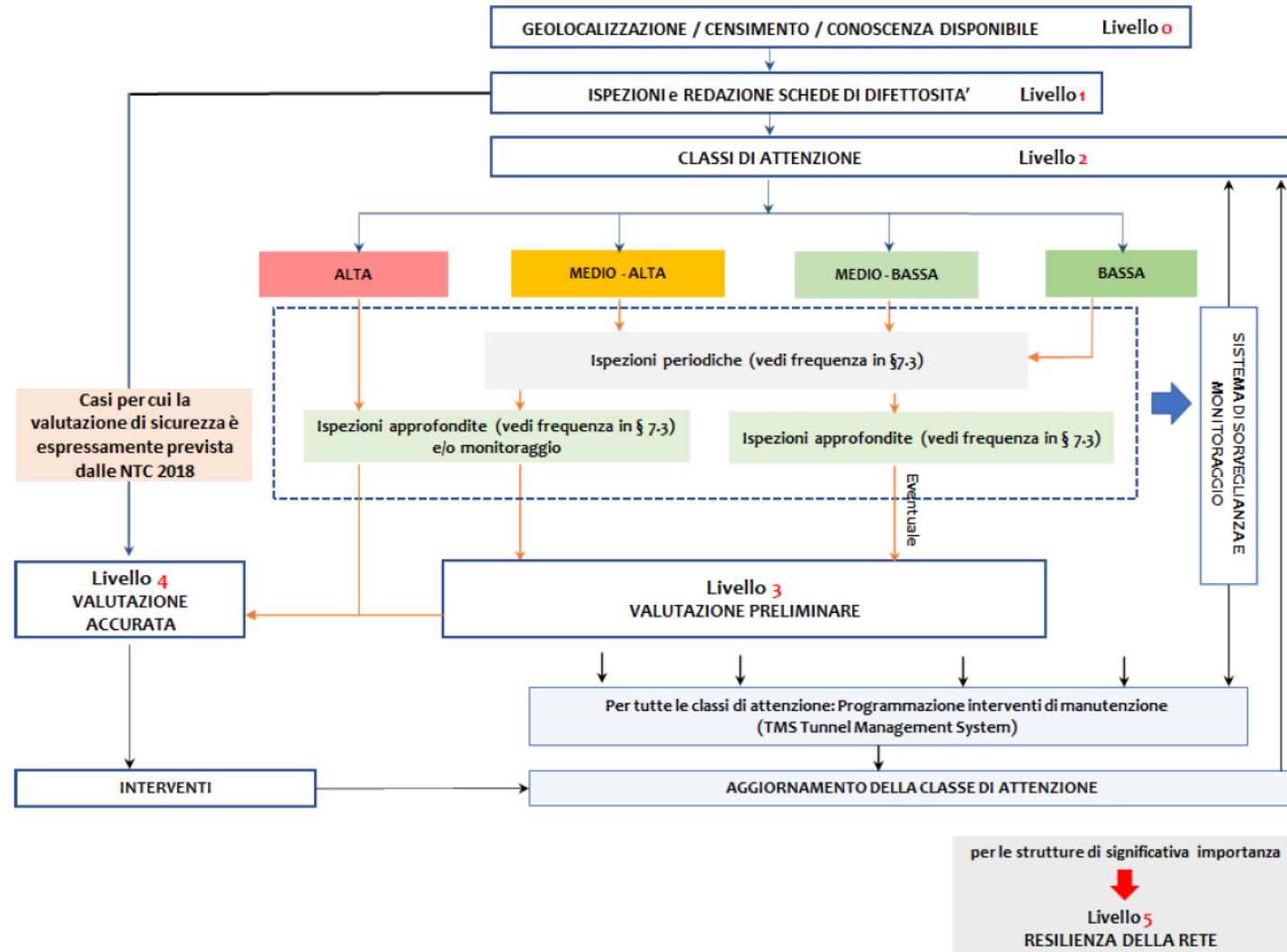
---

Andrea Carigi



**Politecnico  
di Torino**

# La sorveglianza delle opere d'arte infrastrutturali

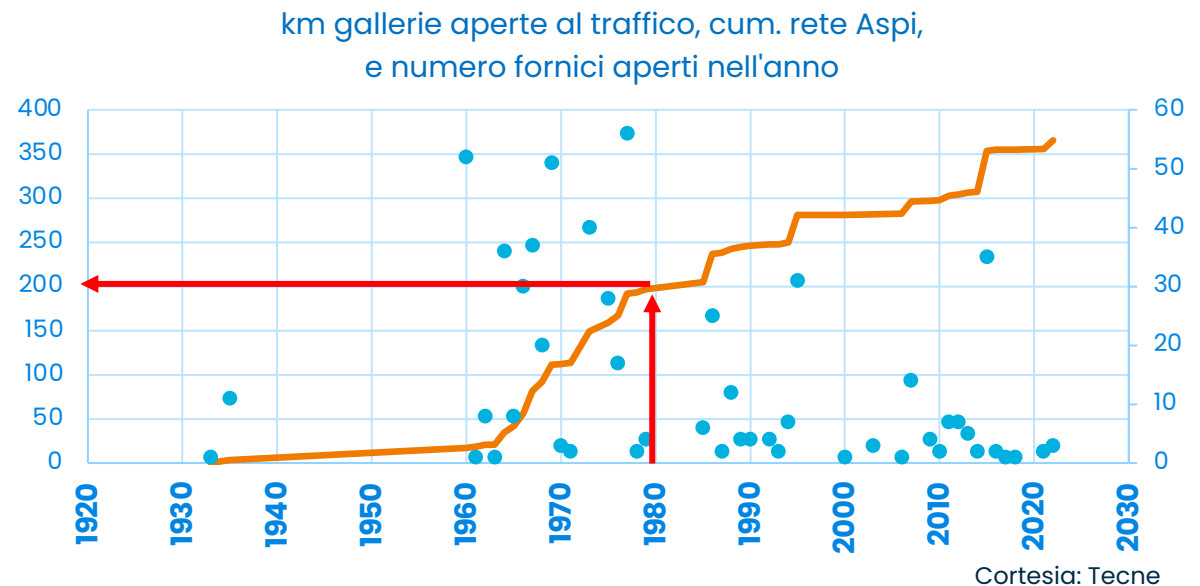


# La sorveglianza delle opere d'arte infrastrutturali

La **sorveglianza** e la **manutenzione** delle gallerie un tema centrale per tutti i paesi dotati di un patrimonio infrastrutturale **datato**.

Lo sviluppo della rete autostradale italiana ha avuto il suo periodo di **sviluppo** massimo **negli anni '60 e '70**.

Per esempio sulla rete ASPI a fine anni '70 erano aperti il 70% dei fornici attuali e il 55% della lunghezza attuale sulla rete (415 fornici e 200 km).



# La sorveglianza delle opere d'arte infrastrutturali

**Come sorvegliare lo stato di salute e programmare le manutenzioni necessarie questo patrimonio infrastrutturale?**



# Circolare Min. LL.PP. CONTROLLO DELLE CONDIZIONI DI STABILITA' DELLE OPERE D'ARTE STRADALI n.6736-61-A1 del 19 Luglio 1967

La **prima norma ministeriale** che ha affrontato in maniera sistematica gli aspetti relativi al controllo della stabilità delle opere d'arte stradali, e al loro monitoraggio nel tempo nell'ambito di una attività strutturata di sorveglianza, **risale al 1967**.

Con Circolare del 19/7/1967 il Ministero dei Lavori Pubblici affronta il tema del **controllo della stabilità** delle grandi opere infrastrutturali e della **sorveglianza**.



# Circolare Min. LL.PP. CONTROLLO DELLE CONDIZIONI DI STABILITA' DELLE OPERE D'ARTE STRADALI n.6736-61-A1 del 19 Luglio 1967

La Sorveglianza deve essere  
**periodica e sistematica**

OGGETTO: Controllo delle condizioni di stabilità delle opere d'arte stradali.

## 1. — PREMESSA.

Recenti gravi avvenimenti interessanti la stabilità di opere d'arte e manufatti stradali ripropongono la considerazione della necessità di organizzare nel modo più efficiente il necessario controllo periodico delle condizioni statiche delle opere stesse.

La presente circolare intende mettere a fuoco il problema della sorveglianza assidua, agile, sistematica del patrimonio di opere d'arte stradali, ai fini essenziali della pubblica incolumità, senza escludere gli aspetti economici della buona conservazione di tale patrimonio, e nell'interesse stesso, quindi, delle Amministrazioni, delle Società e degli Enti responsabili, proprietari, gestori o concessionari di strade e di autostrade (e dei loro Funzionari) ai quali compete la piena responsabilità dell'esercizio e della manutenzione delle strade e delle autostrade.

# Circolare Min. LL.PP. CONTROLLO DELLE CONDIZIONI DI STABILITA' DELLE OPERE D'ARTE STRADALI n.6736-61-A1 del 19 Luglio 1967

Istituzione delle  
**ispezioni trimestrali**  
sistematiche

Indipendentemente, però, dalle segnalazioni e dalle informazioni (eventuali) del personale addetto alla manutenzione, i capireparto, i geometri addetti alla zona, i tecnici di tronco o capizona, effettuano una volta almeno ogni trimestre un'ispezione a tutti i manufatti di loro pertinenza, per accertare lo stato di consistenza e di conservazione delle strutture, nonché eventuali dissesti che dovessero apparire alle parti visibili dei manufatti.

A seguito di ogni ispezione trimestrale (o più frequente ove le circostanze lo richiedessero) deve essere redatto un rapporto sintetico quanto possibile ed esteso e particolareggiato quanto necessario, da conservare cronologicamente nell'apposito fascicolo intitolato « Controllo periodico stabilità opere d'arte » da istituire appositamente, come precisato nel capitolo seguente.

# Circolare Min. LL.PP. CONTROLLO DELLE CONDIZIONI DI STABILITA' DELLE OPERE D'ARTE STRADALI n.6736-61-A1 del 19 Luglio 1967

Istituzione delle  
**ispezioni trimestrali**  
sistematiche

Indipendentemente, però, dalle segnalazioni e dalle informazioni (eventuali) del personale addetto alla manutenzione, i capireparto, i geometri addetti alla zona, i tecnici di tronco o capizona, effettuano una volta almeno ogni trimestre un'ispezione a tutti i manufatti di loro pertinenza, per accertare lo stato di consistenza e di conservazione delle strutture, nonché eventuali dissesti che dovessero apparire alle parti visibili dei manufatti.

A seguito di ogni ispezione trimestrale (o più frequente ove le circostanze lo richiedessero) deve essere redatto un rapporto sintetico quanto possibile ed esteso e particolareggiato quanto necessario, da conservare cronologicamente nell'apposito fascicolo intitolato « Controllo periodico stabilità opere d'arte » da istituire appositamente, come precisato nel capitolo seguente.

Istituzione delle  
**Ispezioni annuali**  
approfondite

Un esame generale e completo dei manufatti più importanti deve essere, poi, eseguito dai predetti Ingegneri di zona o di tronco, almeno una volta all'anno, avuto riguardo anche alla vetustà delle opere ed al tipo di struttura resistente, mediante anche saggi ed ispezioni, ove occorrono, alle parti non visibili ricadenti a quota inferiore a quella del terreno.

# Circolare Min. LL.PP. CONTROLLO DELLE CONDIZIONI DI STABILITA' DELLE OPERE D'ARTE STRADALI n.6736-61-A1 del 19 Luglio 1967

Istituzione del **fascicolo dell'opera**

«...disegni, grafici, fotografie, rapporti e relazioni [...] epoca della costruzione, impresa, caratteristiche principali, date delle riparazioni, delle eventuali ricostruzioni [...] ogni altra notizia o fatto suscettibile di facilitare [...] l'opera di manutenzione, di riparazione o di ricostruzione»

## 5. — DOCUMENTAZIONE.

Tutti i rapporti e le relazioni citati nel precedente capitolo sono conservati presso ogni Amministrazione, Società od Ente proprietario, gestore o concessionario di strade ed autostrade.

Per ogni strada, tronco stradale od itinerario è istituito uno speciale fascicolo intitolato « Controllo periodico stabilità opere d'arte - strada... ». In esso sono custodite cartelle minori, ciascuna riguardante un manufatto, disposte nell'ordine del senso delle progressive chilometriche.

Ogni cartella comprende la documentazione disponibile: disegni, grafici, fotografie, rapporti e relazioni relativi ai controlli periodici ordinari ed a quelli eventuali straordinari. Una apposita scheda, riprodotta anche sul verso della copertina della cartella, riassume i dati salienti riferendosi alla vita del manufatto: epoca della costruzione, impresa, caratteristiche principali, date delle riparazioni, delle eventuali ricostruzioni a seguito vicende belliche o eventi naturali, funzionari incaricati, collaudi effettuati, ecc. ed ogni altra notizia o fatto suscettibile di facilitare, in ogni evenienza, l'opera di manutenzione, di riparazione o di ricostruzione.



# 30 Dicembre 2019 – Distacco in calotta nella galleria Bertè (A26)

 MENU  CERCA

**LA STAMPA**

IL QUOTIDIANO  ABBONATI  ACCEDI

**Economia**

Lavoro Agricoltura TuttoSoldi Finanza Borsa Italiana Fondi Obbligazioni

## Autostrada A26, "cade" parte intonaco volta galleria Berté. Nessun ferito

Corsia sud della Gravellona Toce-Voltri chiusa nel tratto Ovada-Masone. Aspi convocata d'urgenza al Mit domani (martedì 31) alle 10

TELEBORSA

Publicato il 30/12/2019  
Ultima modifica il 30/12/2019 alle ore 22:13 

## 30 Dicembre 2019 – Distacco in calotta nella galleria Bertè (A26)



Cortesia: Tecne

Distacco di una lastra di calcestruzzo spessa circa 25 cm  
**3 tonnellate** di detriti in carreggiata, avvenuto in orario notturno

# Circolare MIT del 26-5-2020 – Verifiche straordinarie gallerie

M\_INF.SVCA.REGISTRO UFFICIALE.U.0012920.26-05-2020



**Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**  
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, I SISTEMI INFORMATIVI E STATISTICI  
DIREZIONE GENERALE PER LA VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI  
UFFICIO ISPETTIVO TERRITORIALE DI ROMA  
Via Giuseppe Caraci, 36 - 00157 Roma  
Tel. 06.41586376-6372, Fax. 06.41586351  
Pec: uit.roma@pec.mit.gov.it



Oggetto: Verifiche straordinarie gallerie.



# Circolare MIT del 26-5-2020 – Manuale Ispezione Gallerie e Nuovo Catalogo Difetti

Successivamente all’emanazione di tale documento, la Sig.ra Ministra ha istituito, a fine dicembre 2019, un “Osservatorio sulle gallerie” a cui lo Scrivente ha partecipato e partecipa.

Una delle finalità di tale Osservatorio era proprio quella di individuare adeguati criteri di ispezione e monitoraggio sulle strutture costituenti il rivestimento di tali opere d’arte.

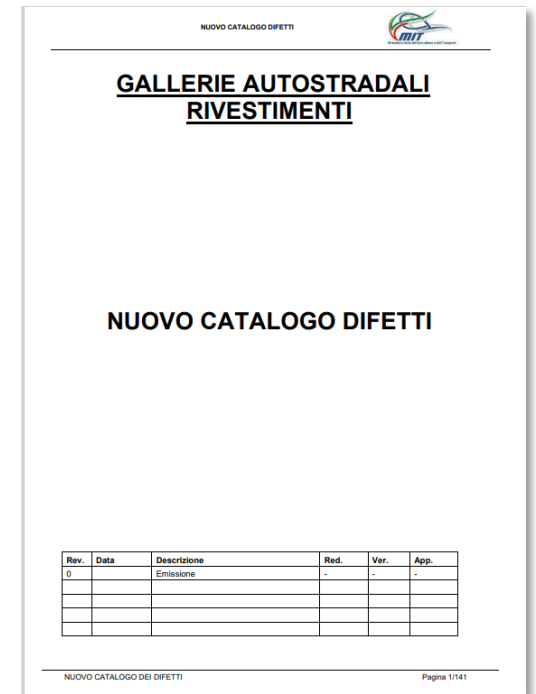
A tal proposito il Sottoscritto ha effettuato una serie di sopralluoghi in diverse tratte autostradali ricadenti nella Provincia di Genova e di Pescara, che si sono protratti per ben 5 mesi, dal mese di gennaio al corrente mese di maggio.

Tali sopralluoghi hanno consentito di definire specifiche schede difettologiche e un manuale di ispezione delle gallerie, basato principalmente sugli studi effettuati dall’Organo ministeriale francese CETU (Centre d’Etudes des Tunnels) e attuati nel Traforo del Monte Bianco.

Ciò posto si trasmettono, in allegato, i seguenti documenti:

- “Manuale ispezione gallerie” rev.01 del 25/05/2020;
- Schede difettologiche “Nuovo catalogo difetti”;

che dovranno essere presi a riferimento per le ispezioni di legge (trimestrali e annuali) da eseguirsi nelle gallerie di codeste Società.



# Circolare MIT del 26-5-2020 – Manuale Ispezione Gallerie



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, I SISTEMI INFORMATIVI E STATISTICI

DIREZIONE GENERALE PER LA VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

## MANUALE ISPEZIONE GALLERIE

anno 2020

Il Direttore Generale : Dott. Felice Morisco

Il Responsabile Tecnico : Ing. Placido Migliorino

MIGLIORINO PLACIDO  
MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
25.05.2020 10:44:50 CEST



Rev.01 del 25/05/2020, ROMA

## 1 PREMESSA

### 1.1 OGGETTO E SCOPO DEL DOCUMENTO

Il piano di indagini necessario per acquisire un adeguato grado di conoscenza dello stato di conservazione delle gallerie deve essere necessariamente propedeutico alla successiva valutazione della sicurezza strutturale oltreché della circolazione autostradale. Detto piano, inoltre, deve essere sviluppato in funzione delle seguenti esigenze primarie:

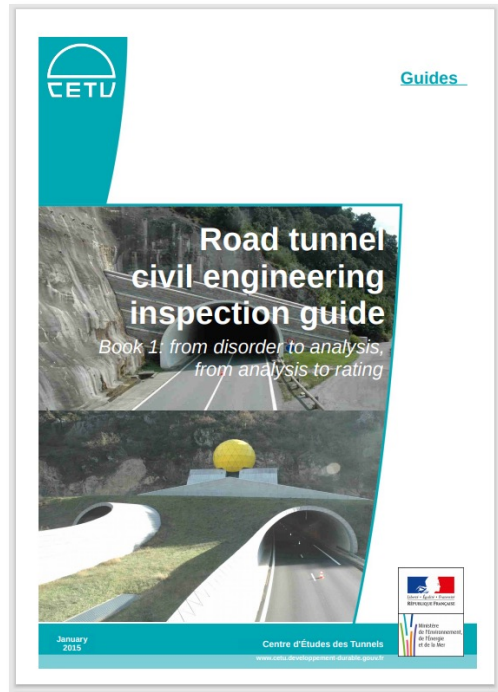
- velocità di esecuzione, per disporre nel minor tempo possibile di una valutazione sulle condizioni strutturali delle gallerie;
- profondità e accuratezza di indagine, tale da restituire un quadro definitivo dello status quo di ogni singolo fornice;
- minimizzare gli impatti sulla circolazione dei veicoli sulle tratte più sensibili.

Il piano di azione può essere sviluppato in più fasi, ed in particolare:

1. Ispezione preliminare della struttura, avente cadenza trimestrale di legge, nei tratti in cui la volta in calcestruzzo è visibile per la sua sostanziale interezza, e controllo di stabilità sia dei rivestimenti e delle canaline di raccolta e convogliamento delle acque di percolazione, sia degli ancoraggi di tutti gli apparati impiantistici.
2. Rilievo con laser-scanner (dimensionale), termografico e fotografico ad alta risoluzione, preceduto dal lavaggio della calotta.
3. Caratterizzazione profonda della struttura, realizzata anche attraverso l'ausilio di specifiche indagini strumentali e diagnostiche previa rimozione di tutti i rivestimenti presenti (onduline). Tale fase assorbe la valenza di ispezione annuale di legge.

Per le specifiche e l'articolazione di dettaglio di ciascuna fase si rimanda ai capitoli successivi.

# Circolare MIT del 26-5-2020 – Manuale Ispezione Gallerie e Nuovo Catalogo Difetti



I documenti trasmessi dal MIT sono stati elaborati prendendo come riferimento l'esperienza maturata in seno al **Centre d'Etudes des Tunnels**, servizio tecnico presso il Ministero dei Trasporti francese, ed applicata al Tunnel del Monte Bianco

# Circolare MIT del 26-5-2020 – Manuale Ispezione Gallerie

L'indice IQOA qualifica lo stato di degrado del difetto individuato.

In base all'indice associato ai difetti si definiscono delle tempistiche di intervento:

**IQOA=3, intervento entro 6 mesi**

**IQOA=3U, intervento entro 3 mesi**

**IQOA=S, intervento immediato, prima di riapertura al traffico**

CLASSIFICAZIONE IQOA Fessure / alterazioni	
1	in buono stato apparente
2	difetti superficiali
2E	difetti superficiali con evoluzione
3	degrado profondo che necessita intervento
3U	degrado profondo che necessita intervento urgente
S	sicurezza per gli utenti

CLASSIFICAZIONE Venute d'acqua	
1	nessun problema, solo macchie d'umidità
2	presenza d'acqua importante, possibile evoluzione dei degradi a lungo termine
2E	presenza d'acqua importante, possibile rischio per l'opera, rafforzare sorveglianza e adottare provvedimenti
S	sicurezza per gli utenti

# Circolare MIT del 26-5-2020 – Manuale Ispezione Gallerie

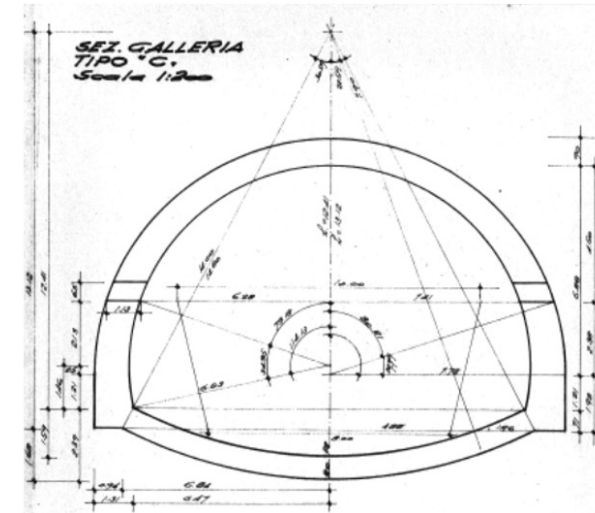
## **Il processo di Assessment si articola in più fasi**

- Fase preliminare
  - Indagini massive
  - Indagini strumentali preliminari
  - Ispezione approfondita a contatto
  - Indagini strumentali integrative
- 
- Realizzazione interventi secondo una specifica tempistica legata alla natura dei difetti

# Circolare MIT del 26-5-2020 – Manuale Ispezione Gallerie

## Fase preliminare

- Recupero ed analisi critica di tutto il materiale esistente relativo alla galleria: as-built, documenti di contabilità, interventi di manutenzione, report dell'attività di sorveglianza trimestrale/annuale...
- Suddivisione della galleria in «conci ispettivi» di 20m, segnati con targhetta apposta sul piedritto
- Eventuale lavaggio con acqua ad alta pressione della volta





# Circolare MIT del 26-5-2020 – Manuale Ispezione Gallerie

## Indagini massive – 1

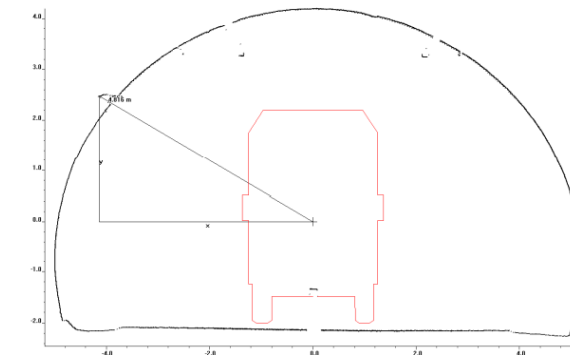
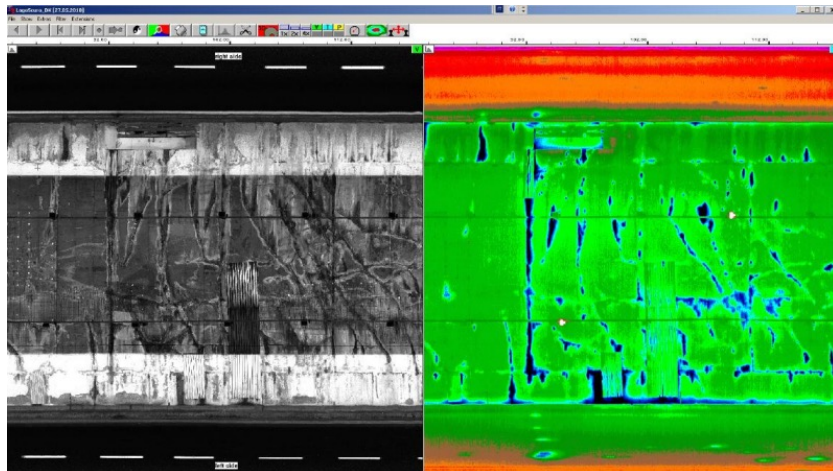
- Recupero carote sui rivestimenti definitivi, 3 ogni 50m, e schiacciamento di provini per valutazione resistenza a compressione del calcestruzzo



# Circolare MIT del 26-5-2020 – Manuale Ispezione Gallerie

## Indagini massive - 2

- Laser scanner con termografia, con individuazione preliminare dei difetti superficiali

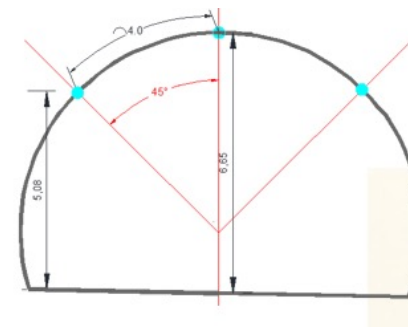
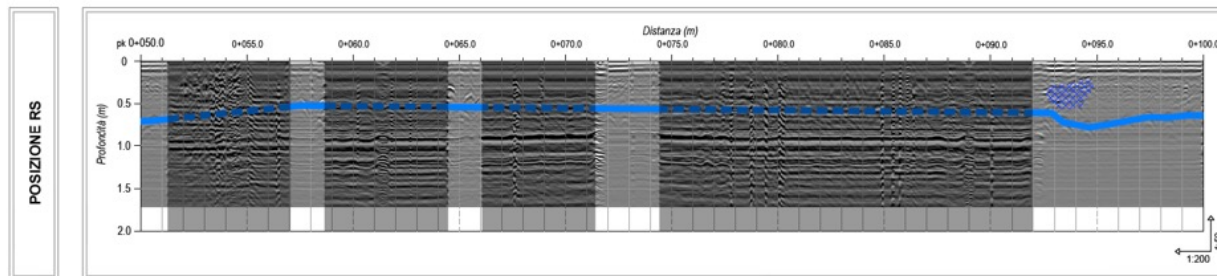




# Circolare MIT del 26-5-2020 – Manuale Ispezione Gallerie

## Indagini massive – 3

- Georadar (GPR), con individuazione anomalie a tergo dei rivestimenti (vuoti, sottospessori, presenza di acqua..)


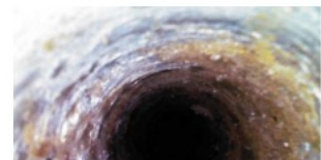


# Circolare MIT del 26-5-2020 – Manuale Ispezione Gallerie

## Indagini strumentale preliminari/integrative

- Video endoscopie
- Martinetti piatti
- Pull out
- Tomografie
- Carotaggi passanti



cm	DESCRIZIONE	INFORMAZIONI GENERALI	
		Profondità perforazione (cm)	115
0		Spessore rivestimento (cm)	90
5		Presenza acqua	NO
10		Fuoriuscita acqua	NO
15		Durata uscita acqua (min)	-
20		DESCRIZIONE	
25	rivestimento	La videoendoscopia ha identificato rivestimento in calcestruzzo fino a 90 cm e, successivamente, di roccia fino a fine perforazione (115 cm).	
30		Immagine a profondità 55cm	
35			
40			
45			
50			
55			
60		Immagine a profondità circa 95cm	
65			
70			
75			
80			
85	roccia/fine perforazione		
90			
95			
100			
105			
110			
115			
120			
125			

# Circolare MIT del 26-5-2020 – Manuale Ispezione Gallerie

## Ispezione approfondita a contatto

- Smontaggio onduline
- Battitura con martellina
- Classificazione difetti in base al Catalogo Difetti, e attribuzione attributo di gravità IQOA



# Circolare MIT del 26-5-2020 – Manuale Ispezione Gallerie

**Realizzazione interventi secondo una specifica tempistica legata alla natura dei difetti**

- Interventi temporanei
- Interventi definitivi

# LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO, LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ED IL MONITORAGGIO DELLE GALLERIE ESISTENTI

Smart Infrastructures Academy

---

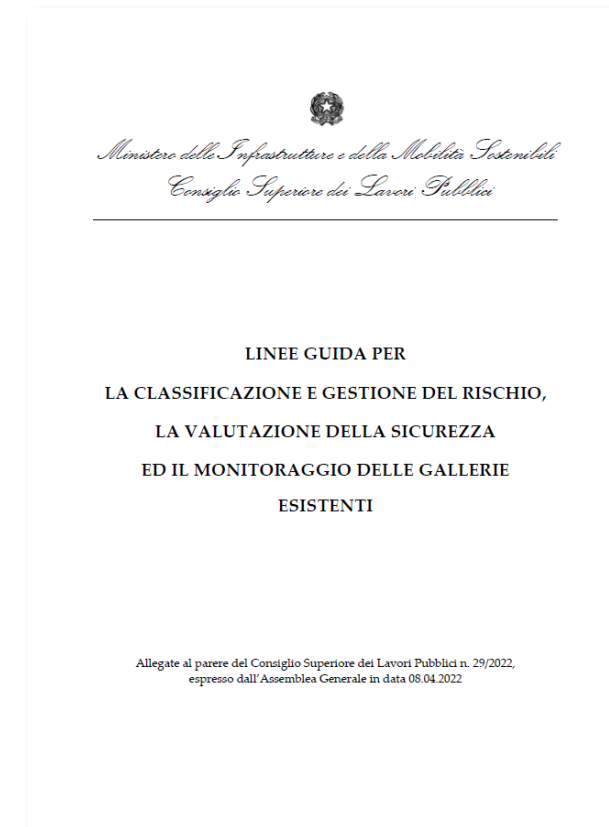
Andrea Carigi



**Politecnico  
di Torino**

# Cenni normativi

«Le linee guida 2022 hanno **carattere complementare** alle altre norme che afferiscono alla sicurezza stradale di cui al **Decreto legislativo 15 marzo 2011, n. 35** e alla sicurezza antincendio nelle gallerie stradali della rete transeuropea di cui al **Decreto legislativo 5 ottobre 2006, n. 264**»



# Obiettivo della norma

L'applicazione della norma è limitata a gallerie di **lunghezza superiore a 200 m**, fatta eccezione per le valutazioni sui rischi associati alle condizioni idrauliche che vengono valutati a prescindere dalla lunghezza della galleria (**allagamento sottopassi**).

La struttura della norma mira a incrementare e strutturare la **conoscenza** delle opere infrastrutturali in gestione ai diversi enti presenti sul territorio nazionale.

La conoscenza è suddivisa in **livelli e ambiti** per «*individuare classi di **priorità** in relazione alle **potenziali pericolosità** riconosciute*»

L'approccio multilivello permette di **calibrare** «*l'onerosità delle ispezioni, delle indagini, dei controlli e dei monitoraggi e delle verifiche da effettuare*» valutando «***l'effettiva necessità e urgenza** dello stato attuale delle conoscenze sulla conservazione dell'opera*»



# Struttura della norma

- «**Livello 0 – Censimento** di tutte le opere e delle loro caratteristiche principali nonché la **raccolta delle informazioni e della documentazione disponibili**, anche in relazione a rilievi e prove già effettuati, con giudizio esperto sul grado delle conoscenze disponibili e **individuazione preliminare degli indicatori di pericolosità** di maggiore interesse per ciascuna galleria.»
- «**Livello 1** – Esteso alle opere censite a Livello 0, prevede l'esecuzione di **ispezioni iniziali** della struttura, rivestimento ed altri elementi di rilevanza strutturale e non strutturale, e delle caratteristiche geomorfologiche, idrologiche ed idrauliche dell'area, tese a **individuare lo stato di conservazione e le principali caratteristiche strutturali e geometriche di tutte le opere**, nonché **potenziali condizioni di rischio** associate all'interazione con le formazioni naturali che ospitano la galleria, secondo le caratteristiche geotecniche/geomeccaniche e l'assetto del contesto geologico. Le ispezioni iniziali saranno condotte a partire dal quadro di conoscenze già disponibili, eventualmente integrate con specifiche indagini, come ricostruito nell'ambito del Livello 0.»



# Struttura della norma

- «**Livello 2** – consente di giungere alla **classe di attenzione** di ogni galleria, sulla base dei parametri id **pericolosità, vulnerabilità ed esposizione**, determinati elaborando i risultati ottenuti dai livelli precedenti. In funzione di tale classificazione si procede quindi con uno dei livelli successivi. La classe di attenzione è qualificata secondo un **indice di diffusione**, espresso quale percentuale della lunghezza della galleria caratterizzata dalla classe attribuita. Vengono altresì riportati quali **criteri qualificanti i fattori di pericolo** che determinano la classe di attenzione sia riferiti alla struttura di galleria, sia riferiti a fattori esterni all'ambiente galleria in senso stretto, quali le classi associate ai rischi geologico geotecnico lungo la galleria ed agli imbocchi e al rischio idrologico idraulico.»

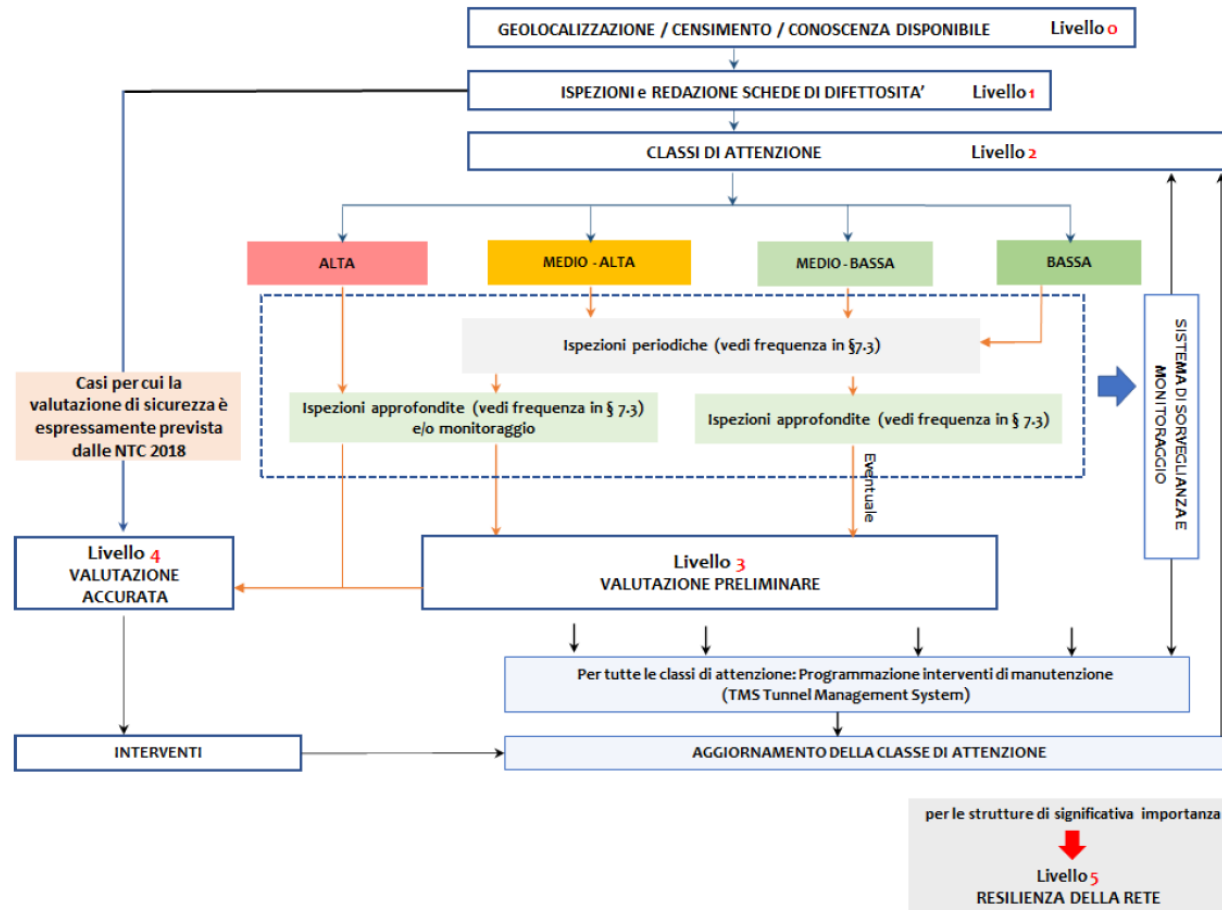
# Struttura della norma

- «**Livello 3** – prevede l'esecuzione di **valutazioni preliminari** atte a comprendere, unitamente all'analisi della tipologia ed entità dei dissesti rilevati nelle ispezioni eseguite al Livello 1, il **livello di sicurezza** nei confronti dei possibili dissesti locali che interessano il rivestimento, più o meno diffusi nella galleria, e dei dissesti correlati all'interazione del rivestimento con le formazioni naturali attraversate. Quando ne ricorrano le condizioni, vengono sviluppate specifiche valutazioni per le possibili interazioni con instabilità di insieme delle formazioni naturali attraversate o in corrispondenza degli imbocchi, nonché delle condizioni di salvaguardia idraulica.»
- «**Livello 4** – Prevede l'esecuzione di **valutazioni accurate della sicurezza** della galleria nei confronti delle azioni agenti e di fattori esterni all'ambiente della galleria in senso stretto, tenendo in debito conto quanto indicato dalle **Norme Tecniche per le Costruzioni** vigenti.»

# Struttura della norma

- «**Livello 5 – non trattato esplicitamente** nelle presenti Linee Guida, si applica a gallerie considerate di **significativa importanza** all'interno della rete. Per tali opere è utile svolgere **analisi più sofisticate** quali quelle di resilienza, valutando la rilevanza trasportistica, analizzando l'interazione tra la struttura e la rete stradale di appartenenza e le conseguenze di una possibile interruzione dell'esercizio della galleria sul contesto socioeconomico in cui essa è inserita»

# Struttura della norma



Ispezione	Classe di Attenzione e intervallo ispezione			
	BASSA	MEDIO BASSA	MEDIO ALTA	ALTA
Iniziale	all'avvio della procedura di cui al Livello 1			
Approfondita	max 6 anni	max 4 anni	max 2 anni	max 1 anno
Periodica ordinaria	max 1 anno	max 6 mesi	max 3 mesi	max 2 mesi
Straordinaria (a seguito di eventi)	in occasione di evento di rilievo			

# Rilevanza trasportistica

Non trattata esplicitamente dalle Linee Guida – afferisce al **Livello 5**.

Vengono citate 3 tipologie di analisi:

- Analisi della **rilevanza locale** – finalizzata a valutare l'apporto funzionale dei manufatti al soddisfacimento delle esigenze di mobilità locale
- Analisi della **rilevanza principale** – valutata su scala territoriale ampia su esigenze di mobilità a scala regionale o intraregionale
- Analisi di **rilevanza strategica** – valutata su scala nazionale o sovranazionale. A tale livello i modelli di riferimento devono avere dimensione territoriale ampia e dettaglio della zonizzazione e della rappresentazione delle reti riferito ai livelli gerarchici di rete superiori.

«Nel caso in cui le informazioni esistenti non siano in condizioni di fornire una visione completa, occorre **integrare il quadro conoscitivo** a partire proprio da quanto disponibile.»

## Prioritizzazione delle attività

I diversi livelli di analisi **non** sono **necessariamente** da applicare in maniera **sequenziale**.

Viene richiesto agli enti gestori di **adottare criteri** di individuare le tratte da analizzare prioritariamente in quanto l'attività di censimento potrebbe richiedere tempi non compatibili con la necessità e l'urgenza di conoscere e valutare lo stato di conservazione delle opere.

Inoltre, si richiede di analizzare gli aspetti legati alla viabilità e alle caratteristiche delle reti stradali, sì da minimizzare le conseguenze su comunità ed economie locali a causa di carenze strutturali ed eventuali condizionamenti sull'esercizio (**analisi di rischio**).

# Modelli informativi

L'articolo 23, comma 13, del D.Lgs. 50/2016 definisce modalità di introduzione di metodi e **strumenti elettronici** nelle fasi di progettazione, costruzione e gestione delle opere e relative verifiche **rendendone obbligatoria l'adozione al 2025 per nuove realizzazioni**.

Viene richiesto agli Enti gestori di creare e alimentare progressivamente la banca dati digitale di tutte le gallerie (**AINOP**), compatibilmente con i contenuti previsti dall'art. 13 del D.L. 2018 n.109

- |  |   |
|--|---|
| a) Dati tecnici, progettuali e di posizione con analisi storica del contesto e delle evoluzioni territoriali | f) classificazione europea  |
| b) I dati amministrativi riferiti ai costi sostenuti e da sostenere  | g) I finanziamenti  |
| c) I dati sulla gestione dell'opera anche sotto il profilo della sicurezza                                   | h) Lo stato dei lavori  |
| d) Lo stato e il grado di efficienza dell'opera e le attività di manutenzione ordinaria e straordinaria      | i) La documentazione fotografica aggiornata   |
| e) La collocazione dell'opera rispetto alla  | j) Il monitoraggio costante dello stato dell'opera anche con applicativi dedicati, sensori in situ e rilevazione satellitare                  |
|  | j) Il sistema informativo geografico per la consultazione, l'analisi e la modellistica dei dati relativi all'opera e al contesto territoriale |

E di rendere tale archivio disponibile ai soggetti che svolgono **attività di vigilanza**.

# Competenze degli operatori & Laboratori

Si richiede l'attuazione di un sistema di gestione qualificato dalla sicurezza delle gallerie che consenta di rendere confrontabili le varie situazioni, per **prevenire condizioni lesive** della sicurezza e **ottimizzare la pianificazione** delle attività manutentive nell'ambito delle opere di competenza di ciascun gestore.


Per ogni galleria è individuato un **responsabile di galleria** a cui è assegnato il coordinamento per la programmazione delle varie fasi, comprese le attività di indagine e progettazione necessarie, nonché per l'attuazione del piano di manutenzione.

Ai fini dell'attuazione delle Linee Guida, le **prove su materiali** da costruzione (Circolare 08 settembre 2010, n.7617/STC e s.m.i.) e quelle su terre e rocce (Circolare 08 settembre 2010, n. 7618/STC e s.m.i.) sono effettuate e **certificate** da laboratori dotati di specifica autorizzazione (Art. 59 DPR 380/2001 e s.m.i.).



# Livello 0 – Censimento

- Reperimento della documentazione tecnica ed amministrativa
- Valorizzazione di studi e indagini eseguiti in tempi pregressi
  - Geometrie
  - Danneggiamenti
  - Caratterizzazione dei materiali
- Rilevanza del manufatto nel sistema di trasporto dal punto di vista socioeconomico
  - Analisi di volumi e tipologia di traffico
  - Presenza, lunghezza e percorribilità di alternative stradali

LIVELLO 0		Scheda di censimento – conoscenza galleria			
LIVELLO 0 Scheda di censimento galleria – Parte 1					
Dati di inquadramento dell'opera ed informazioni necessarie alla definizione delle classi di attenzione					
Scheda fornita n. _____ <input type="radio"/> Unidirezionale (direzione: _____) <input type="radio"/> Bidirezionale					
Codice IOP _____		Nome Galleria/paramassi/sottopasso _____			
Strada di appartenenza: _____		Progressiva km iniziale: _____		Progressiva km finale: _____	
<b>Localizzazione</b>					
Provincia/Regione: _____	<b>Coordinate Geografiche</b> <input type="radio"/> ETRF2000 <input type="radio"/> WGS84	Iniziale	Quota s.l.m. [m]: _____		
Comune: _____			Longitudine: _____		
Località: _____			Latitudine: _____		
		Finale	Quota s.l.m. [m]: _____		
			Longitudine: _____		
			Latitudine: _____		
<b>Informazioni generali</b>					
Proprietario _____	<b>Anno di costruzione/ristrutturazione</b>	Ultimazione costruzione (collaudo)	Eventuale ultimo intervento di manutenzione significativo*		
Concessionario _____					
Ente vigilante _____		<input type="radio"/> Effettivo <input type="radio"/> Presunto	<input type="radio"/> Effettivo <input type="radio"/> Presunto		
<small>* Occorre valutare la tipologia dell'intervento e la sua efficacia nel riparare i difetti o i danneggiamenti conseguenti ai fenomeni di degrado. Questo influirà sulla definizione della classe di attenzione dell'opera secondo quanto riportato al §4 delle Linee Guida.</small>					

# Livello 0 – Censimento

- Localizzazione
- Informazioni generali
- Dati di progetto
- Tipologia di opera e classificazione d'uso stradale
- Aspetti geologici e idrogeologici
- Caratteristiche dell'ammasso attraversato
- Caratteristiche strutturali
- Infrastrutture potenzialmente interferenti
- Caratteristiche geometriche
- Tipologia di forma della sezione
- Tipologia e caratteristiche del rivestimento
- Drenaggio
- Pavimentazione stradale in galleria
- Dati di traffico
- Rete stradale
- Caratteristiche geometriche d'infrastruttura stradale
- Strutture secondarie in galleria
- Infrastrutture di sicurezza e di servizio in galleria
- Installazioni sospese ed elementi ausiliari
- Descrizione degli eventuali interventi strutturali eseguiti
- Interventi di manutenzione
- Ispezioni pregresse
- Attività di monitoraggio pregresse o in corso
- Condizioni e regole di circolazione
- Classi di conseguenza (EN 1990:2022)
- Documenti progettuali disponibili
- Documenti sullo stato dell'opera («As built»)
- Documenti progettuali disponibili inerenti alle caratteristiche dell'ammasso attraversato
- Documenti disponibili inerenti alle condizioni di rischio idrogeologico
- Documenti disponibili inerenti alle condizioni climatiche e meteorologiche
- Documenti disponibili sui requisiti minimi di sicurezza ai sensi del D.Lgs. 264 del 2006
- Storico di eventi registrati in galleria
- Storico di rilievi pregressi dell'ambiente stradale in galleria

# Livello 1 – Ispezioni iniziali

- Inquadramento nel contesto reale dei dati raccolti nel censimento di Livello 0
- Rilievo fotografico, rilievo di grandezze geometriche caratteristiche e dei principali fenomeni di degrado
- Integrazione con eventuali indagini speditive con strumenti portatili

«Se specifiche condizioni riconosciute per la galleria in esame richiedano ulteriori indagini, per numerosità e tipologia, secondo quanto sopra richiamato, la fase di Livello 1 potrà comunque essere conclusa considerando il **difetto di conoscenza** quale elemento che **concorre all'innalzamento della classe di attenzione**, eventualmente da riconsiderare sulla base degli esiti delle indagini successivamente eseguite»

# Livello 1 – Schede di rilievo

- Allegato B – riporta il **catalogo dei difetti** con la descrizione di ogni singolo difetto, gli elementi utili a qualificarlo e i criteri generali per la definizione del livello di difettosità
- Allegato C – fornisce, unitamente alla **scheda di ispezione iniziale**, le **schede di difettosità** da impiegare in fase di ispezione di Livello 1

Le schede devono essere compilate per **tratti omogenei** di galleria – lunghezza dell'ordine di **20 m**.

Per ciascun concio i **difetti** devono essere **mappati** con risoluzione dell'ordine del metro o comunque secondo sistemi georeferenziati che permettano di **ricostruire il quadro difettologico** e di **monitorarne l'evoluzione** nel tempo.

# Livello 1 – Schede di rilievo

Nell'intestazione devono essere indicate tutte le informazioni a referenziare la scheda e ad identificare l'identità dell'ispettore

## Scheda Ispezione Gallerie di Livello 1

1	<b>Difetti relativi alla struttura</b>		Strada di appartenenza: _____				Progressiva km: _____									
	Nome galleria _____		Tecnico incaricato: _____				Data ispezione: __ / __ / __									
	IDENTIFICATIVO CONCIO/SEZIONE: _____															
Codice difetto	Descrizione difetto	A cura dell'ispettore								Giudizio esperto			Note			
		Estensione K1			Intensità K2			N° foto	NA	NR	NP	G		Correlazione con altri difetti	PS g	PS I
		0,2	0,5	1	0,2	0,5	1									
Difetti causati dalla presenza di acqua																
1.1	Stillicidi	<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"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

# Livello 1 – Schede di rilievo

Nell'intestazione devono essere indicate tutte le informazioni a referenziare la scheda e ad identificare l'identità dell'ispettore

## Scheda Ispezione Gallerie di Livello 1

<b>1</b>	<b>Difetti relativi alla struttura</b>	Strada di appartenenza: _____		Progressiva km: _____												
	Nome galleria _____	Tecnico incaricato: _____		Data ispezione: __ / __ / __												
	IDENTIFICATIVO CONCIO/SEZIONE: _____															
Codice difetto	Descrizione difetto	A cura dell'ispettore								Giudizio esperto			Note			
		Estensione K1			Intensità K2			N° foto	NA	NR	NP	G		Correlazione con altri difetti	PS g	PS I
		0,2	0,5	1	0,2	0,5	1									
Difetti causati dalla presenza di acqua																
1.1	Stillicidi	<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"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



Descrizione del difetto e codice secondo Allegato B

# Livello 1 – Schede di rilievo

Nell'intestazione devono essere indicate tutte le informazioni a referenziare la scheda e ad identificare l'identità dell'ispettore

Estensione e intensità vengono sintetizzati secondo quanto riportato in Allegato B

## Scheda Ispezione Gallerie di Livello 1

<b>1</b>	<b>Difetti relativi alla struttura</b>	Strada di appartenenza: _____		Progressiva km: _____										
	Nome galleria _____	Tecnico incaricato: _____		Data ispezione: __ / __ / __										
	IDENTIFICATIVO CONCIO/SEZIONE: _____													
Codice difetto	Descrizione difetto	A cura dell'ispettore				Giudizio esperto				Note				
		Estensione K1		Intensità K2		N° foto	NA	NR	NP		G	Correlazione con altri difetti	PS g	PS I
		0,2	0,5	1	0,2					0,5				
Difetti causati dalla presenza di acqua														
1.1	Stillicidi	<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"/>	<input type="checkbox"/>	



Descrizione del difetto e codice secondo Allegato B



# Livello 1 – Schede di rilievo

- Estensione (k1), intesa come diffusione spaziale del difetto, che può essere a sua volta ricondotta sostanzialmente a due distinti casi:

- Difetto con sviluppo lineare (fessure, lesioni, difetti in corrispondenza dei giunti, ...) in cui il parametro k1 può essere quantificato valutando criticamente il seguente rapporto:

$$k1 = \frac{\text{lunghezza complessiva del difetto}}{\text{lunghezza del concio di riferimento}}$$

- Difetto con sviluppo areale (Deformazioni, deterioramenti, distacchi, ...) in cui il parametro k1 può essere quantificato valutando criticamente il seguente rapporto:

$$k1 = \frac{\text{area complessiva del difetto}}{\text{area del concio di riferimento}}$$

In particolare, al termine “estensione bassa” corrisponde un valore di k<sub>1</sub> pari a 0.2; per “estensione media” si intende un valore di k<sub>1</sub> pari a 0.5; al termine “estensione alta” corrisponde un valore di k<sub>1</sub> pari a 1.

Per lunghezza del concio si intende il tratto di galleria omogeneo, indicativamente di lunghezza dell'ordine di 20 m, preso a riferimento durante l'ispezione.

# Livello 1 – Schede di rilievo

- Intensità (k2), intesa come magnitudo di un parametro rappresentativo del difetto stesso. In particolare, l'intensità è possibile definirla a partire dalla descrizione e dall'entità del singolo difetto in dipendenza delle dimensioni o delle caratteristiche dell'elemento strutturale.

Al termine “intensità bassa” corrisponde un valore di k2 pari a 0,2; per “intensità media” si intende un valore di k2 pari a 0,5; al termine “intensità alta” corrisponde un valore di k2 pari a 1.

Alcune casistiche, associate a singoli difetti, per la valutazione del valore di intensità possono essere:

- Venute d'acqua: da tracce di venute d'acqua (intensità bassa) a venute d'acqua continua e abbondante (intensità elevata);
- Distacchi di blocchi di roccia alterata: da potenziali distacchi di limitata volumetria (intensità bassa) a potenzialità di distacchi di grande volumetria (intensità alta);
- Fessure di vario tipo: da fessure serrate (intensità bassa) a fessure di apertura consistente o combinazione geometrica con altre tipologie di fessure che possono isolare blocchi (intensità alta);
- Presenza di vuoti: da cavità di piccole dimensioni rispetto allo spessore del rivestimento (intensità bassa) a singole cavità di grandi dimensioni o cavità multiple collegate fra loro (intensità elevata).


L'elenco sopra riportato ha evidentemente solo lo scopo di individuare un criterio per la valutazione del parametro k2 senza avere pretesa di esaustività, considerata la molteplicità e particolarità delle situazioni realmente rilevabili in fase di ispezione.

# Livello 1 – Schede di rilievo

Nell'intestazione devono essere indicate tutte le informazioni a referenziare la scheda e ad identificare l'identità dell'ispettore

Estensione e intensità vengono sintetizzati secondo quanto riportato in Allegato B

## Scheda Ispezione Gallerie di Livello 1

<b>1</b>	<b>Difetti relativi alla struttura</b>		Strada di appartenenza: _____		Progressiva km: _____		 <b>MIMS</b> Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili									
	Nome galleria _____		Tecnico incaricato: _____		Data ispezione: __ / __ / __											
	IDENTIFICATIVO CONCIO/SEZIONE: _____															
Codice difetto	Descrizione difetto	A cura dell'ispettore						Giudizio esperto				Note				
		Estensione K1			Intensità K2			N° foto	NA	NR	NP		G	Correlazione con altri difetti	PS g	PS I
		0,2	0,5	1	0,2	0,5	1									
Difetti causati dalla presenza di acqua																
1.1	Stillicidi	<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"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Descrizione del difetto e codice secondo Allegato B

NA: Non applicabile  
 NR: Non rilevabile  
 NP: Non presente


# Livello 1 – Schede di rilievo

Nell'intestazione devono essere indicate tutte le informazioni a referenziare la scheda e ad identificare l'identità dell'ispettore

Estensione e intensità vengono sintetizzati secondo quanto riportato in Allegato B

## Scheda Ispezione Gallerie di Livello 1

<b>1</b>	<b>Difetti relativi alla struttura</b>	Strada di appartenenza: _____		Progressiva km: _____	
	Nome galleria _____	Tecnico incaricato: _____		Data ispezione: __ / __ / __	
	<b>IDENTIFICATIVO CONCIO/SEZIONE:</b> _____				


**MIMS**  
 Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili

Codice difetto	Descrizione difetto	A cura dell'ispettore							Giudizio esperto				Note				
		Estensione K1			Intensità K2			N° foto	NA	NR	NP	G		Correlazione con altri difetti	PS g	PS l	
		0,2	0,5	1	0,2	0,5	1										
<b>Difetti causati dalla presenza di acqua</b>																	
1.1	Stillicidi	<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"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Descrizione del difetto e codice secondo Allegato B

NA: Non applicabile  
 NR: Non rilevabile  
 NP: Non presente


G varia da 1 a 4 per gravità crescenti

# Livello 1 – Schede di rilievo

Nell'intestazione devono essere indicate tutte le informazioni a referenziare la scheda e ad identificare l'identità dell'ispettore

Estensione e intensità vengono sintetizzati secondo quanto riportato in Allegato B

## Scheda Ispezione Gallerie di Livello 1

<b>1</b>	<b>Difetti relativi alla struttura</b>		Strada di appartenenza: _____				Progressiva km: _____				 <b>MIMS</b> Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili					
	Nome galleria _____		Tecnico incaricato: _____				Data ispezione: __ / __ / __									
	IDENTIFICATIVO CONCIO/SEZIONE: _____															
Codice difetto	Descrizione difetto	A cura dell'ispettore								Giudizio esperto				Note		
		Estensione K1			Intensità K2			N° foto	NA	NR	NP	G	Correlazione con altri difetti		PS g	PS l
		0,2	0,5	1	0,2	0,5	1									
<b>Difetti causati dalla presenza di acqua</b>																
1.1	Stillicidi	<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"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Descrizione del difetto e codice secondo Allegato B

NA: Non applicabile  
NR: Non rilevabile  
NP: Non presente

G varia da 1 a 4 per gravità crescenti

Segnala difetti la cui presenza può pregiudicare la stabilità globale o locale dell'opera


# Livello 1 – Schede di rilievo

Nell'intestazione devono essere indicate tutte le informazioni a referenziare la scheda e ad identificare l'identità dell'ispettore

Estensione e intensità vengono sintetizzati secondo quanto riportato in Allegato B

Campi dedicati alla numerazione digitale delle foto relative ai difetti e a qualsiasi nota possa essere utile per successive valutazioni

## Scheda Ispezione Gallerie di Livello 1

<b>1</b>	<b>Difetti relativi alla struttura</b>		Strada di appartenenza: _____				Progressiva km: _____				 <b>MIMS</b> Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili						
	Nome galleria _____		Tecnico incaricato: _____				Data ispezione: __ / __ / __										
	IDENTIFICATIVO CONCIO/SEZIONE: _____																
Codice difetto	Descrizione difetto	A cura dell'ispettore							Giudizio esperto				Note				
		Estensione K1			Intensità K2				N° foto	NA	NR	NP		G	Correlazione con altri difetti	PS g	PS l
		0,2	0,5	1	0,2	0,5	1										
<b>Difetti causati dalla presenza di acqua</b>																	
1.1	Stillicidi	<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"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Descrizione del difetto e codice secondo Allegato B

NA: Non applicabile  
NR: Non rilevabile  
NP: Non presente

G varia da 1 a 4 per gravità crescenti

Segnala difetti la cui presenza può pregiudicare la stabilità globale o locale dell'opera

## Livello 2 – Classi di Attenzione

### Ambiti:

- CdA strutturale globale e geotecnica
- CdA strutturale locale
- CdA sismica
- CdA stradale
- CdA geologica associata al rischio frane
- CdA idraulica\*

### Classi di Attenzione:

- ALTA
- MEDIO-ALTA
- MEDIO-BASSA
- BASSA

Classe di Attenzione = Pericolosità + Esposizione + Vulnerabilità

**CLASSE DI ATTENZIONE  $\neq$  RISCHIO**

La classe di attenzione che caratterizza la galleria è quella corrispondente alla tratta nelle condizioni più critiche ed è qualificata da un indice di diffusione



## Livello 2 – Classi di Attenzione

### Ambiti:

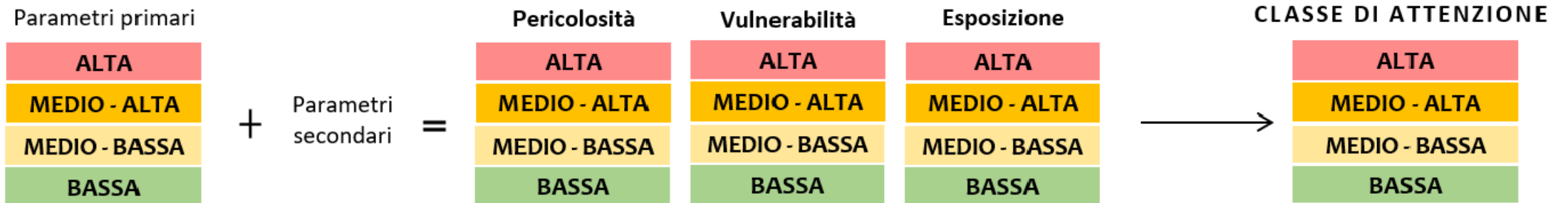
- CdA strutturale globale e geotecnica
- CdA strutturale locale
- CdA sismica
- CdA stradale
- CdA geologica associata al rischio frane
- CdA idraulica\*

### Classi di Attenzione:

- ALTA
- MEDIO-ALTA
- MEDIO-BASSA
- BASSA

Il rischio associato alle gallerie è stimato in modo convenzionale mediante la Classe di Attenzione (CdA). Si ritiene, infatti, fuorviante parlare di rischio vero e proprio, in quanto la sua analisi richiede valutazioni ed indagini più complesse ed approfondite rispetto a quelle semplici e speditive previste dal Livello 2 e non può basarsi sulle sole informazioni raccolte mediante ispezioni o analisi sperimentali preliminari. La classe di attenzione è, invece, una stima approssimata dei fattori di rischio, utile per la definizione di un ordine di priorità per l'approfondimento delle indagini/verifiche/controlli nonché per la programmazione degli interventi manutentivi e strutturali necessari.

# Livello 2 – Classi di Attenzione



Classe di pericolosità/suscettibilità ALTA

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

Classe di pericolosità/suscettibilità MEDIO-ALTA

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

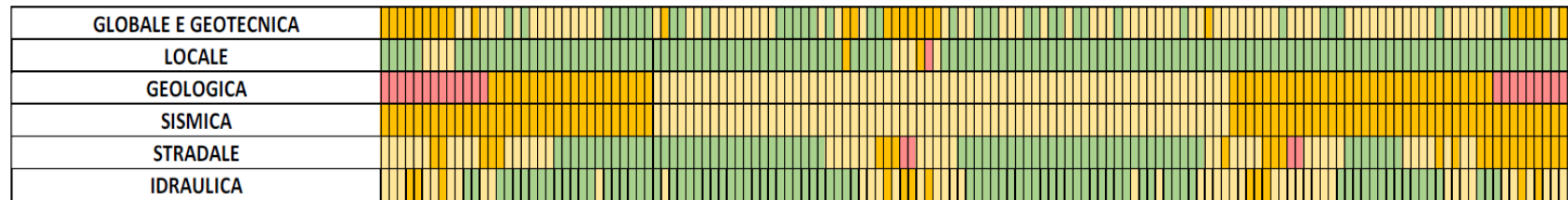
Classe di pericolosità/suscettibilità MEDIO-BASSA

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

Classe di pericolosità/suscettibilità BASSA

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

## Analisi multirischio (§4.8)



GALEAZZINI	25,3%	55,5%	19,2%	0,0%
LOCALE	92,5%	5,5%	1,4%	0,7%
GEOLOGICA	0,0%	47,9%	35,6%	16,4%
SISMICA	0,0%	47,9%	52,1%	0,0%
STRADALE	47,9%	30,8%	18,5%	2,7%
IDRAULICA	58,9%	32,9%	8,2%	0,0%



Tabelle 4.48 – 4.52



COMPLESSIVA	39,7%	2,7%	37,7%	19,9%
IDRAULICA	58,9%	32,9%	8,2%	0,0%

# Analisi multirischio

CdA  
Strutturale  
Locale



CdA Strutturale  
Globale e  
Geotecnica



		STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO			
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
STRUTTURALE LOCALE	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	MEDIO-ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA

# Analisi multirischio

CdA  
Strutturale  
Locale



		STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO			
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
STRUTTURALE LOCALE	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	MEDIO-ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA

CdA Strutturale  
Globale e  
Geotecnica



CdA Sismica



		STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE			
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
SISMA	ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA



CdA  
Geologica



		STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE			
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
GEOLOGICA	ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

# Analisi multirischio

CdA  
Strutturale  
Locale

CdA Strutturale  
Globale e  
Geotecnica

CdA Sismica

		STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO			
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
STRUTTURALE LOCALE	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	MEDIO-ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA

		STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE			
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
SISMA	ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

		STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE			
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
GEOLOGICA	ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

		STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE - GEOLOGICA			
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE - SISMA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	MEDIO-ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

# Analisi multirischio

CdA  
Strutturale  
Locale

CdA Strutturale  
Globale e  
Geotecnica

CdA Sismica

STRUTTURALE LOCALE	STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO				
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	MEDIO-ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA

SISMA	STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE				
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

STRADALE	STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE - GEOLOGICA - SISMA				
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	MEDIO-ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	BASSA	BASSA

CdA  
Geologica

GEOLOGICA	STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE				
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE - SISMA	STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE - GEOLOGICA				
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	MEDIO-ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

CdA Stradale



# Analisi multirischio

CdA  
Strutturale  
Locale

CdA Strutturale  
Globale e  
Geotecnica

CdA Sismica

		STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO			
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
STRUTTURALE LOCALE	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	MEDIO-ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA

		STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE			
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
SISMA	ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

		STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE - GEOLOGICA - SISMA			
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
STRADALE	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	MEDIO-ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	BASSA	BASSA

CdA  
Geologica

		STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE			
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
GEOLOGICA	ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

		STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE - GEOLOGICA			
		ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
STRUTTURALE GLOBALE E GEOTECNICO - STRUTTURALE LOCALE - SISMA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	MEDIO-ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA
	MEDIO-BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA
	BASSA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

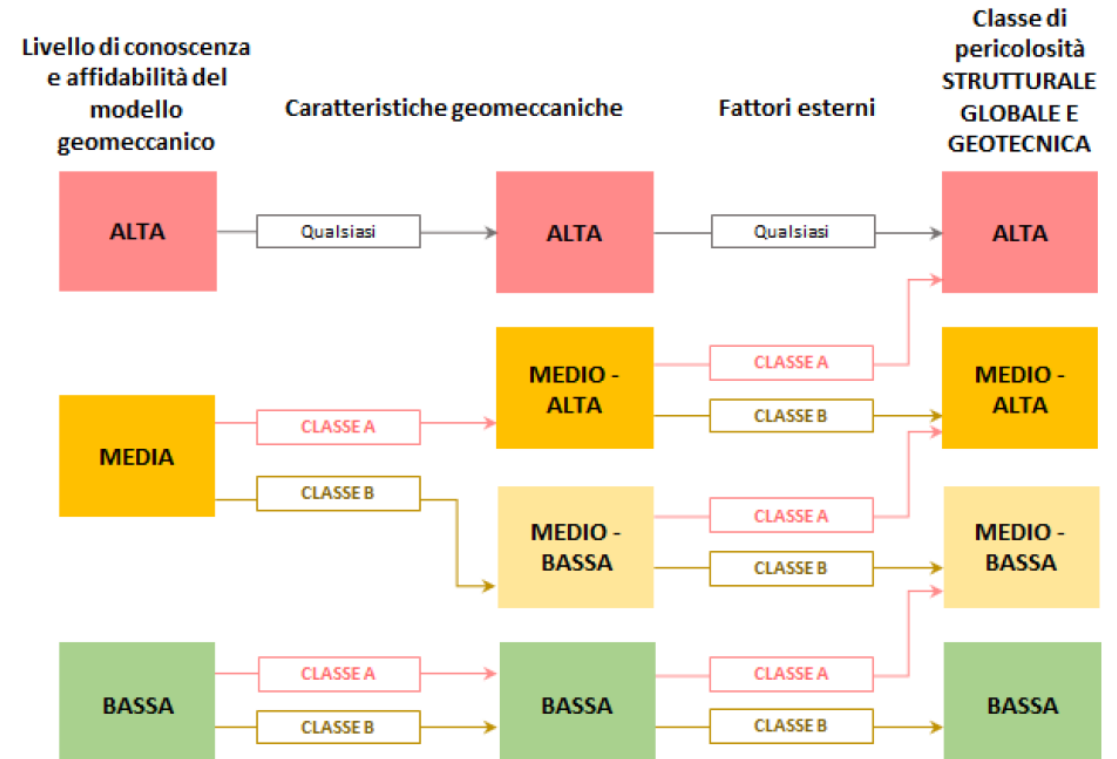
CdA Stradale

# CdP Strutturale Globale e Geotecnica

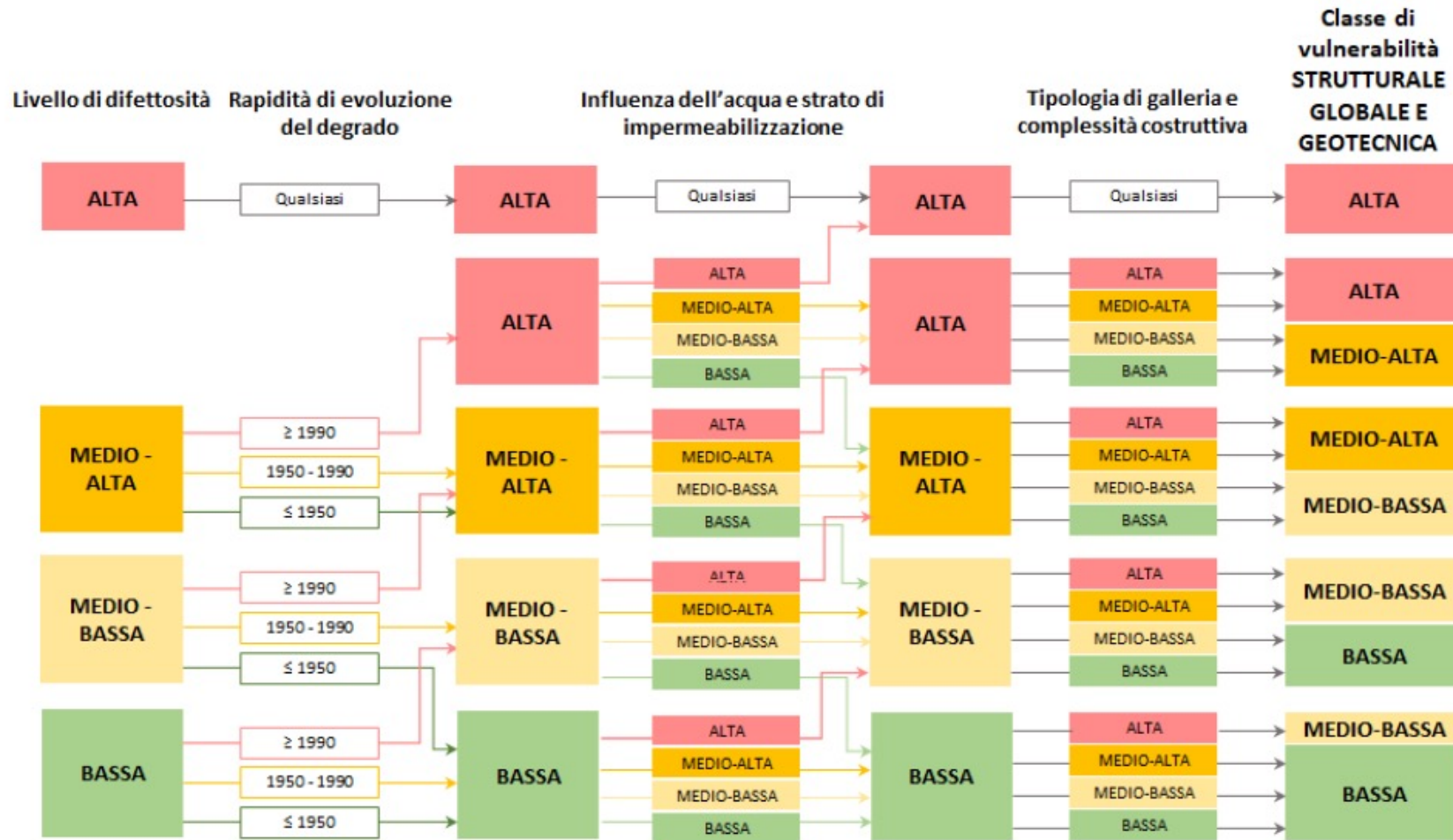
<b>ALTA</b>	Livello di conoscenza e affidabilità del modello geomeccanico nullo
<b>MEDIA</b>	Livello di conoscenza e affidabilità del modello geomeccanico medio
<b>BASSA</b>	Livello di conoscenza e affidabilità del modello geomeccanico approfondito

<b>Classe A</b>	Ammasso roccioso o terreno con medie e medio-basse caratteristiche geomeccaniche che ha richiesto un rivestimento di prima fase e/o l'uso sistematico di consolidamenti per conseguire la stabilizzazione del cavo prima della realizzazione del rivestimento definitivo
<b>Classe B</b>	Ammasso roccioso o terreno con buone caratteristiche geomeccaniche, autoportante in fase di scavo, con uso occasionale di bullonatura

<b>Classe A</b>	Opere, infrastrutture superficiali e/o versanti instabili che inducono rilevanti variazioni di carico per gallerie con bassa copertura
<b>Classe B</b>	Opere, infrastrutture superficiali e/o versanti instabili che inducono rilevanti variazioni di carico per gallerie con media copertura o opere e/o infrastrutture superficiali che inducono basse variazioni di carico per gallerie a bassa copertura



# CdV Strutturale Globale e Geotecnica



# CdV Strutturale Globale e Geotecnica

<b>ALTA</b>	Difetti di gravità alta o medio-alta ( $G=4$ , $G=3$ ) e di qualsiasi intensità su elementi critici (calotta e/o reni) o presenza di condizioni critiche (quadri fessurativi molto estesi ed intensi, difetti costruttivi, abbassamento in chiave del concio)
<b>MEDIO-ALTA</b>	Difetti di gravità alta o medio-alta ( $G=4$ , $G=3$ ) e di intensità elevata su elementi non critici tali da poter innescare in futuro una crisi che potrà compromettere la statica dell'opera o la sua funzionalità
<b>MEDIO-BASSA</b>	Difetti di gravità medio-alta ( $G=3$ ) con intensità medio-bassa o difetti di gravità medio-bassa e bassa ( $G=2$ , $G=1$ ) e di qualsiasi intensità, in numero elevato
<b>BASSA</b>	Difetti di gravità medio-bassa o bassa ( $G=2$ , $G=1$ ) e di qualsiasi intensità, in numero esiguo

Il livello di difettosità è valutabile dall'elaborazione, mediante giudizio esperto, dei risultati delle indagini di Livello 1, con riferimento a parte 1 (difetti dei materiali del rivestimento) e parte 3 (difetti relativi ad elementi strutturali e alla geometria in termini di fessure, deformazioni, difetti costruttivi, difetti associati al fuoco e alla scarsa manutenzione) delle schede di difettosità. Qualora si sia in presenza di difetti segnalati con PSg e PSI la galleria deve essere considerata in CdA ALTA, qualificata con l'indice di diffusione.

# CdV Strutturale Globale e Geotecnica

- periodo di costruzione o dell'ultimo intervento di manutenzione significativo antecedente al 1950;
- periodo di costruzione o dell'ultimo intervento di manutenzione significativo compreso tra il 1950 e il 1990;
- periodo di costruzione o dell'ultimo intervento di manutenzione significativo posteriore al 1990.

<b>ALTA</b>	Presenza o evidenza di acqua percolante
<b>MEDIO-ALTA</b>	Presenza di stillicidi diffusi in corrispondenza dei giunti di getto e delle fessure o di tracce di passaggio di acqua
<b>MEDIO-BASSA</b>	Presenza di stillicidi occasionali in galleria con uno strato di impermeabilizzazione o assenza di stillicidi in galleria non impermeabilizzata
<b>BASSA</b>	Assenza di acqua percolante o stillicidi in galleria con strato di impermeabilizzazione o di tracce di passaggio di acqua

Il livello di difettosità non è sufficiente a stimare la vulnerabilità: occorre integrare tale informazione con considerazioni circa la rapidità di evoluzione del degrado. In prima battuta, a parità di degrado presente, si può affermare che gallerie più giovani e gallerie i cui rivestimenti sono interessanti da circolazione d'acqua sono soggette a degrado più rapido

# CdV Strutturale Globale e Geotecnica

Geometria e schema statico	Materiale	$D \leq 7 \text{ m}$	$7 \text{ m} < D < 11 \text{ m}$	$11 \text{ m} \leq D < 15 \text{ m}$	$D \geq 15 \text{ m}$
Galleria non rivestita	/	Per gallerie di questa tipologia fare riferimento a fenomeni di instabilità locale.			
Galleria con rivestimento di calcestruzzo proiettato	calcestruzzo proiettato	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
Galleria a ferro di cavallo (senza arco rovescio)	muratura	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	calcestruzzo	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
	c.a.	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA
	mista*	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
Galleria a ferro di cavallo (con platea di contrasto sub-orizzontale)	muratura	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	calcestruzzo	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
	mista*	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
Galleria (con arco rovescio)	calcestruzzo	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
Galleria circolare (conci prefabbricati)	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
Galleria scatolare	c.a.	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA

# CdV Strutturale Globale e Geotecnica

Geometria e schema statico	Materiale	$D \leq 7 \text{ m}$	$7 \text{ m} < D < 11 \text{ m}$	$11 \text{ m} \leq D < 15 \text{ m}$	$D \geq 15 \text{ m}$
Galleria non rivestita	/	Per gallerie di questa tipologia fare riferimento a fenomeni di instabilità locale.			
Galleria con rivestimento di calcestruzzo proiettato	calcestruzzo proiettato	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
Galleria a ferro di cavallo (senza arco rovescio)	muratura	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	calcestruzzo	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
	c.a.	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA
	mista*	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
Galleria a ferro di cavallo (con platea di contrasto sub-orizzontale)	muratura	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	calcestruzzo	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
	mista*	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
Galleria (con arco rovescio)	calcestruzzo	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
Galleria circolare (conci prefabbricati)	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
Galleria scatolare	c.a.	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA



# CdV Strutturale Globale e Geotecnica

Geometria e schema statico	Materiale	$D \leq 7 \text{ m}$	$7 \text{ m} < D < 11 \text{ m}$	$11 \text{ m} \leq D < 15 \text{ m}$	$D \geq 15 \text{ m}$
Galleria non rivestita	/	Per gallerie di questa tipologia fare riferimento a fenomeni di instabilità locale.			
Galleria con rivestimento di calcestruzzo proiettato	calcestruzzo proiettato	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
Galleria a ferro di cavallo (senza arco rovescio)	muratura	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	calcestruzzo	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
	c.a.	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA
	mista*	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
Galleria a ferro di cavallo (con platea di contrasto sub-orizzontale)	muratura	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	calcestruzzo	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
	mista*	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
Galleria (con arco rovescio)	calcestruzzo	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
Galleria circolare (conci prefabbricati)	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
Galleria scatolare	c.a.	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA

# CdV Strutturale Globale e Geotecnica

Geometria e schema statico	Materiale	$D \leq 7 \text{ m}$	$7 \text{ m} < D < 11 \text{ m}$	$11 \text{ m} \leq D < 15 \text{ m}$	$D \geq 15 \text{ m}$
Galleria non rivestita	/	Per gallerie di questa tipologia fare riferimento a fenomeni di instabilità locale.			
Galleria con rivestimento di calcestruzzo proiettato	calcestruzzo proiettato	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
Galleria a ferro di cavallo (senza arco rovescio)	muratura	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	calcestruzzo	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
	c.a.	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA
	mista*	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
Galleria a ferro di cavallo (con platea di contrasto sub-orizzontale)	muratura	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	calcestruzzo	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
	mista*	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
Galleria (con arco rovescio)	calcestruzzo	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
Galleria circolare (conci prefabbricati)	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
Galleria scatolare	c.a.	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA

# CdV Strutturale Globale e Geotecnica

Geometria e schema statico	Materiale	$D \leq 7 \text{ m}$	$7 \text{ m} < D < 11 \text{ m}$	$11 \text{ m} \leq D < 15 \text{ m}$	$D \geq 15 \text{ m}$
Galleria non rivestita	/	Per gallerie di questa tipologia fare riferimento a fenomeni di instabilità locale.			
Galleria con rivestimento di calcestruzzo proiettato	calcestruzzo proiettato	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
Galleria a ferro di cavallo (senza arco rovescio)	muratura	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	calcestruzzo	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
	c.a.	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA
	mista*	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
Galleria a ferro di cavallo (con platea di contrasto sub-orizzontale)	muratura	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	calcestruzzo	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
	mista*	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
Galleria (con arco rovescio)	calcestruzzo	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
Galleria circolare (conci prefabbricati)	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
Galleria scatolare	c.a.	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA

Classe A	Alto grado di disturbo in fase di scavo - Problematiche realizzative elevate - alta complessità dell'ammasso roccioso/terreno - formazione di fornelli e crolli in sede costruttiva - gallerie parietali in frana
Classe B	Medio grado di disturbo in fase di scavo - Problematiche realizzative medie - Media complessità dell'ammasso roccioso/terreno e/o sporadici crolli e assenza di fornelli in sede costruttiva
Classe C	Basso grado di disturbo in fase di scavo - Problematiche realizzative assenti - Bassa complessità dell'ammasso roccioso/terreno e/o assenza di fornelli in sede costruttiva

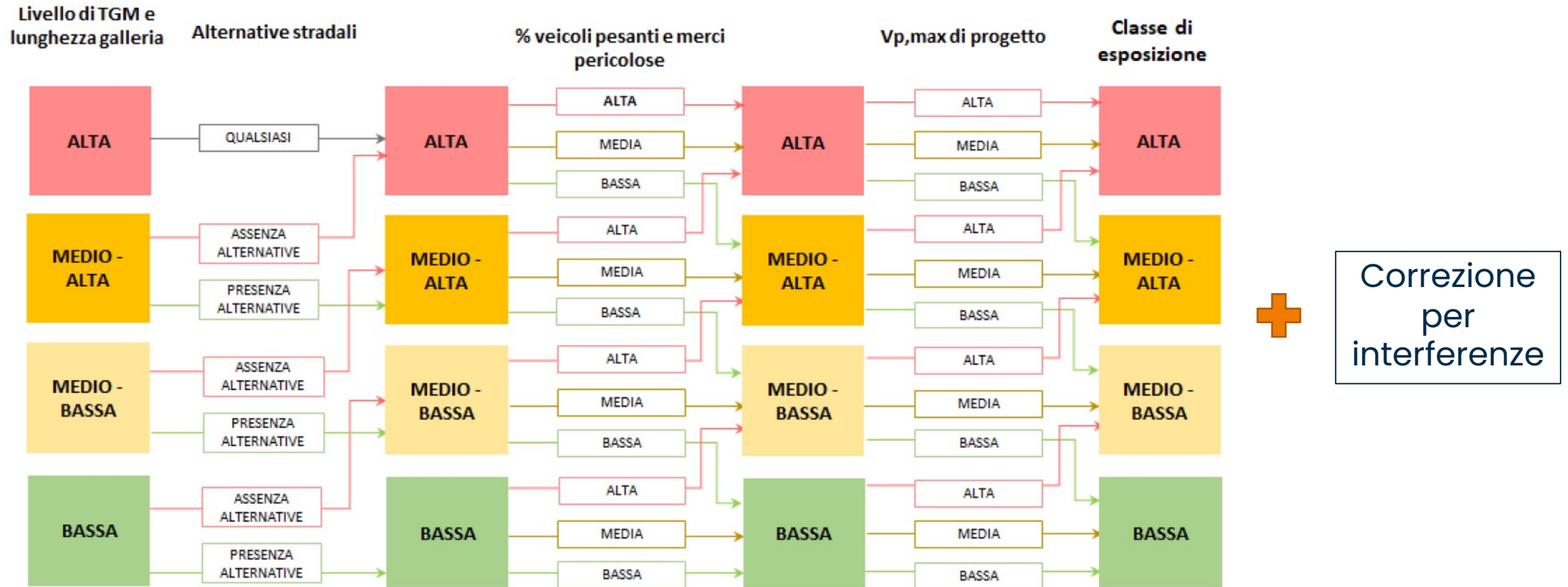
# CdV Strutturale Globale e Geotecnica

Geometria e schema statico	Materiale	D ≤ 7 m	7m < D < 11m	11m ≤ D < 15m	D ≥ 15 m
Galleria non rivestita	/	Per gallerie di questa tipologia fare riferimento a fenomeni di instabilità locale.			
Galleria con rivestimento di calcestruzzo proiettato	calcestruzzo proiettato	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
Galleria a ferro di cavallo (senza arco rovescio)	muratura	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	calcestruzzo	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
	c.a.	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA
	mista*	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
Galleria a ferro di cavallo (con platea di contrasto sub-orizzontale)	muratura	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	calcestruzzo	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
	mista*	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	ALTA
Galleria (con arco rovescio)	calcestruzzo	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
Galleria circolare (conci prefabbricati)	c.a.	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA
Galleria scatolare	c.a.	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA

Classe A	Alto grado di disturbo in fase di scavo - Problematiche realizzative elevate - alta complessità dell'ammasso roccioso/terreno - formazione di fornelli e crolli in sede costruttiva - gallerie parietali in frana
Classe B	Medio grado di disturbo in fase di scavo - Problematiche realizzative medie - Media complessità dell'ammasso roccioso/terreno e/o sporadici crolli e assenza di fornelli in sede costruttiva
Classe C	Basso grado di disturbo in fase di scavo - Problematiche realizzative assenti - Bassa complessità dell'ammasso roccioso/terreno e/o assenza di fornelli in sede costruttiva

		Tipologia di galleria			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
Complessità costruttiva	Classe A	Alta	Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa
	Classe B	Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
	Classe C	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa	Bassa

# CdE Strutturale Globale e Geotecnica



# CdE Strutturale Globale e Geotecnica

<b>ALTA</b>	$\geq 40000$ veicoli/giorno
<b>MEDIO-ALTA</b>	$25000 \leq \text{veicoli/giorno} < 40000$
<b>MEDIO-BASSA</b>	$10000 \leq \text{veicoli/giorno} < 25000$
<b>BASSA</b>	$< 10000$ veicoli/giorno

<b>Classe A</b>	$L \geq 3000$ m
<b>Classe B</b>	$1000\text{m} \leq L < 3000\text{m}$
<b>Classe C</b>	$500\text{m} \leq L < 1000\text{m}$
<b>Classe D</b>	$L < 500$ m

	$L < 500$ m	$500\text{m} \leq L < 1000\text{m}$	$1000\text{m} \leq L < 3000\text{m}$	$L \geq 3000$ m
$\geq 40000$ veicoli/giorno	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA
$25000 \leq \text{veicoli/giorno} < 40000$	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA	ALTA
$10000 \leq \text{veicoli/giorno} < 25000$	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA
$< 10000$ veicoli/giorno	BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	ALTA

<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Bassa</b>
$\text{veicoli pesanti} > 15\%$	$5\% < \text{veicoli pesanti} \leq 15\%$	$\text{veicoli pesanti} \leq 5\%$

<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Bassa</b>
$120 \leq V_{\text{max}} \leq 140$ km/h	$80 \leq V_{\text{max}} < 120$ km/h	$V_{\text{max}} < 80$ km/h

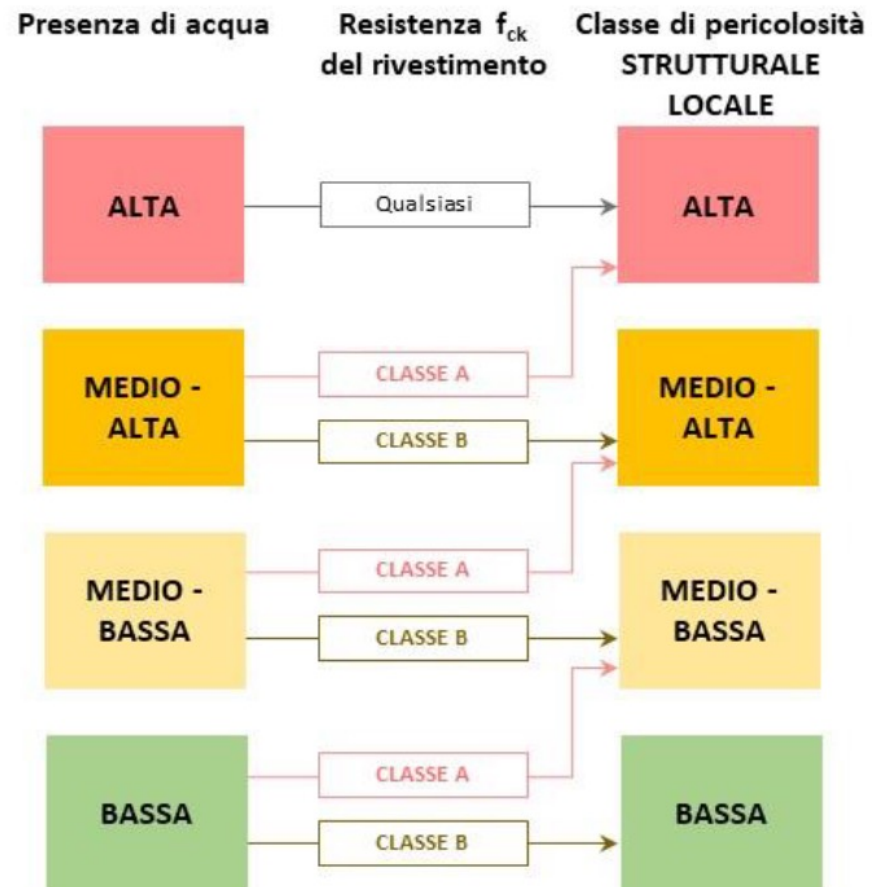
# CdE Strutturale Globale e Geotecnica

<b>Classe A</b>	In presenza di edifici/infrastrutture superficiali interferenti con la galleria con bassa copertura (ad esempio imbocchi)
<b>Classe B</b>	In presenza di gallerie profonde o gallerie con bassa copertura senza evidente interferenza con opere superficiali

		Tipologia di galleria			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
Interferenza con edifici ed infrastrutture	CLASSE A	Alta	Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa
	CLASSE B	Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa

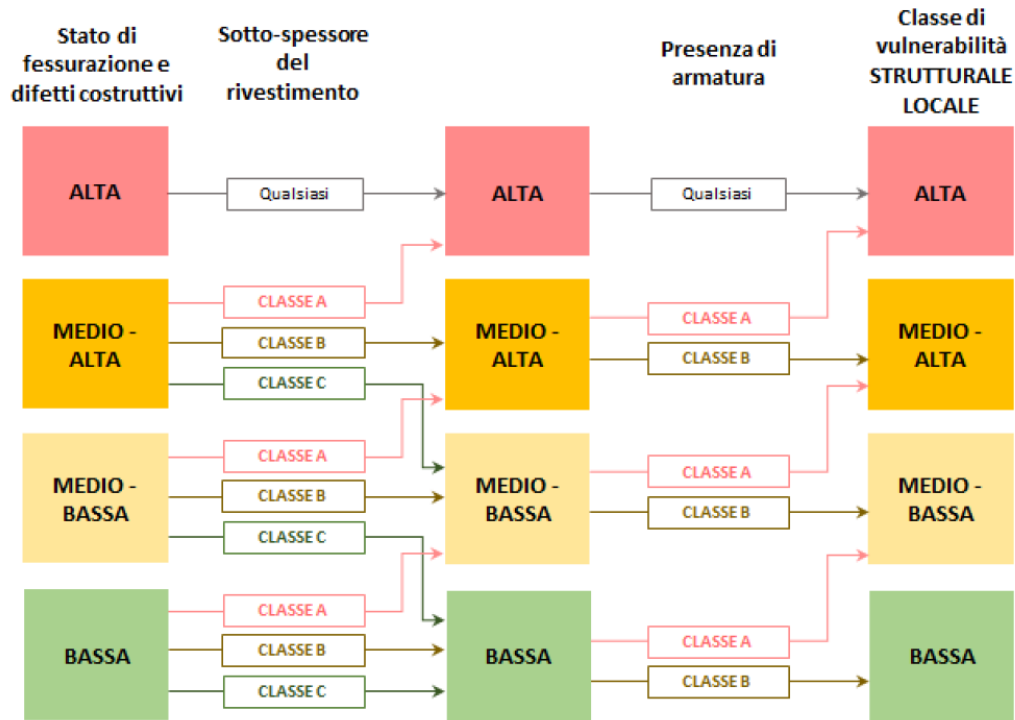


# CdP Strutturale Locale



Classe A	$f_{ck} < 20 \text{ Mpa}$ o rivestimento in muratura
Classe B	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$

# CdV Strutturale Locale



ALTA	Quadri fessurativi molto estesi ed intensi e/o difetti costruttivi estesi ed intensi
MEDIO-ALTA	Quadri fessurativi estesi di intensità medio-bassa o quadri fessurativi mediamente estesi di intensità elevata e/o difetti costruttivi estesi di intensità medio-bassa o difetti costruttivi mediamente estesi di intensità elevata
MEDIO-BASSA	Quadri fessurativi mediamente estesi di intensità medio-bassa o quadri fessurativi poco estesi di intensità elevata e/o difetti costruttivi mediamente estesi di intensità medio-bassa o difetti costruttivi poco estesi di intensità elevata
BASSA	Assenza di fessurazione o quadri fessurativi poco estesi di intensità medio-bassa e/o assenza di difetti costruttivi o difetti costruttivi poco estesi di intensità medio-bassa

CLASSE A	< 10 cm
CLASSE B	10-20 cm
CLASSE C	>20 cm

CLASSE A	Rivestimento definitivo non armato o con armatura corrosa
CLASSE B	Rivestimento definitivo armato

# CdE Strutturale Locale

Valutata in modo **analogo** a quella relativa **all'ambito Strutturale Globale e Geotecnico**.

# CdP Stradale

	TORTUOSITA' DEL TRACCIATO DELLA GALLERIA		
	Alta	Media	Bassa
CLASSE A	ALTA	ALTA	ALTA
CLASSE B	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA
CLASSE C	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
CLASSE D	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

Classe A	$L \geq 3000 \text{ m}$
Classe B	$1000\text{m} \leq L < 3000\text{m}$
Classe C	$500\text{m} \leq L < 1000\text{m}$
Classe D	$L < 500 \text{ m}$



	TORTUOSITA' DEL TRACCIATO DELLA GALLERIA		
	Alta	Media	Bassa
CLASSE A	ALTA	ALTA	ALTA
CLASSE B	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA
CLASSE C	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
CLASSE D	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

# CdA Stradale

Nella definizione della Classe di Vulnerabilità stradale le Linee guida forniscono delle **indicazioni**.

Viene fornita un'indicazione circa la **vulnerabilità «proposta»** in funzione di della tipologia di struttura, al suo materiale e al suo spessore (Tabella 4.26) a cui vengono aggiunte delle indicazioni circa il livello di difettosità e l'età della pavimentazione (Tabella 4.25).

**CdE = Analogo a CdE Strutturale Globale e Geotecnica**

ALTA	Difetti di gravità alta del piano viabile e di qualsiasi estensione e intensità la cui presenza può essere con-causa nel compromettere la sicurezza degli utenti con alti livelli di severità degli incidenti.
MEDIO-ALTA	Difetti di gravità medio-alta ed estensione e intensità elevata sul piano viabile, la cui presenza può contribuire a compromettere la sicurezza della circolazione con un ascrivibile medio-alto livello di severità degli incidenti.
MEDIO-BASSA	Difetti di gravità medio-bassa con intensità ed estensione medio-bassa, la cui presenza può compromettere la sicurezza della circolazione con livelli di severità medio- bassi degli incidenti.
BASSA	Difetti di gravità bassa di qualsiasi estensione e intensità che non contribuiscono in maniera significativa come con-causa nel compromettere la sicurezza degli utenti.

Tipologia di sovrastruttura	Materiale	$S \leq 15 \text{ cm}$	$15 < S \leq 25 \text{ cm}$	$25 < S \leq 35 \text{ cm}$	$35 < S \leq 45 \text{ cm}$
Flessibile	Conglomerato bituminoso	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
	Misto granulare	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
Semirigida	Conglomerato bituminoso	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA
	Misto cementato	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA
	Misto granulare	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA
Rigida in cls a lastre giuntate	Conglomerato cementizio	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA
	Misto cementato	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA
	Misto granulare	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA
Rigida in cls ad armatura continua	Conglomerato cementizio armato	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA
	Misto cementato	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA
	Misto granulare	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA

# CdS Geologica associata al rischio frane

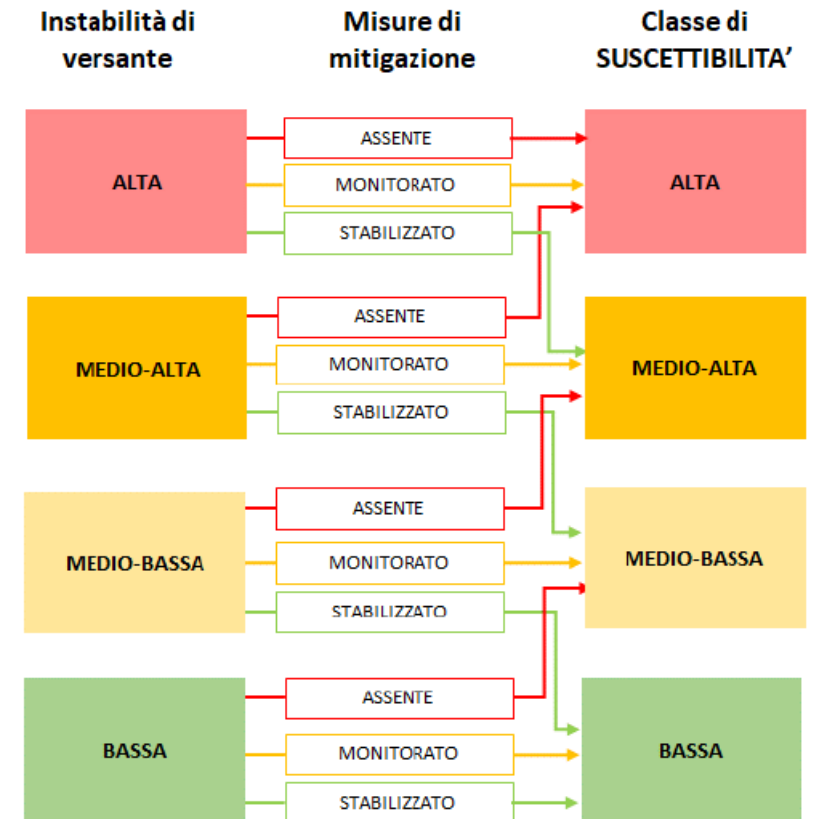
Attiva al momento dell'esame o con segni di movimento in atto	Sospesa (Attivo nell'ultimo ciclo stagionale)	Quiescente (Non attivo da più di un ciclo stagionale ma riattivabile)	Inattiva (Non attivo da diversi cicli stagionali) o Stabilizzata
ALTO	MEDIO-ALTO	MEDIO-BASSO	BASSO
$> 1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6 + 3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4 \rightarrow 1 \cdot 10^3$	$< 1 \cdot 10^3$
Estremamente/molto grande	Grande	Media	Piccola- Molto piccola
ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
$> 50\text{mm/anno}$	$50\text{mm/anno} + 10\text{mm/anno}$	$< 10 \text{ mm /anno}$	
ALTA	MEDIA	BASSA	

Classe di attività FRANA ATTIVA O SOSPESA

		Classe di Magnitudo			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
classe di velocità	Alta	ALTA			
	Media	ALTA		MEDIO-ALTA	
	Bassa	MEDIO-ALTA		BASSA	

Classe di attività QUIESCENTE

		Classe di Magnitudo			
		Alta	Medio-Alta	Medio-Bassa	Bassa
classe di velocità	Alta	ALTA		MEDIO-ALTA	
	Media	ALTA		MEDIO-BASSA	
	Bassa	BASSA			



# CdV Geologica associata al rischio frane

La Classe di Vulnerabilità è dettata dal rapporto tra le **condizioni geomorfologiche** della gallerie e il tracciato della galleria. Questa relazione è modificata in base al **grado di incertezza** relativa a tale informazione.

	Livello di conoscenza	
	<i>Limitata</i>	<i>Buona</i>
<i>grande copertura (&gt;50) m</i>	MEDIO-BASSA	BASSA
<i>Media copertura (20-50m) e gallerie parietali</i>	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
<i>Bassa copertura (&lt;20m) e zone di imbocco</i>	ALTA	MEDIO-ALTA

**CdE = Analogo a CdE Strutturale Globale e Geotecnica**



# CdP Sismica

Assetto geologico				
	Attraversamento o prossimità a faglie attive e capaci	Assetti geologici estremamente complessi: Intenso grado di fratturazione e significativi contrasti di rigidezza dei litotipi attraversati	Assetti geologici complessi: litotipi fratturati e contrasti di rigidezza dei litotipi attraversati	Assetti geologici semplice (formazione attraversata omogenea a comportamento duttile)
$P_g$	8	6	4	2
Accelerazione in superficie con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )				
	$>0,25$	$0.15 < a_g \leq 0.25$	$0.05 < a_g \leq 0.15$	$a_g \leq 0.05$
$P_a$	4	3	2	1
$P_s = P_g + P_a$			Pericolosità Sismica	
10 - 12			ALTA	
8 - 9			MEDIO - ALTA	
5 - 7			MEDIO-BASSA	
3 - 4			BASSA	

La classe così determinata viene incrementata di un livello se si è in presenza di **effetti di amplificazione** sismica (Categorie di sottosuolo C o D)

Categoria C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente con sistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Categoria D: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine a scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

# CdV Sismica

La Classe di Vulnerabilità è data dalla combinazione tra le **condizioni geomorfologiche** in cui si trova la galleria e la **copertura**.

	Posizione morfologica				
	Tratti di galleria parietali con imbocchi su versanti con pendenza $\geq 25^\circ$	Tratti di galleria parietali con imbocchi su versanti con pendenza $< 25^\circ$	Tratti di galleria con ricoprimento inferiore a 50 m e gallerie superficiali	Tratti di galleria profonda ( $>$ di 50 m)	Tratti di galleria artificiale di pianura e sottopassi
CdV	ALTA	MEDIO ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA

**CdE = Analogo a CdE Strutturale Globale e Geotecnica + Strategicità dell'opera**

# CdP Idraulica

Ottenuta per combinazione di **afflussi meteorici** e posizione della **quota piezometrica**.

Intensità di pioggia ( $d = 1$  ora,  $Tr = 20$  anni)

ALTA	>60 mm/h
MEDIO – ALTA	50-60 mm/h
MEDIO – BASSA	40-50 mm/h
BASSA	<40 mm/h

Superficie contribuyente:

BASSA – solo i tratti non coperti degli accessi

MEDIA – sono presenti fossi di guardia per la delimitazione della superficie contribuyente

ALTA – altrimenti

Intensità di precipitazione	Superficie contribuyente	Classe di pericolosità
ALTA	ALTA	ALTA
	MEDIA	
	BASSA	
MEDIO – ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA
	MEDIA	
	BASSA	
MEDIO – BASSA	ALTA	MEDIO-BASSA
	MEDIA	
	BASSA	
BASSA	ALTA	BASSA
	MEDIA	
	BASSA	

# CdP Idraulica

Ottenuta per combinazione di **afflussi meteorici** e posizione della **quota piezometrica**.

Conducibilità idraulica:

ALTA – in presenza di rocce fratturate e terreni a grana grossa

BASSA – in presenza di terreni a grana fine, roccia compatta o in presenza di un sistema di impermeabilizzazione e assenza di stillicidi

ALTA	Egual o superiore al cielo della galleria
MEDIO – ALTA	Compresa fra il cielo e metà altezza della galleria
MEDIO – BASSA	Compresa fra metà altezza della galleria e il fondo
BASSA	Egual o inferiore al fondo della galleria

Quota di falda/piezometrica	Conducibilità idraulica/difetto impermeabilizzazione	Classe di pericolosità
ALTA	ALTA	ALTA
	BASSA	MEDIO – ALTA
MEDIO – ALTA	ALTA	
	BASSA	MEDIO – BASSA
MEDIO – BASSA	ALTA	
	BASSA	BASSA
BASSA	ALTA	
	BASSA	

# CdV Idraulica

## Sistema di cattura:

1. Organi di cattura puntuali in misura inferiore ad uno ogni 200 m<sup>2</sup>
2. Organi di cattura lineari e puntuali in misura superiore ad uno ogni 200 m<sup>2</sup>

**Sistema di convogliamento ispezionabile:** ovvero realizzato con canaline scopribili nel loro sviluppo, o con condotte chiuse intervallate da pozzetti di ispezione ad ogni deviazione piano-altimetrica e comunque a distanze non superiori a 50 m.

Restituzione	Sistema di convogliamento	Sistema di cattura	Vulnerabilità
CON SOLLEVAMENTO	NON ISPEZIONABILE	A, B	ALTA
		C*	MEDIO – ALTA
	ISPEZIONABILE	A	MEDIO – BASSA
		B, C*	MEDIO – BASSA
A GRAVITÀ	NON ISPEZIONABILE	A, B*	MEDIO – ALTA
		C*	MEDIO – BASSA
	ISPEZIONABILE	A	MEDIO – BASSA
		B, C	BASSA

# CdV Idraulica

La Classe di Vulnerabilità Idraulica è funzione della tipologia di restituzione (sollevamento/a gravità), dell'ispezionabilità del sistema di convogliamento, della tipologia e quantità di sistemi di cattura e del loro grado di intasamento.

Viene introdotta una specifica **riduzione di vulnerabilità** per **sistemi semaforici** automatici controllati da sistemi di sicurezza ridondanti.

Restituzione	Sistema di convogliamento	Sistema di cattura	Vulnerabilità
CON SOLLEVAMENTO	NON ISPEZIONABILE	A, B	ALTA
		C*	MEDIO – ALTA
	ISPEZIONABILE	A	MEDIO – BASSA
		B, C*	MEDIO – BASSA
A GRAVITÀ	NON ISPEZIONABILE	A, B*	MEDIO – ALTA
		C*	MEDIO – BASSA
	ISPEZIONABILE	A	BASSA
		B, C	BASSA

# CdE Idraulica

Il valore soglia 80 km/h è riferito al manifestarsi del fenomeno di **acquaplaning**.

I sistemi di riduzione dell'esposizione sono sostanzialmente **itinerari alternativi** che, per  $TGM > 10000$  veicoli/giorno, devono essere **adeguatamente segnalati** per essere presi in considerazione.

TGM	VELOCITÀ MASSIMA	SISTEMI DI RIDUZIONE DELL'ESPOSIZIONE	ESPOSIZIONE
veicoli/giorno $\geq 40000$	> 80 km/h	NO	ALTA
		SI	
	< 80 km/h	NO	MEDIO-ALTA
		SI*	
$25000 \leq$ veicoli/giorno < 40000	> 80 km/h	NO	ALTA
		SI*	MEDIO-ALTA
	< 80 km/h	NO	MEDIO-BASSA
		SI*	MEDIO-BASSA
$10000 \leq$ veicoli/giorno < 25000	> 80 km/h	NO	MEDIO-ALTA
		SI*	MEDIO-BASSA
	< 80 km/h	NO	BASSA
		SI*	BASSA
veicoli/giorno < 10000	> 80 km/h	NO	MEDIO-BASSA
		SI	BASSA
	< 80 km/h	NO	MEDIO-BASSA
		SI	BASSA

\* Solo se in combinazione con la presenza di opportuni sistemi di segnalazione, altrimenti è NO e l'esposizione passa al livello superiore.



# CdA Idraulica

## Pericolosità specifica

Pericolosità	Vulnerabilità			
	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
MEDIO-ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	BASSA

## Classe di Attenzione

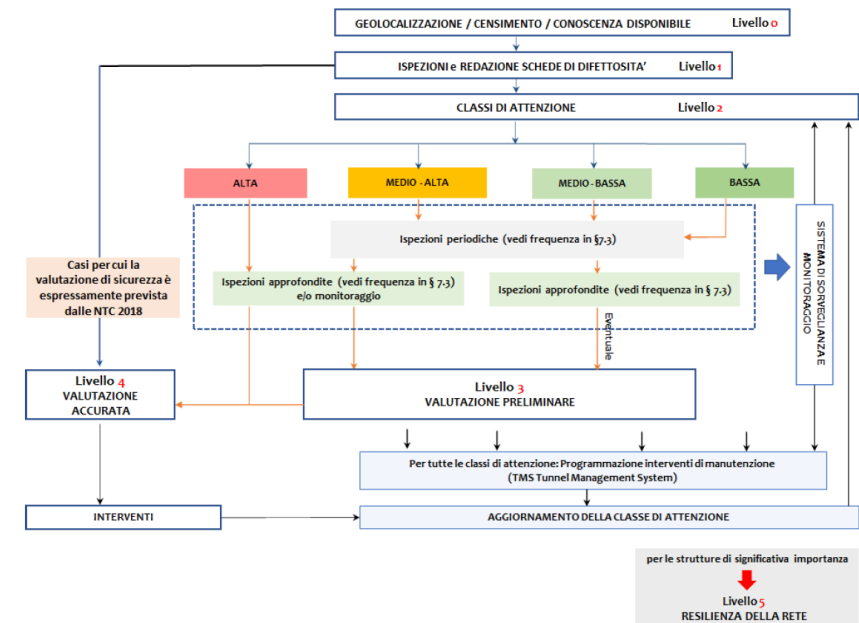
Pericolosità specifica	Esposizione			
	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	BASSA
ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
MEDIO-ALTA	ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA
MEDIO-BASSA	MEDIO-ALTA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	BASSA
BASSA	MEDIO-BASSA	MEDIO-BASSA	BASSA	BASSA

# Valutazioni della sicurezza

«La **valutazione della sicurezza** di una struttura esistente è un **procedimento quantitativo**, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali»

I risultati conseguiti dalla valutazione preliminare possono condurre:

- Ad una **conferma** di un rischio significativo per lo specifico ambito, come precedentemente attribuito alla gallerie e quindi procedere ad una **valutazione accurata**
- Ad una **ridefinizione** della Classe di Attenzione



# Valutazioni della sicurezza

In attuazione del §8.3 delle NTC, «la valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- Riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione, danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;
- Provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- Cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;
- Esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità;
- Ogni qualvolta si eseguano interventi strutturali di cui al §8.4 (NTC2018);
- Opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione»

# Valutazioni della sicurezza

A seguito della realizzazione di interventi locali che riguardano singole parti della struttura, volti a **ripristinare le caratteristiche iniziali** di parte danneggiate anche allo scopo di impedire meccanismi di collasso locale, la valutazione della sicurezza potrà essere riferita alle sole parti degli elementi interessati dimostrando che, **rispetto alla configurazione precedente al danno** non vengano prodotte sostanziali modifiche della struttura nel suo insieme e che gli interventi non comportino una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti.

# Valutazioni della sicurezza

Per le **valutazioni preliminari** le Linee guida indicano la necessità di utilizzare metodi semplificati (ad esempio il metodo delle curve caratteristiche, la valutazione dei quadri fessurativi su rivestimenti e pavimentazione)

Per le **valutazioni accurate** viene richiesta l'adozione di modelli numerici piani o tridimensionali con simulazione delle fasi di scavo, la caratterizzazione della qualità dei materiali e dei fattori che possano favorirne il degrado, le analisi profonde del sottofondo stradale, la presenza di interazione con fenomeni franosi e la valutazione dell'intero sistema di drenaggio.

# Monitoraggi e indagini

## **Indagini e monitoraggi geotecnici:**

- Fenomeni indotti da movimenti franosi e subsidenza (estensione, profondità, velocità)
- Fenomeni indotti dalla perdita di tenuta idraulica (cause della perdita di tenuta: modifiche delle condizioni al contorno, deformazioni del rivestimento)
- Fenomeni indotti dal rigonfiamento del terreno (argille e anidridi + acqua)

## **Indagini e monitoraggi strutturali:**

- Valutazione delle condizioni di degrado dei materiali in opera (umidità, UCS, carbonatazione, cloruri, corrosione delle armature, larghezza e profondità delle fessure e loro evoluzione)

## **Indagini e monitoraggi sovrastruttura stradale:**

- Regolarità del piano viabile, coefficiente aderenza trasversale, portanza della sovrastruttura

# Adempimenti

- Il Gestore deve designare per ogni galleria un **responsabile** sulla cui attività dovrà vigilare
- Entro il completamento del Livello 2, il Gestore dovrà provvedere alla redazione di un **documento ad integrazione del Piano di Manutenzione contenente:**
  - Frequenza e modalità di ispezioni
  - Programma dei controlli delle effettive condizioni della galleria
  - Programma dei rilievi e delle misure (tipologia, ubicazione e frequenza)
  - Eventuali soglie di attenzione per le gallerie in classe Alta
- Le Linee guida disciplinano le sole **attività ispettive di pertinenza dei Gestori** e non disciplinano altre attività valutative svolte nei confronti dei gestori, dei processi o delle infrastrutture, quali quelle svolte da Organismi di Certificazione



# Adempimenti – Ispezioni

In presenza di schermi di protezione applicati al rivestimento, o di qualunque altro ostacolo che non consenta la sua ispezione visiva, nel corso della ispezione iniziale e delle prime ispezioni approfondite si dovrà necessariamente, se non già individuate le zone critiche da precedenti indagini già disponibili, procedere alla rimozione temporanea di tutti i pannelli applicati al rivestimento o comunque si adotteranno procedure che consentano di avere una dettagliata cognizione di tutte le porzioni di rivestimento. Per le ispezioni periodiche ed approfondite successive si potrà procedere a rimozioni dei pannelli localizzate, a campione o concentrate in alcune specifiche zone, secondo le indicazioni che saranno in proposito evidenziate in sede di attribuzione della Classe di attenzione di cui la Livello 2 e comunque a giudizio del responsabile di ispezione.

# Adempimenti

- I Gestori devono predisporre con cadenza annuale la «**Relazione sullo stato di sicurezza e conservazione delle gallerie di competenza**» i quali contenuti minimi sono:

Elenco delle gallerie corredato dalle principali indicazioni sulla localizzazione e sulle caratteristiche geometriche, con associata Classe di attenzione al 31 dicembre di ciascun anno e gli indicatori per ciascuna tipologia di rischio specialistico che la determina

Consuntivo delle attività ispettive, di indagine, di manutenzione eseguite nel corso dell'anno

Evidenza delle modifiche di classificazione intervenute nel corso dell'anno, con eventi e motivazioni che hanno condotto a tale modifica

Approfondimenti di indagine e interventi in corso o programmati

Elementi relativi a risorse economiche e di personale impiegate e programmate

Gli eventi di rilievo occorsi nell'anno, le conseguenti ispezioni straordinarie ed eventuali provvedimenti adottati

Note informative del gestore su particolari esperienze afferenti alla sicurezza nelle gallerie, utili quali ritorni di esperienza per il settore e da assumere quale riferimento per l'aggiornamento delle Linee guida

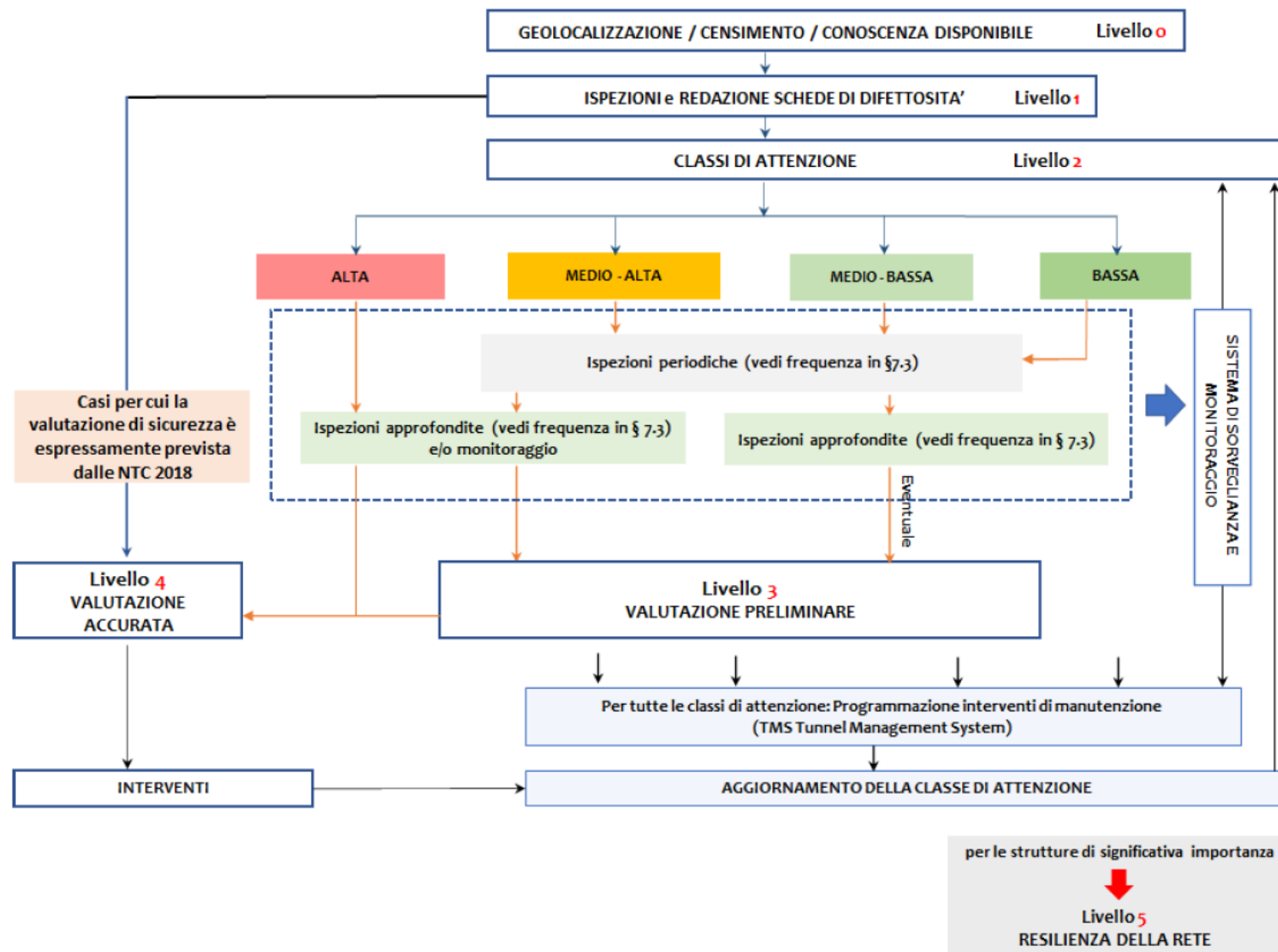
# Adempimenti

- Le ispezioni iniziali devono essere condotte da personale tecnico di adeguata competenza, sia interno che esterno all'organizzazione del Gestore
- Dovrà essere istituito un «**Osservatorio per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio delle gallerie esistenti**» per esaminare l'impatto delle Linee guida e i conseguenti ritorni di esperienza, e per la formulazione di valutazioni per l'**aggiornamento delle Linee guida** stesse.

# Termini di attuazione

Epoca messa in esercizio	Livello 0 – Censimento e livello di conoscenza (§ 2)	Livello 1 – Ispezioni iniziali e schede di difettosità Livello 2 - Analisi dei rischi rilevanti e classificazione su scala territoriale (§ 3 e § 4)
Ante 1970	entro 3 mesi dall'entrata in vigore del decreto di adozione	entro 6 mesi dall'entrata in vigore del decreto di adozione
1971 - 1990	entro 3 mesi dall'entrata in vigore del decreto di adozione	entro 12 mesi dall'entrata in vigore del decreto di adozione
Dopo 1991	entro 3 mesi dall'entrata in vigore del decreto di adozione	entro 18 mesi dall'entrata in vigore del decreto di adozione

# Struttura generale





**Politecnico  
di Torino**

# Catalogo difetti

Smart Infrastructure Academy

---

Andrea Carigi

# Difetti relativi alla struttura – catalogo difetti allegato alle linee guida

- Difetti dovuti dalla presenza dell'acqua
- Difetti causati dal terreno circostante
- Deterioramenti nelle sezioni non rivestite
- Difetti dei materiali di rivestimento (pietra o muratura)
- Difetti dei materiali di rivestimento (calcestruzzo)
- Difetti del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali
- Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – fessure
- Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – deformazioni
- Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – difetti costruttivi
- Difetti associati al fuoco
- Difetti associati alla scarsa manutenzione



# Difetti dovuti dalla presenza dell'acqua



## 1.1 Stillicidi

### Descrizione

Il difetto si manifesta con aree di colorazione diversa da quella del materiale integro, provocate dal passaggio ripetuto di modeste quantità di acqua sulla superficie degli elementi. Nel caso di gallerie rivestite, gli stillicidi si rivelano in corrispondenza di un'anomalia nel rivestimento, come fessure o fori, oppure laddove siano presenti discontinuità tra elementi costruttivi diversi.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione dell'infiltrazione e l'eventuale correlazione con la geologia della formazione ospitante, la presenza di eventuali scarichi/drenaggi deteriorati e di perdita o assenza di impermeabilità del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

Le infiltrazioni d'acqua possono essere particolarmente dannose nelle aree soggette al gelo e sugli impianti di illuminazione.

Questo fenomeno può essere sintomo di altri difetti eventualmente presenti, come discontinuità geologiche, perdite nei sistemi di impermeabilizzazione, ostruzione e/o deterioramento degli scarichi di drenaggio.





# Difetti dovuti dalla presenza dell'acqua



## 1.2 Venute d'acqua

### Descrizione

Il difetto si manifesta con aree di colorazione diversa da quella del materiale integro, provocate dal passaggio ripetuto di consistenti quantità di acqua sulla superficie degli elementi. Nel caso di gallerie rivestite, le venute d'acqua si rivelano in corrispondenza di un'anomalia nel rivestimento, come fessure o fori, oppure laddove siano presenti discontinuità tra elementi costruttivi diversi.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

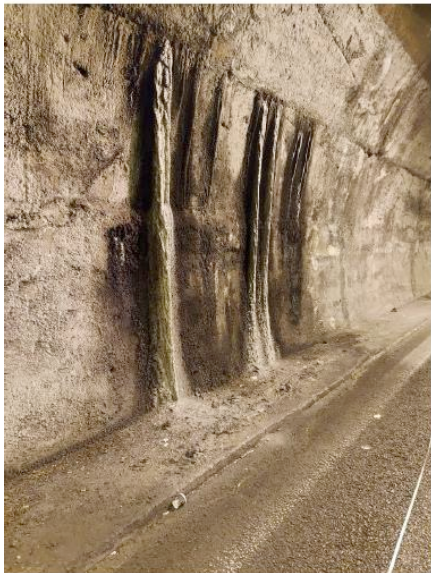
Ispezione visiva per determinare la posizione dell'infiltrazione e l'eventuale correlazione con la geologia della formazione ospitante, la presenza di eventuali scarichi/drenaggi deteriorati e di perdita o assenza di impermeabilità del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

Le infiltrazioni d'acqua possono essere particolarmente dannose nelle aree soggette al gelo e sugli impianti di illuminazione. L'evoluzione nel tempo del fenomeno può provocare l'interruzione del traffico stradale. Questo fenomeno può essere sintomo di altri difetti eventualmente presenti, come discontinuità geologiche, perdite nei sistemi di impermeabilizzazione, ostruzione e/o deterioramento degli scarichi di drenaggio.



# Difetti dovuti dalla presenza dell'acqua



## 1.3 Concrezioni – depositi – incrostazioni

### Descrizione

Aggregato di materiale minerale che si origina da soluzioni acquose, per deposizione di sostanze a intervalli temporali successivi.

Si distinguono in:

- *Concrezione calcarea: cristallizzazioni solide di calcite, comunemente di colore beige/giallastro, spesso presenti in corrispondenza di fessure o di aree umide e porose.*
- *Concrezione di solfato: cristallizzazioni fragili di gesso, di colore biancastro, spesso presenti su crepe e/o articolazioni della superficie.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione delle concrezioni e il loro spessore medio.

Eventuale campionamento per eseguire analisi specifiche per valutarne la natura della composizione.

### Fenomeni di degrado correlati

A questo fenomeno spesso si associa la presenza di difetti come l'infiltrazione di acqua, l'ostruzione dei sistemi di drenaggio, vuoti creati dalla dissoluzione di tali depositi con conseguente indebolimento locale della struttura.



# Difetti dovuti dalla presenza dell'acqua

## 1.4 Effetti del gelo – tracce di sali

### Descrizione

Comunemente l'azione del gelo si presenta sulla superficie degli elementi in varie forme, come ad esempio in lastre di ghiaccio e/o stalattiti. L'azione ciclica di gelo-disgelo provoca sulla superficie dei materiali fenomeni di sgretolamento, sfaldamento o distacco di piccole porzioni fino al suo indebolimento.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e la profondità media delle porzioni distaccate e/o sfaldate del materiale e l'eventuale rottura di scarichi/drenaggi presenti.

Rilevazione di eventuali elementi di armatura in vista.

### Fenomeni di degrado correlati

La presenza prolungata nel tempo del fenomeno e i numerosi cicli di gelo-disgelo possono causare, una volta raggiunto lo strato più interno del materiale, quadri fessurativi, disgregazioni e delaminazione, oltre al blocco dei sistemi di drenaggio.



# Difetti dovuti dalla presenza dell'acqua

## 1.5 Efflorescenze su malta o calcestruzzo

### Descrizione

Il difetto può presentarsi in forma pulverulenta o con filamenti bianchi "baffi" estremamente fragili con composizione salina. Seppur appartenente ad un'ampia categoria di concrezioni superficiali, in questo caso il termine "efflorescenza" ha un significato volutamente limitativo, al fine di identificare questo fenomeno come deterioramento specifico del materiale causato dai solfati.

È un fenomeno tipicamente presente nei getti di calcestruzzo datati o spruzzati e sui rivestimenti di malta.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione delle efflorescenze presenti sui letti di malta o sul calcestruzzo.

### Fenomeni di degrado correlati

A questo fenomeno si possono associare i seguenti difetti: rigonfiamenti interni al rivestimento, distacco di porzioni di materiale del rivestimento, esfoliazione nei rivestimenti in muratura, fessure e concrezioni calcaree.





# Difetti causati dal terreno circostante



## 1.6 Vuoti e cavità

### Descrizione

---

Si distinguono in:

- *Cavità artificiali: scavi realizzati dall'uomo come cave sotterranee di estrazione, canali, gallerie militari di esplorazione ecc.;*
- *Cavità naturali: vuoti naturale tipicamente presente nei terreni scarsamente coesivi.*

Di difficile individuazione se non intercettati dallo scavo della galleria; la loro presenza in zone limitrofe può influenzare la struttura dell'arco e indebolire lo scavo localmente.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Ispezione visiva per determinare la posizione e dimensione dei vuoti e delle cavità, se queste attraversano il rivestimento e sono visibili all'intradosso all'interno della galleria, oppure ispezione tramite indagini georadar e/o battitura meccanica sulla superficie.

### Fenomeni di degrado correlati

---

In concomitanza con questo difetto si possono osservare altri fenomeni, quali ad esempio: cedimento della carreggiata, instabilità dello scavo, colate di detriti nelle aree limitrofe alla struttura, e smottamenti.

# Difetti causati dal terreno circostante



## 1.7 Deterioramento dei portali di imbocco

### Descrizione

I portali di imbocco possono presentare caratteristici fenomeni di degrado, come:

- Quadri fessurativi;
- Fenomeni di degrado superficiale tipici della muratura e del calcestruzzo;
- Difetti di impermeabilizzazione del rivestimento;
- Instabilità dei pannelli di rivestimento;
- Cedimento e/o rotazione del timpano dell'arco causati dallo slittamento del terreno adiacente;
- Instabilità delle formazioni naturali sopra il piano viario.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione, estensione ed ampiezza delle porzioni di superficie deteriorate del portale di imbocco; posizione ed ampiezza delle eventuali fessure; riempimento a tergo di muri di protezione del portale con eventuale instabilità locale e presenza di eventuali interventi di protezione in parete

### Fenomeni di degrado correlati

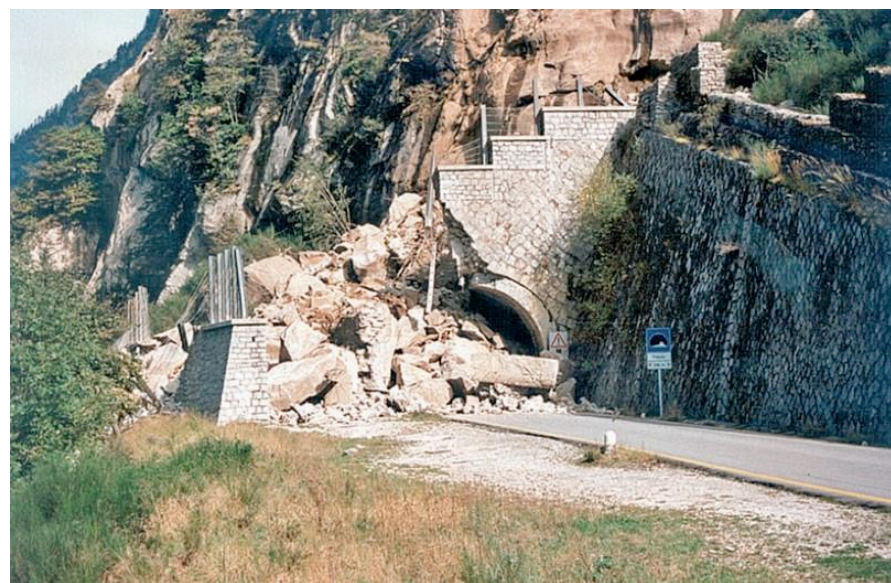
Questo difetto può essere sintomo di altri fenomeni eventualmente presenti, come instabilità dei pendii e infiltrazioni d'acqua





# Difetti causati dal terreno circostante

## 1.8 Instabilità dei pendii



### Descrizione

Il difetto si manifesta con lo spostamento di masse di terreno o roccia da versanti naturali con conseguente mobilitazione di materiale verso la galleria o in prossimità dell'imbocco.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva del versante e ricerca di segni visibili come fratture nel terreno, colate di detriti, distacco di blocchi rocciosi, evidenze di ruscellamento di acque naturali, fessurazione di opere murarie e/o manufatti sui pendii, assenza o rovesciamento della vegetazione.

### Fenomeni di degrado correlati

I fenomeni di degrado correlati all'instabilità dei pendii possono essere: quadri fessurativi sulla struttura della galleria, deformazione della struttura della galleria e deterioramento dei portali di imbocco.

# Deterioramenti nelle sezioni non rivestite

## 1.9 Distacco di blocchi da roccia alterata

### Descrizione

Questo tipo di fenomeno può manifestarsi negli scavi non rivestiti quando le alterazioni esercitate sulla massa rocciosa producono allentamenti lungo i sistemi di discontinuità naturale, alterazione delle caratteristiche della roccia, con conseguente distacco di blocchi dalla massa rocciosa.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la presenza di detriti in carreggiata, rilevamento spaziale delle discontinuità e loro eventuale riempimento, ispezione uditiva mediante battitura sulla superficie di scavo per l'individuazione delle fratture, evidenze di distacchi recenti con porzioni di roccia in vista meno alterata.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: presenza di materiali o di trasudamenti lungo le discontinuità della massa rocciosa.





# Deterioramenti nelle sezioni non rivestite

## 1.10 Distacco di porzioni da roccia stratificata

### Descrizione

---

Questo tipo di fenomeno può manifestarsi negli scavi non rivestiti realizzati in formazioni rocciose stratificate, il fenomeno si presenta con strati o lastre prossime al distacco.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Ispezione visiva per determinare la presenza di detriti in carreggiata e ispezione uditiva mediante battitura sulla superficie di scavo per l'individuazione delle fratture. Evidenza di distacchi di roccia pregressi mediante difetti di sagoma, presenza di superficie fresche in vista, eventuali provvedimenti di protezione e rinforzo adottati locali o globali per l'intera sezione

### Fenomeni di degrado correlati

---

A questo difetto si può associare l'indebolimento lungo la fessurazione e stratificazione naturale e della roccia.



# Difetti dei materiali di rivestimento (pietra o muratura)

## 1.11 Deterioramento superficiale a nido d'ape

### Descrizione

Fenomeno che si verifica principalmente sulle superfici dei materiali di rivestimento in muratura come blocchi di pietra o mattoni, in special modo se questi posseggono un'elevata microporosità; fattore di esposizione maggiore alle variazioni di temperatura e di umidità dell'aria, le quali provocano la perdita di materiale tramite le azioni erosive esercitate dai flussi di aria o di acqua sulle superfici del rivestimento.

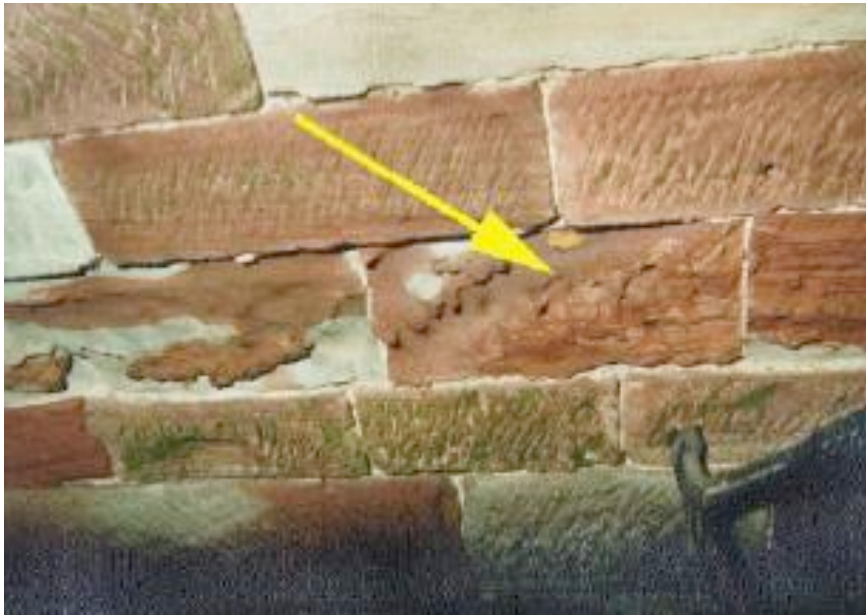
### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del deterioramento oppure ispezione uditiva mediante battitura della superficie intradossale del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

A questo fenomeno si associano tutti i difetti presenti su un rivestimento di scarsa qualità visti precedentemente.

Non deve essere confuso con il fenomeno di esfoliazione.



# Difetti dei materiali di rivestimento (pietra o muratura)

## 1.12 Desquamazione



### Descrizione

Fenomeno di deterioramento limitato al materiale di rivestimento, si manifesta con lamine sottili e uniformi sulla superficie (squame), prodotte dalla migrazione di sali sulla superficie del rivestimento in muratura di pietra.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del deterioramento.

### Fenomeni di degrado correlati

A questo difetto si associa la contemporanea presenza del fenomeno di esfoliazione.

Non deve essere confuso con il deterioramento superficiale a nido d'ape.



# Difetti dei materiali di rivestimento (pietra o muratura)

## 1.13 Esfoliazione

### Descrizione

Fenomeno di deterioramento limitato alla muratura di mattoni, si manifesta con il distacco di uno o più strati superficiali approssimativamente paralleli fra loro (sfoglie). Queste porzioni distaccate spesso assumono forme specifiche in funzione delle caratteristiche strutturali e di tessitura. Le foliazioni sono usualmente di spessore che varia tra qualche millimetro e qualche centimetro.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del deterioramento, eventuale presenza di detriti in carreggiata, oppure ispezione uditiva mediante battitura della superficie intradossale del rivestimento se la pietra che lo compone appare integra, riconoscimento e rilevamento di distacchi pregressi

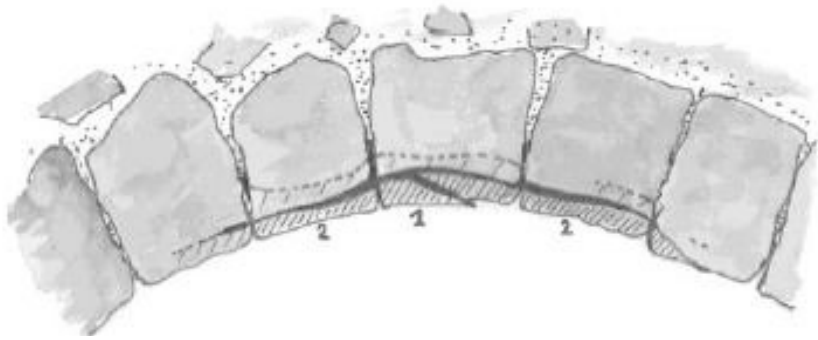
### Fenomeni di degrado correlati

A questo fenomeno si associa una lenta ma progressiva riduzione della sezione del rivestimento, favorendo un'ulteriore infiltrazione di umidità all'interno del materiale.

Non deve essere confuso con il fenomeno di distaccamento dovuto a carichi di compressione.



# Difetti dei materiali di rivestimento (pietra o muratura)



## 1.14 Distaccamenti dovuti a carichi di compressione

### Descrizione

È un fenomeno di rottura che si manifesta tipicamente sulla muratura di pietra o di mattoni con lastre di materiale allentato e con superfici di rottura lisce, le quali si distaccano ma restano incastrate tra le pietre adiacenti; fenomeno originato da eccessivi carichi di compressione sulla pietra nei punti di pressione in assenza di malta, dove si superano i valori delle resistenze meccaniche fino al raggiungimento della rottura locale.

Queste lastre distaccate possono avere spessori variabili di qualche centimetro e mantenersi allineate su una o più file di pietre consecutive.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del deterioramento oppure ispezione uditiva mediante battitura della superficie intradosale del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

A questo fenomeno si associano difetti come: quadri fessurativi, distacco nei letti di malta e deformazione della sezione trasversale del tunnel.

Non deve essere confuso con il fenomeno di esfoliazione.

# Difetti dei materiali di rivestimento (pietra o muratura)

## 1.15 Deterioramento dei letti di malta

### Descrizione

Questo è un difetto tipico dei paramenti murari datati, spesso realizzati con malte di calce idraulica, altamente sensibili agli attacchi chimici; il fenomeno si manifesta con la perdita progressiva di materiale costituente i giunti di malta, in forma di polvere o granuli, fino al completo svuotamento dei letti di malta.

Quando la muratura è rivestita, questo fenomeno può essere individuato dalla presenza di umidità e fessurazione sul rivestimento.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del deterioramento e ispezione manuale mediante rimozione e battitura della malta per determinarne la durezza.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: fenomeni di efflorescenze sulla malta, infiltrazioni d'acqua, deformazioni e perdita di porzioni di muratura (pietre/mattoni sciolti) se il fenomeno del deterioramento dei letti di malta progredisce rapidamente nel tempo.





# Difetti dei materiali di rivestimento (calcestruzzo)



## 1.16 Scheggiatura - distacchi

### Descrizione

Questo fenomeno si manifesta con la perdita di frammenti dai bordi del rivestimento, causando discontinuità nel materiale che lo compone (pietre, calcestruzzo gettato) e caduta dei frammenti di materiale. Il fenomeno di scheggiatura - distacco è causato da:

- *Danni da urto;*
- *Rimozione scorretta della cassaforma;*
- *Posizionamento scorretto di elementi prefabbricati.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del fenomeno ed eventuale presenza di detriti in carreggiata.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: quadri fessurativi, instabilità degli elementi di rivestimento, infiltrazioni d'acqua e diffusione del deterioramento del materiale con corrosione dell'armatura se il fenomeno evolve nel tempo senza essere ripristinato.

# Difetti dei materiali di rivestimento (calcestruzzo)

## 1.17 Rigonfiamenti

### Descrizione

---

Il fenomeno si presenta con rigonfiamenti interni al calcestruzzo fino alla comparsa di fessurazioni sulla superficie, le quali generano una disgregazione progressiva nel materiale; di conseguenza in tali zone il calcestruzzo appare sciolto, sabbioso o quasi assente.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

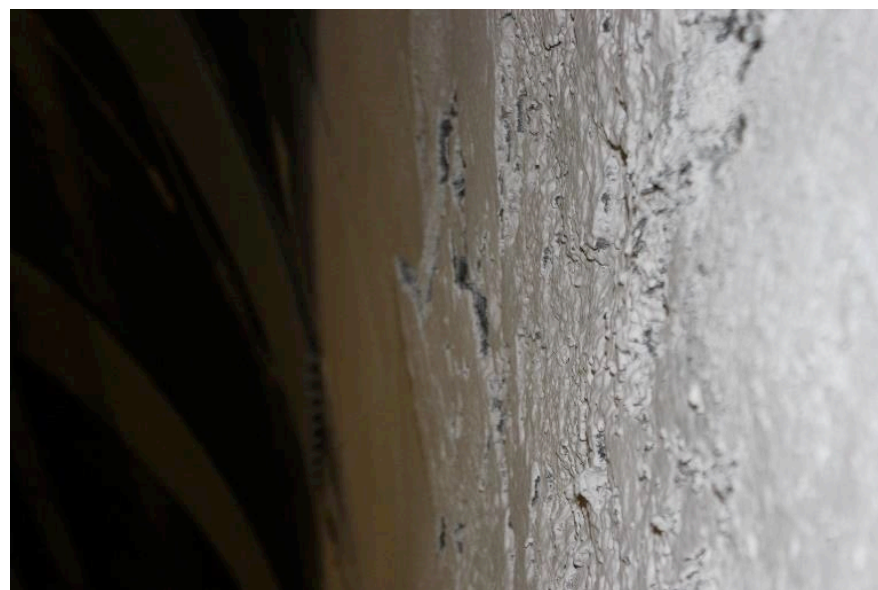
---

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del fenomeno ed eventuali impronte di distacchi pregressi o recenti. Ispezione manuale tramite martellamento della superficie intradossale del rivestimento al fine di identificare la posizione dei vuoti creati dai rigonfiamenti e presenza di materiale prossimo al distacco

### Fenomeni di degrado correlati

---

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: quadri fessurativi, infiltrazioni d'acqua continue ed efflorescenze. L'evoluzione nel tempo del fenomeno può portare alla riduzione della sezione resistente, pericolosa se si sviluppa su elementi strutturali.





# Difetti dei materiali di rivestimento (calcestruzzo)

## 1.18 Lesioni e distacchi per carichi di compressione

### Descrizione

Questo difetto si manifesta tramite la presenza di un quadro fessurativo con distacchi di materiale, in special modo nei calcestruzzi gettati in sito o spruzzati; può verificarsi in qualsiasi porzione del rivestimento di galleria e lungo una o più sezioni di galleria.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva tramite illuminazione per determinare la posizione e l'estensione delle lesioni e ispezione uditiva mediante battitura della superficie intradossale del rivestimento.

Rilevare se la fessura è recente o presenta tracce di alterazione, come dopo lungo tempo di esposizione, apertura della fessura e evidenza di eventuali rigetti.

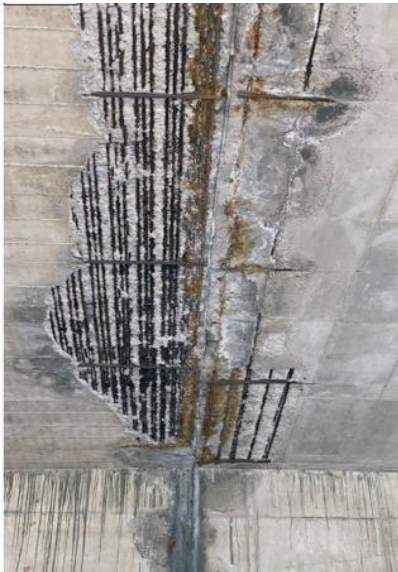
### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: quadri fessurativi con uguale andamento e deformazione dell'elemento.

Non deve essere confuso con il fenomeno di lesioni e distacchi dovuti a corrosione delle armature.



# Difetti dei materiali di rivestimento (calcestruzzo)



## 1.19 Lesioni e distacchi per corrosione delle armature

### Descrizione

Il difetto si riferisce alla mancanza di porzioni di strato di ricoprimento in calcestruzzo delle armature longitudinali e trasversali degli elementi di rivestimento, con conseguente esposizione di queste ultime agli agenti ossidanti e corrosivi.

In alcune gallerie questo difetto si localizza in prossimità dei portali di imbocco, essendo le uniche parti armate.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva tramite illuminazione per determinare la posizione e l'estensione delle lesioni e dei distacchi di calcestruzzo con barre scoperte e il grado di corrosione delle armature.

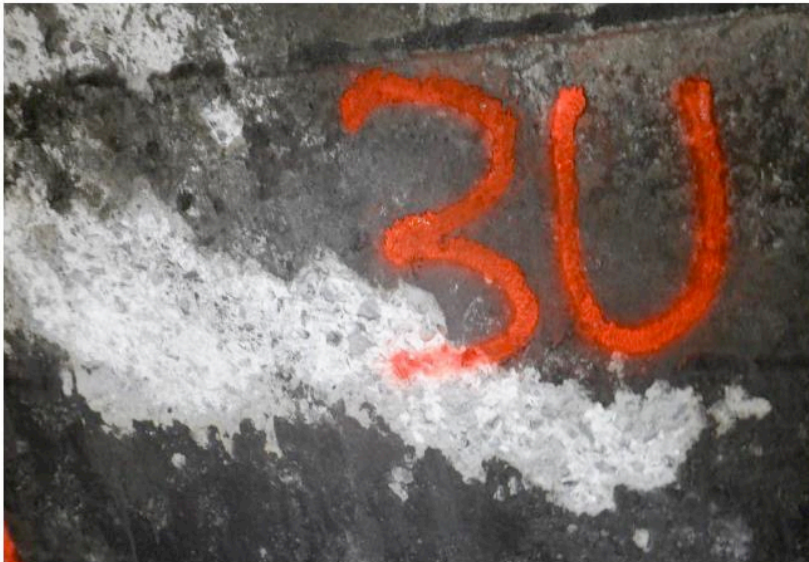
Ispezione uditiva mediante battitura della superficie intradossale del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: infiltrazioni di acqua e umidità, quadri fessurativi sottili e paralleli o zone con visibile alterazione delle proprietà del calcestruzzo.



# Difetti dei materiali di rivestimento (calcestruzzo)



## 1.20 Deterioramento del calcestruzzo proiettato

### Descrizione

Il deterioramento del calcestruzzo proiettato può manifestarsi in diversi modi:

- *Fessure da ritiro;*
- *Difetti nella aderenza della rete elettrosaldata alla roccia;*
- *Distacco di parti di calcestruzzo a seguito di ossidazione e corrosione della rete elettrosaldata;*
- *Spessore di calcestruzzo insufficiente;*
- *bordi di roccia sporgenti;*
- *Scarsa adesione alla superficie rocciosa.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del fenomeno.

Ispezione uditiva mediante battitura della superficie intradossale del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

La presenza di quadri fessurativi con lesioni estese ed ampie possono facilitare le infiltrazioni di acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbero favorire la presenza di questo fenomeno di deterioramento nei calcestruzzi proiettati.

# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali

## 2.1 Insufficienza del sistema di smaltimento delle acque

### Descrizione

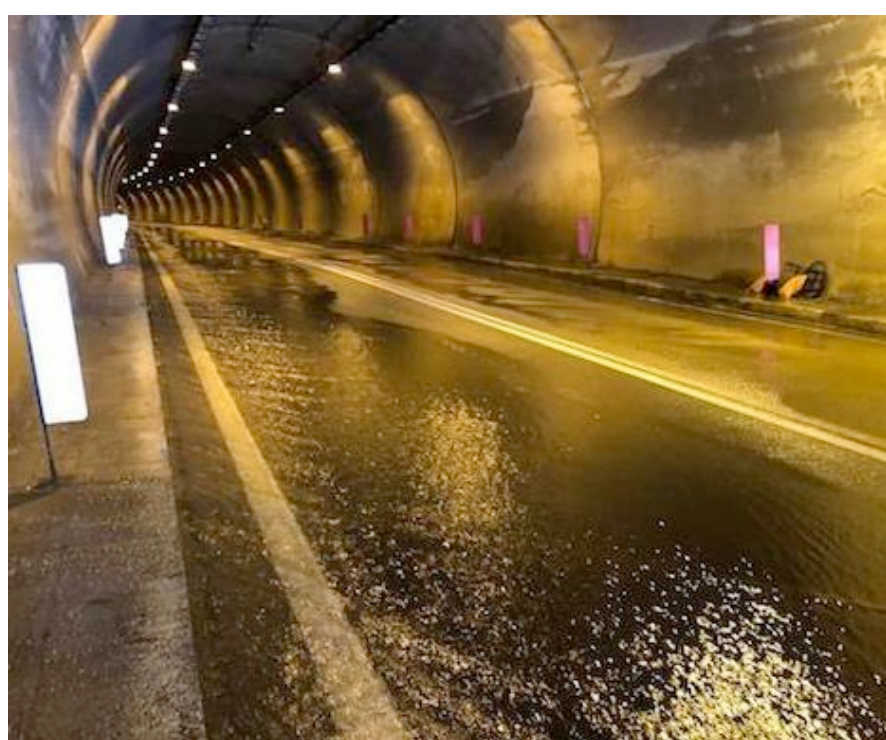
Il difetto si riferisce all'insufficienza del sistema di smaltimento delle acque superficiali di raccolta (acque provenienti dagli imbocchi, da infiltrazioni delle falde freatiche in gallerie permeabili o semipermeabili, dalle perdite di autobotti o dall'acqua utilizzata dai sistemi antincendio) e si manifesta con formazione di umidità e/o pozze d'acqua in carreggiata.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione dell'infiltrazione, la presenza di eventuali scarichi/drenaggi deteriorati, perdita o assenza di impermeabilità del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associabili al fenomeno di insufficienza del sistema di smaltimento delle acque sono tutti quei fenomeni di degrado riscontrabili sulla carreggiata stradale, come ad esempio deformazioni del manto stradale, deformazioni del terreno, fessurazioni, rigonfiamenti ecc.





# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali



## 2.2 Danneggiamento, ammaloramento o insufficienza del sistema di drenaggio in intradosso

### Descrizione

Questo difetto si manifesta esclusivamente nelle gallerie realizzate senza impermeabilizzazione all'estradosso o con membrana difettosa, nelle quali sono stati successivamente installati i sistemi di drenaggio all'intradosso. Su questi posso nascere diversi fenomeni di deterioramento come:

- *Danni prodotti dall'urto di automezzi;*
- *Allentamenti e strappi;*
- *Intasamenti o perdite;*
- *Corrosione.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione dell'infiltrazione, lunghezza delle linee umide, la presenza di eventuali scarichi/drenaggi deteriorati, perdita o assenza di impermeabilità del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: deterioramento del rivestimento, fenomeni di gelo-disgelo e presenza di umidità eccessiva.

# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali



## 2.3 Deterioramento del sistema di drenaggio e raccolta delle acque a tergo del rivestimento di calotta

### Descrizione

Questo difetto si manifesta nelle gallerie realizzate con membrana impermeabile all'estradosso, progettate per raccogliere e convogliare l'acqua in tubi di raccolta. Su di essa possono verificarsi diversi tipi di deterioramento, come:

- *Ostruzione e blocco per accumulo di materiale fine;*
- *Ostruzione e blocco per formazione di calcite;*
- *Ostruzione e blocco per ingresso di corpi estranei;*
- *Ammaloramento degli scarichi.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva e/o video-endoscopica per determinare la natura dei materiali che causano l'otturazione, l'entità di riduzione della larghezza dello scarico.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: infiltrazioni d'acqua o eccessiva umidità locale. Inoltre, l'evoluzione nel tempo di questo difetto potrebbe causare una riduzione sull'efficienza di drenaggio del sistema, concrezioni sul rivestimento e la formazione di pozzanghere sulla carreggiata.





# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali

## 2.4 Deterioramento del sistema di raccolta delle acque della piattaforma autostradale

### Descrizione

Il deterioramento del sistema di raccolta delle acque della piattaforma stradale si manifesta con la formazione di umidità nella carreggiata, sintomo di difetti presenti negli scarichi sottostanti, come:

- *Ostruzione parziale o completa e cause (mancata pulizia, concrezioni, ecc.);*
- *Deformazioni da schiacciamento;*
- *Fenomeni di rottura.*

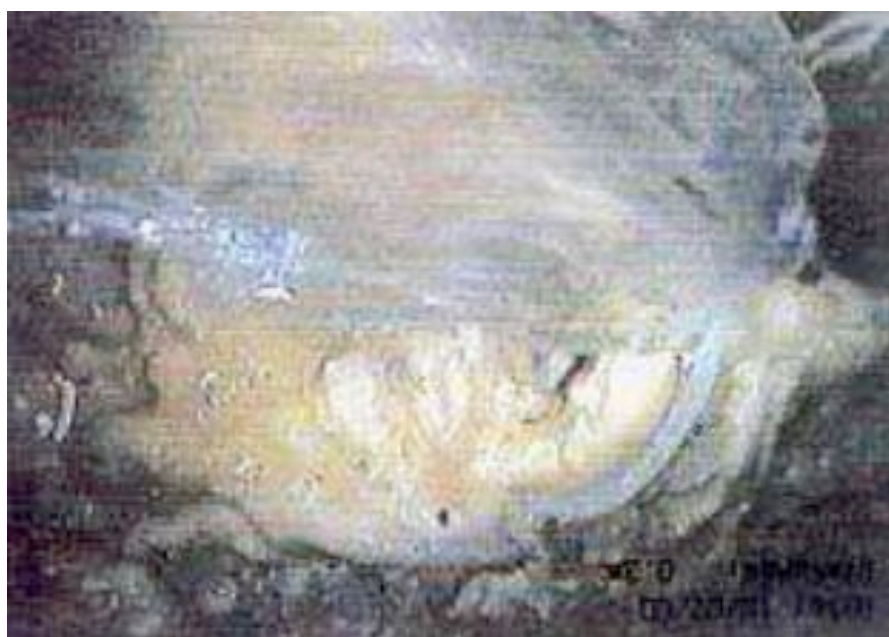
Il sistema di raccolta delle acque della piattaforma stradale non è progettato per essere accessibile, ma solo ispezionabile in alcuni punti (sbocchi o camere di ispezione).

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva e/o video-endoscopica per determinare la natura dei materiali che causano l'otturazione, l'entità di riduzione della larghezza dello scarico, posizione e superficie di pavimentazione interessata dall'umidità.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associabili al deterioramento del sistema di raccolta delle acque della piattaforma autostradale sono tutti quei fenomeni di degrado riscontrabili sulla carreggiata stradale, come ad esempio deformazioni del manto stradale, deformazioni del terreno, fessurazioni, rigonfiamenti ecc.



# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali

## 2.5 Deterioramento delle membrane impermeabilizzanti all'estradosso del rivestimento definitivo

### Descrizione

Il deterioramento delle membrane impermeabilizzanti, installate all'estradosso del rivestimento in calcestruzzo, si manifesta all'interno dei conci di calcestruzzo impermeabilizzato con fenomeni di infiltrazioni d'acqua o aree dal suono cavo al martellamento, quest'ultimo sintomo di eventuali difetti di montaggio della membrana come pieghe o vuoti.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione dell'infiltrazione e l'ampiezza delle aree umide.

Ispezione uditiva tramite martellamento della superficie al fine di individuare le aree dal suono cavo.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: infiltrazioni d'acqua, quadri fessurativi anomali con affioramento di umidità tra le crepe e discontinuità nel rivestimento in calcestruzzo.





# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali



## 2.6 Deterioramento degli schermi di protezione (onduline)

### Descrizione

Il deterioramento delle “canalette” (elementi sottili spesso ondulati di rivestimento in metallo zincato, fibrocemento o plastica) si manifesta in diversi modi:

- *Deformazioni;*
- *Danni da urto;*
- *Perforazioni da ossidazione;*
- *Rottura degli ancoraggi per corrosione.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e lo spazio tra lastra e rivestimento, grado di ossidazione degli ancoraggi e delle canalette, scorretto allineamento o sovrapposizione delle onduline.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: infiltrazioni d’acqua sul rivestimento oppure presenza di materiale caduto all’estradosso delle canalette.



# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali

## 2.7 Rigonfiamento della membrana impermeabile all'intradosso

### Descrizione

Difetto tipico delle membrane impermeabili realizzate con sottili pellicole (1-2 mm) di resina poliuretanica poste all'intradosso del rivestimento, si manifesta con rigonfiamenti (bolle) i quali possono arrivare a rottura sotto l'effetto della pressione o dei cicli di gelo-disgelo.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione delle bolle di rigonfiamento, estensione della superficie interessata dal fenomeno, grado di adesione della membrana alla superficie sottostante.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: ammaloramento del calcestruzzo, ossidazione e corrosione delle armature, quadri fessurativi e infiltrazioni d'acqua.



# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali



## 2.8 Deterioramento dei rivestimenti in malta all'intradosso

### Descrizione

Questo difetto si presenta nei rivestimenti sottili di malta realizzati dopo l'ultimazione del rivestimento, come finitura. Il deterioramento nei rivestimenti in malta può manifestarsi in modi diversi, come:

- *Perdita di adesione dal rivestimento;*
- *Lesioni dovute alle diverse rigidzze e risposte termiche degli elementi accoppiati;*
- *Rigonfiamento del rivestimento in malta;*
- *Distacco di porzioni del rivestimento in malta.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione di superficie interessata dal fenomeno, spessore medio e grado di adesione della malta, presenza di fessure.

Ispezione uditiva tramite martellamento nelle porzioni con rigonfiamenti.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: quadri fessurativi, infiltrazioni d'acqua, fenomeni da cicli di gelo-disgelo ed efflorescenze.



# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali



## 2.9 Deterioramento dei pannelli isolanti impermeabili

### Descrizione

Il deterioramento dei pannelli isolanti impermeabili si manifesta sulla superficie intradossale con fenomeni di infiltrazioni d'acqua e allentature.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione dell'infiltrazione, estensione della superficie interessata dall'umidità, velocità di infiltrazione dell'acqua.

### Fenomeni di degrado correlati

La contemporanea presenza di quadri fessurativi e infiltrazioni d'acqua sul calcestruzzo proiettato possono indurre la presenza di un eventuale deterioramento del pannello isolante sottostante.

# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali

## 2.10 Deterioramento dei waterstop costituiti da cordoli idroespansivi

### Descrizione

Il difetto si presenta con distacco di localizzate porzioni di calcestruzzo prossimo al cordolo idroespansivo a seguito del rigonfiamento dello stesso. Questi cordoli, i quali si espandono a contatto con l'acqua, sono progettati per essere annegati nel calcestruzzo durante le riprese di getto al fine di limitare le infiltrazioni di acqua.

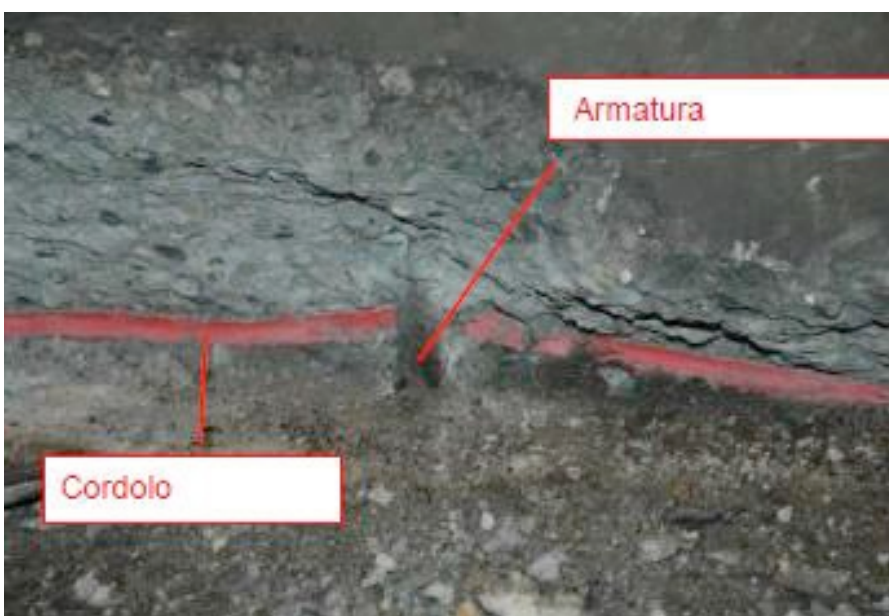
### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione di superficie interessata dal fenomeno, dimensioni e profondità dei distacchi di calcestruzzo, grado di corrosione delle armature ed estensione delle aree con armature visibili.

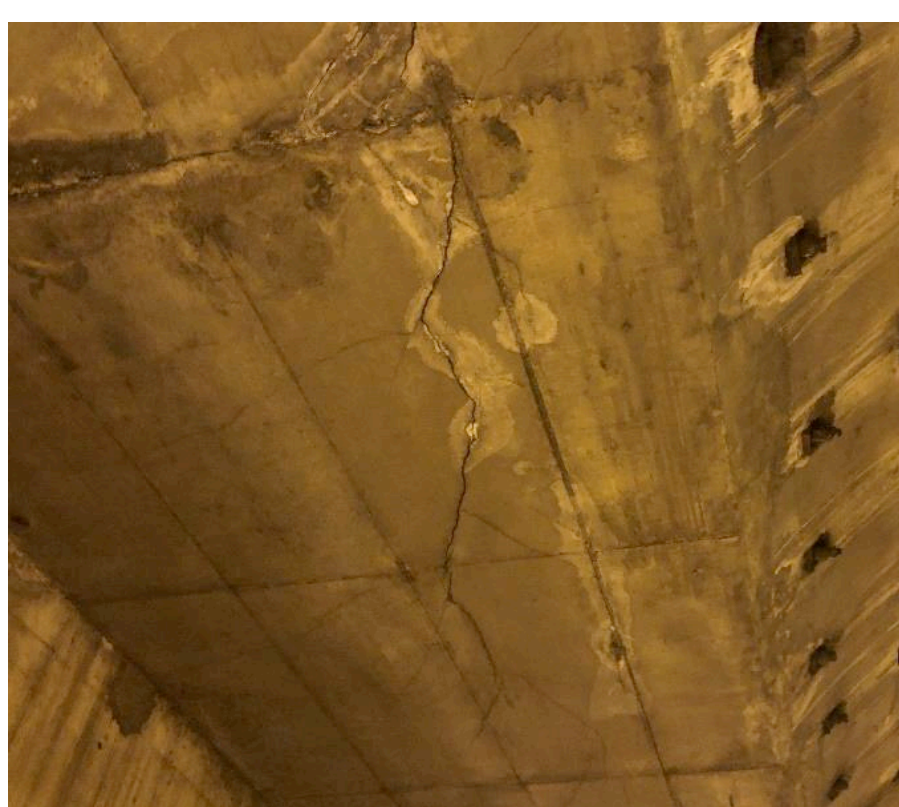
Ispezione uditiva tramite martellamento per determinare posizione e dimensione delle aree dal suono vuoto.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati al deterioramento dei cordoli idroespansivi possono essere: quadri fessurativi in prossimità dei cordoli, infiltrazioni d'acqua o disallineamento dei cordoli.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - fessure



## 3.1 Presenza di fessurazioni longitudinali lungo il rivestimento

### Descrizione

Fessure caratterizzate da direzione parallela all'asse longitudinale della galleria. In relazione al tipo di rivestimento, il difetto si caratterizza prevalentemente come segue:

- *Muratura: le fessure si generano tendenzialmente lungo i letti di malta;*
- *Calcestruzzo gettato: le fessure hanno generalmente larghezza maggiore rispetto alla larghezza delle fessure da ritiro.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare il numero di fessure, verificare deterioramenti ai bordi delle fessure e determinare se le fessure passano lungo i letti di malta o attraverso i blocchi di muratura (o pietra) e se le fessure interessano un singolo concio o più conci consecutivi.

Misurazioni della lunghezza (indicando la progressiva metrica di inizio e di fine) e della larghezza (misurabile con fessurimetro o calibro), verificando la presenza di eventuali rigetti.

Monitoraggio della deformata del profilo (se presente è sintomo di grave difettosità).

### Fenomeni di degrado correlati

Deformazione del rivestimento, aree risuonanti vuote, distacchi di calcestruzzo o mattoni (o pietre), fessure anomale o deformazioni del fondo stradale.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - fessure

## 3.2 Fessure diagonali

### Descrizione

Fessure caratterizzate da direzione diagonale rispetto all'asse longitudinale della galleria, anche chiamate fessure oblique. Si manifestano spesso diverse fessure in successione, mentre sono rare fessure isolate. In relazione al tipo di rivestimento, il difetto si caratterizza prevalentemente come segue:

- *Muratura: le fessure spesso seguono i letti di malta e alla vista appaiono a "scaletta";*
- *Calcestruzzo gettato: la larghezza delle fessure è generalmente maggiore rispetto a quelle da ritiro.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare il numero delle fessure e l'allineamento, individuare deterioramenti ai bordi delle fessure e determinare se le fessure passano lungo i letti di malta o attraverso i blocchi di muratura (o pietra) e se le fessure seguono o meno le riprese di getto o interventi di ripristino.

Misurazioni della lunghezza (indicando la progressiva metrica di inizio e di fine) e della larghezza della fessura (con fessurimetro, calibro), stato della fessura di recente formazione o meno.

Monitoraggio della deformata del profilo (se presente è sintomo di grave difettosità).

### Fenomeni di degrado correlati

Muratura: deformazione del rivestimento, zone risonanti vuote, deterioramento di mattoni o pietre;

Muratura e calcestruzzo: formazione di porzione di rivestimento instabile (se le fessure si intersecano), rottura di spigoli, fessure o deformazioni sulle carreggiate.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - fessure



## 3.3 Fessure verticali

### Descrizione

Fessure verticali caratterizzate da direzione perpendicolare all'asse longitudinale della galleria, possono apparire in qualsiasi sezione della galleria.

In relazione al tipo di rivestimento, il difetto si caratterizza prevalentemente come segue:

- *Muratura* : le fessure generalmente seguono i letti di malta o giunti costruttivi;
- *Calcestruzzo gettato*: la larghezza delle fessure è generalmente maggiore rispetto a quelle da ritiro.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare il numero delle fessure, deterioramenti ai bordi delle fessure e determinare se le fessure passano lungo i letti di malta o attraverso i blocchi di muratura (o pietra) e se le fessure seguono o meno le riprese di getto o interventi di ripristino.

Misurazioni della lunghezza (indicando la progressiva metrica di inizio e di fine) e della larghezza della fessura (con fessurimetro, calibro), stato della fessura di recente formazione o meno.

Monitoraggio della deformata del profilo (se presente è sintomo di grave difettosità).

### Fenomeni di degrado correlati

Deformazione del rivestimento, zone risonanti vuote, pietre deteriorate, fessure o deformazioni sulle carreggiate.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - fessure

## 3.4 Fessure da ritiro

### Descrizione

Fessure sottili (visibile da 0,1 mm), su getti in calcestruzzo non armato la cui larghezza difficilmente supera 1-2 mm di ampiezza.

In caso di deformazione del profilo della galleria, alcune fessure possono aprirsi per motivi strutturali: in tal caso sono da qualificare come fessure orizzontali, diagonali o verticali (v. 3.1, 3.2 e 3.3) anzichè come fessure da ritiro.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva ravvicinata, con l'ausilio di una potente fonte di illuminazione, per definire la numerosità delle fessure e registrarne la mappatura.

Misurazioni della lunghezza (indicando la progressiva metrica) della distanza fra le fessure e della larghezza delle fessure (con fessurimetro, calibro).

Monitoraggio se una fessura inizialmente attribuita al ritiro si allarga in modo anomalo.

### Fenomeni di degrado correlati

Infiltrazioni d'acqua attraverso le fessure (tunnel senza membrana impermeabile all'estradosso), suono vuoto alla battitura, umidità.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - fessure



## 3.5 Fessure curvilinee

### Descrizione

Trattasi di fessure caratterizzate da andamento curvo uniforme, tipo a mezzaluna, generalmente localizzata con inizio e fine su un giunto di costruzione.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Eventuali irregolarità nei bordi della fessura, rilevabili con l'ispezione visiva.

Misura della dimensione dell'area inscritta dalla mezzaluna (da associare alla progressiva metrica del danno) e della larghezza delle fessure (mediante fessurimetro o calibro).

Presenza di vuoti mediante ispezione uditiva (area di suono vuoto rilevabile con martellamento della superficie) indicativa di distacco di un pannello relativamente sottile dal resto del rivestimento.

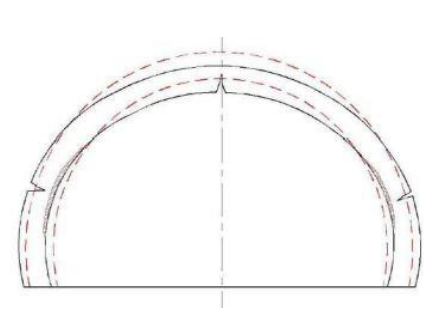
### Fenomeni di degrado correlati

Distacco di pannelli relativamente sottili dal resto del rivestimento.





# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - deformazioni



## 3.6 Abbassamento in chiave deformazione simmetrica deformazione asimmetrica

### Descrizione

Trattasi di un quadro deformativo della sezione del rivestimento della galleria, caratterizzato da un aumento del raggio di curvatura della parte superiore della calotta, un allontanamento dei piedritti e l'abbassamento della volta in chiave.

Si può configurare come deformazione simmetrica o asimmetrica.

In caso di deformazione asimmetrica lo stato deformativo interessa solo un lato dell'arco, tra la base e il piedritto, e si osserva prevalentemente nelle gallerie con profili ogivali snelli.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione ed estensione della tratta di galleria interessata dal difetto mediante ispezione visiva (da rilevare la posizione della metrica iniziale e finale del difetto), l'entità della superficie ed il grado di deformazione.

### Fenomeni di degrado correlati

Possibili fessurazioni in chiave di volta.

In caso di deformazione asimmetrica, possibili crepe orizzontali ampie sul lato in spinta, fessure di taglio, scheggiatura in chiave di volta, area dal suono vuoto, ingresso dell'acqua.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - deformazioni

## 3.7 Imbozzamento localizzato

### Descrizione

Trattasi di un rigonfiamento localizzato del rivestimento.

Difetto caratteristico dei piedritti, può tuttavia comparire anche a quote più elevate nel profilo trasversale.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale, posizione lungo lo sviluppo della sezione ed estensione della tratta di galleria interessata dal difetto mediante ispezione visiva (da rilevare la posizione della metrica iniziale e finale del difetto).

Misura dell'area della superficie deformata e della distorsione massima.

Eventuali condizioni di degrado nella consistenza del rivestimento e presenza di vuoti, mediante ispezione uditiva con martello.

### Fenomeni di degrado correlati

Deterioramento della malta e delle pietre, caduta o allentamento di pietre, umidità, fessurazione.





# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - deformazioni

## 3.8 Disassamento dei conci murari

### Descrizione

Trattasi di un quadro deformativo della sezione del rivestimento della galleria, in cui uno o più strati consecutivi di blocchi sono sfalsati rispetto al normale profilo di intradosso, perché arretrati o sporgenti.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale, posizione lungo il profilo della sezione ed estensione della tratta di galleria interessata mediante ispezione visiva (da rilevare la posizione della metrica iniziale e finale del difetto).

Misurazioni dell'estensione longitudinale e trasversale della superficie interessata e del valore massimo di discostamento.

Eventuali vuoti nelle giunzioni o a tergo del rivestimento mediante ispezione uditiva (risposta sonora al martello).

### Fenomeni di degrado correlati

Apertura di giunti longitudinali, fessurazioni, vuoti nelle articolazioni, deformazione generale del profilo, sporgenza locale.





# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - deformazioni

## 3.9 Deterioramento dell'arco rovescio

### Descrizione

Il deterioramento dell'arco rovescio si manifesta spesso sotto forma di un sollevamento localizzato o cedimento della massicciata di platea, con conseguente presenza di fessure orizzontali e talvolta trasversali, con bordi irregolari.

Normalmente (quando l'arco rovescio non è visibile) vengono rilevati solo i deterioramenti che sono evidenti sulla carreggiata o sulle pareti laterali.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

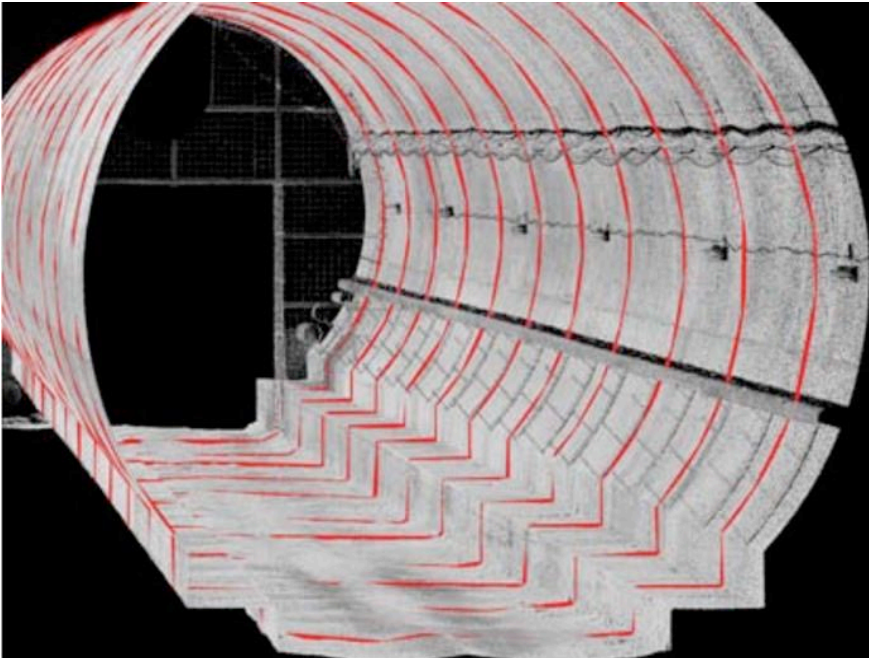
Identificazione della natura e l'entità del difetto, posizione longitudinale ed estensione della tratta interessata (posizione della metrica iniziale e finale) mediante ispezione visiva.

Consistenza dei materiali a tergo delle deformazioni visibili mediante ispezione sonora.

Estensione del difetto e dell'altezza della deformazione (sollevamento o depressione) mediante indagini topografiche.

### Fenomeni di degrado correlati

Infiltrazioni d'acqua, deterioramenti anomali della calotta (distacchi in chiave di volta, diverse estensioni e forme di screpolature) e nelle pareti laterali.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - deformazioni

## 3.10 Rottura dell'arco (reni, calotta)

### Descrizione

Trattasi di un quadro deformativo della sezione del rivestimento della galleria, in cui uno o più strati consecutivi di blocchi sono sfalsati rispetto al normale profilo di intradosso, perché arretrati o sporgenti. Il crollo può avvenire d'improvviso, ma spesso è preceduto da manifestazioni di degrado che denunciano lo stato di crisi locale del rivestimento. Dette manifestazioni si distinguono per tipo di rivestimento. Con rivestimento in muratura si manifestano sovente fessure/crepe molto aperte, sfaldamento pronunciato, caduta di blocchi, deformazioni del profilo. Con rivestimento in calcestruzzo la rottura improvvisa è più frequente in caso di calcestruzzo proiettato non armato e non fibro-rinforzato e più raro in caso di calcestruzzo gettato con casseri non armato. In questo caso la rottura è spesso preceduta da fessure/crepe molto larghe, bordi sfalsati, sfaldamento significativo del calcestruzzo, pannelli inclinati.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Presenza di fessure e le loro caratteristiche (es. irregolarità), la loro posizione longitudinale (posizione della metrica iniziale e finale) e la posizione nel profilo, rilevabili mediante ispezione visiva. Misurazioni dell'estensione delle fessure (lunghezza, larghezza). Aree di vuoto a tergo del rivestimento rilevabili mediante ispezione uditiva (martellamento).

### Fenomeni di degrado correlati

Presenza di pannelli instabili, deterioramento dei materiali, ingresso dell'acqua natura del terreno circostante o dell'eventuale riempimento (portali), rigonfiamento, deformazione asimmetrica, innalzamento in chiave.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – difetti costruttivi

## 3.11 Scavo localizzato per cariche esplosive instabile



### Descrizione

---

Si riferisce alla fine di un foro scavato per far brillare cariche esplosive in fase di realizzazione. L'instabilità di tali scavi localizzati si presenta sotto forma di fessure e screpolature radiali attorno a un foro.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Localizzazione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e sua estensione mediante ispezione visiva dei fori visibili sul rivestimento.

Estensione del difetto anche mediante ispezione uditiva (con martello).

### Fenomeni di degrado correlati

---

Presenza di blocchi allentati.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – difetti costruttivi



## 3.12 Presenza di vuoti in prossimità dell'intradosso del rivestimento

### Descrizione

Spazio vuoto a tergo del rivestimento d'intradosso interno alla galleria. Trattasi di difetto riconducibile talvolta alla fase costruttiva o a fenomeni di progressivo degrado del rivestimento stesso o delle condizioni al suo contorno.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

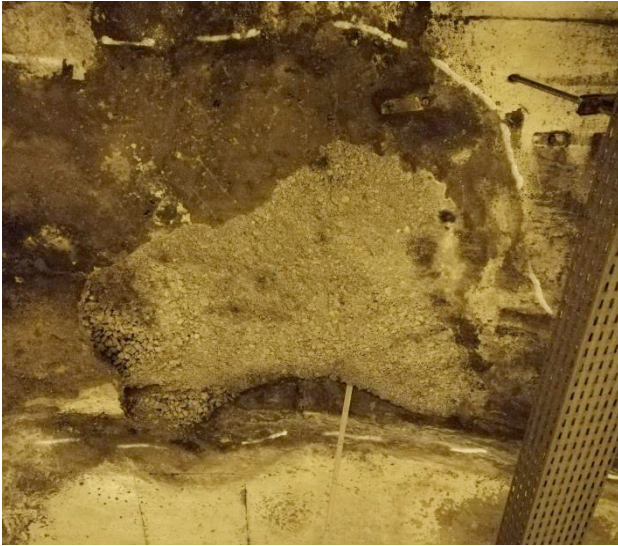
Evidenza all'intradosso di vuoti passanti, rilevabile mediante ispezione visiva, con identificazione della posizione del difetto (da rilevare la posizione della metrica iniziale e finale del difetto) e dell'entità della superficie di rivestimento manifestamente interessata dal difetto.

Presenza di vuoti a tergo del rivestimento rilevabile mediante ispezione uditiva (martellamento) martellando il rivestimento, con identificazione della posizione nell'arco, la superficie interessata e l'entità del difetto in relazione al tipo di suono.

### Fenomeni di degrado correlati

Deformazione del rivestimento (per rivestimento in muratura) o fessurazione densa o anormale (per rivestimento in calcestruzzo), altri difetti associabili ad indebolimento dell'arco (alterazioni, fessure, ingresso di acqua, ecc.) e armature corrose (in caso di rivestimento in cemento armato).

# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – difetti costruttivi



## 3.13 Sgretolamenti - vespai

### Descrizione

Si tratta di difetto in cui si manifestano zone con aggregati privati delle parti più fini, a vista o nascoste da uno strato di rivestimento sottile.

Questo difetto più comune nei calcestruzzi datati, rappresenta un difetto di volume e non soltanto di superficie.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e posizione nel profilo (v. difetto localizzato o distribuito sull'intero anello segmentale, ai bordi di un giunto) rilevabile mediante ispezione visiva.

Estensione del difetto, consistenza dei materiali a tergo del rivestimento rilevabili mediante ispezione uditiva (con martello).

### Fenomeni di degrado correlati

Calcestruzzo allentato, umidità.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – difetti costruttivi



## 3.14 Deterioramento dei giunti in calcestruzzo

### Descrizione

Si tratta di un difetto che si manifesta ai bordi dei giunti di costruzione tra due anelli contigui di calcestruzzo, con comparsa di parti staccate, parti squamate e crepe, che causano il conseguente deterioramento del calcestruzzo. Questo tipo di deterioramento, che influisce sulla linearità, la forma o il riempimento del giunto si può manifestare in diverse forme, tra cui le più comuni riguardano: la diffusione della fessura di giunto in uno degli anelli, la presenza di segregazioni localizzate di aggregati lungo i bordi, distacchi con caduta di pezzi di calcestruzzo, distacchi con caduta di porzione di ripristini applicati sui giunti per scopi aeraulici o estetici (nei condotti di ventilazione).

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), estensione e sue caratteristiche rilevabili mediante ispezione visiva. Da verificare che la parte inferiore del giunto sia riempita. Estensione del difetto valutabile anche mediante ispezione uditiva (con martello). È anche opportuno quantificare l'entità del deterioramento mediante misure.

### Fenomeni di degrado correlati

Presenza di umidità.

# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – difetti costruttivi

## 3.15 Difetti della superficie nel calcestruzzo



### Descrizione

Rientrano in questa categoria tutti quei difetti che alterano l'aspetto, il colore o l'uniformità della superficie di intradosso quali, a titolo di esempio: bolle, acqua affiorante, variazioni di colore, contorno visibile del rinforzo, tracce di ruggine, deformazioni localizzate della casseratura.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), estensione della superficie interessata e densità di difettosità rilevabili mediante ispezione visiva.

Qualità dei materiali ed estensione del difetto rilevabile mediante ispezione uditiva (con martello).

Durezza della superficie del calcestruzzo misurabile con uno sclerometro.

È anche opportuno quantificare l'entità del deterioramento mediante misure.

### Fenomeni di degrado correlati

Deterioramento locale del calcestruzzo (segregazione, vespai), umidità, zone con suono sordo, fessure.



# Difetti associati al fuoco

## 3.16 Danneggiamenti dovuti ad incendio

### Descrizione

Rientrano in questa categoria i fenomeni di degrado indotti dall'esposizione agli effetti di un incendio (calore, fumo) sull'intradosso del rivestimento della galleria.

Questo tipo di deterioramenti hanno una gran varietà di manifestazioni in relazione al tipo di rivestimento della galleria ed al tipo e durata di esposizione, tra cui si citano, ad esempio: variazione del colore del rivestimento, distacco profondo (crateri), distacco superficiale, fusione della superficie, fessurazioni profonde. I deterioramenti più accentuati si manifestano comunemente in volta, dove si raggiungono le temperature più alte.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale ed estensione della tratta di galleria interessata dal difetto (da rilevare la posizione della metrica iniziale e finale del difetto) e colore del rivestimento mediante ispezione visiva.

Estensione del difetto e consistenza dei materiali mediante ispezione uditiva (con martello).

Dimensioni e profondità delle aree di distacco o crateri (spalling) e fessurazione mediante misure locali.

Durezza della superficie del calcestruzzo misurabile con uno sclerometro.

### Fenomeni di degrado correlati

Riduzione delle caratteristiche meccaniche (nelle sezioni adiacenti alla zona soggetta al fuoco e apparentemente indenni), perdita della tenuta stagna del rivestimento, danni al sistema di drenaggio/scolo.



# Difetti associati alla scarsa manutenzione



## 3.17 Scarsa manutenzione, ripristini ammalorati, canalette ammalorate o inefficienti

### Descrizione

Rientrano in questa categoria tutti quei difetti che non influiscono sull'integrità strutturale della galleria, ma che possono interferire con la sua funzionalità ed in alcuni casi possono costituire un pericolo per gli utenti. Trattasi di difetti di natura molto varia e localizzati in diverse parti della galleria.

Sono spesso causati dalla mancanza o carenza di manutenzione: è quindi importante registrarli tra le "azioni da intraprendere" del rapporto di ispezione e verificarne lo sviluppo durante la successiva ispezione.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Tipo e posizione del difetto, potenziale pregiudizio per le componenti di impianto e sicurezza degli utenti mediante ispezione visiva. Misurazioni utili a quantificare l'entità del difetto.

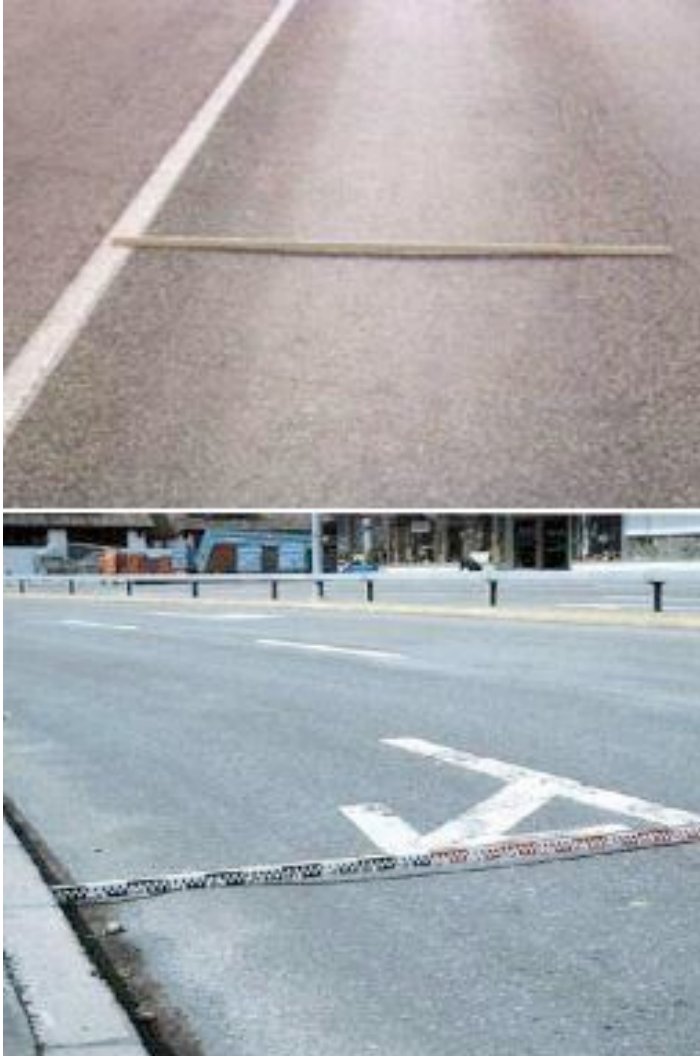
### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.





# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.1 Ormaie

### Descrizione

Deformazione della sovrastruttura che comunemente si manifesta in corrispondenza della traiettoria delle ruote, con rifluimenti laterali di materiale. La profondità della deformazione si estende agli strati di conglomerato bituminoso o ancora oltre (fondazione e sottofondo).

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e superficie interessata mediante ispezione visiva.

Misure di altezza delle ormaie con asta rigida.

### Fenomeni di degrado correlati

Fessure longitudinali o fessurazioni a pelle di cocodrillo.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.2 Ondulazioni trasversali

### Descrizione

---

Deformazioni della sovrastruttura caratterizzata da depressioni localizzate, in senso ortogonale all'asse stradale, più o meno visibili. Quando poco accentuate provocano vibrazioni senza compromettere lo smaltimento delle acque superficiali. Quando più accentuate influenzano il comfort di guida e lo smaltimento delle acque superficiali non avviene in maniera corretta.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e superficie interessata mediante ispezione visiva.

Misure di altezza delle ondulazioni con asta rigida.

### Fenomeni di degrado correlati

---

Possibile fessurazione delle zone di contorno.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.3 Avvallamenti di vaste superfici



### Descrizione

Deformazione della sovrastruttura caratterizzata da depressioni localizzate, generalmente di forma circolare o ellittica che possono arrivare a rendere difficile il controllo del veicolo; lo smaltimento delle acque può risultare compromesso.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e superficie interessata mediante ispezione visiva.

Misure di altezza degli avvallamenti con asta rigida.

### Fenomeni di degrado correlati

Possibile fessurazione delle zone di contorno, buche.

# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.4 Depressioni localizzate

### Descrizione

---

Distorsione della superficie stradale con area localizzata con quota inferiore a quella circostante (da 1,0 a 5,0 cm circa).

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e superficie interessata mediante ispezione visiva.

Misure di altezza della depressione con asta rigida.

### Fenomeni di degrado correlati

---

Possibile ristagno d'acqua (possibili fenomeni di acquaplaning).





# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.5 Fessurazioni longitudinali

### **Descrizione**

Degrado consistente nella manifestazione di fessure continue lungo l'asse stradale, sovente al centro della carreggiata o tra le corsie. Alle fessure semplici si possono affiancare piccole fessure parallele.

### **Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto**

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e posizione trasversale sulla piattaforma mediante ispezione visiva.

Misure dello spessore delle fessure.

Eventuale corrispondenza con discontinuità negli elementi strutturali del rivestimento di galleria.

### **Fenomeni di degrado correlati**

Fessure a pelle di coccodrillo, formazione di buche a causa della presenza d'acqua, del gelo e di agenti chimici.

# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.6 Fessurazioni ramificate

### Descrizione

Degrado consistente nella manifestazione di fessure longitudinali e trasversali che formano una maglia sulla superficie della pavimentazione.

Nelle fessurazioni a blocchi si hanno fessure con cambiamento di direzione nelle fessure sovente ad angolo retto. La fessurazione non è limitata al percorso delle ruote dei veicoli, ma generalmente si manifesta estesa su ampie aree. Nelle fessurazioni a «pelle di coccodrillo» (*Alligator Cracking*) le fessure conferiscono al rivestimento l'aspetto della pelle di coccodrillo, si formano lungo le tracce dei veicoli e manifestano problemi strutturali della pavimentazione.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e posizione trasversale sulla piattaforma mediante ispezione visiva.

Misure dell'estensione del difetto e dello spessore delle fessure.

### Fenomeni di degrado correlati

Formazione di buche.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.7 Presenza di buche

### Descrizione

Degrado consistente nella formazione di piccole cavità nella pavimentazione di forma indicativamente circolare (diametro  $< 75$  cm) con bordi taglienti e verticali, che possono arrivare fino agli strati più profondi della pavimentazione. Queste derivano spesso da fessurazioni a pelle di cocodrillo, da fessure in generale o da sfondamenti della pavimentazione.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e sua estensione sulla piattaforma mediante ispezione visiva.

Misure del diametro e dello spessore delle buche.

### Fenomeni di degrado correlati

Distacchi superficiali.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.8 Risalita sul piano viabile di materiale



### Descrizione

Fenomeno di comparsa di acqua e materiale fino sul piano viabile, tramite fessure nella pavimentazione e dietro l'effetto di carichi ripetuti per transito di veicoli in concomitanza con deterioramento della fondazione.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), superficie interessata, presenza di acqua e di materiale fino in superficie mediante ispezione visiva.

Misure di altezza di eventuali avvallamenti del piano viabile.

### Fenomeni di degrado correlati

Ostruzione degli scarichi o dei collettori, fessurazioni anomale, rottura dei sistemi di raccolta dell'acqua.

# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.9 Dissesti ai giunti delle sovrastrutture in calcestruzzo

### Descrizione

In questo tipo di difetto vengono ricondotte tutte le condizioni in cui si manifesta una anomalia localizzata presso i giunti tra lastre nelle pavimentazioni rigide, in calcestruzzo. Tra questi difetti si citano i fenomeni comunemente noti come lo scalinamento, consistente in una differenza di quota fra corsie o fra una corsia e la banchina adiacente, il cedimento di giunti trasversali e fessure (*Joint faulting*), il degrado della sigillatura del giunto (*Joint sealant damage*), la scheggiatura dei giunti o degli angoli, che consiste in una rottura della lastra fino ad una distanza di 0.6 m dal bordo che non interessa tutto lo spessore del calcestruzzo, ma interseca il giunto o interessa un angolo della lastra.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), tipologia ed entità mediante ispezione visiva. Misura dell'altezza della differenza di quota tra lastre adiacenti.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.





# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.10 Dissesti della lastra in calcestruzzo

### Descrizione

In questo tipo di difetto vengono ricondotte tutte le condizioni in cui si manifesta una anomalia localizzata sulle lastre nelle pavimentazioni rigide, in calcestruzzo. Tra questi difetti si citano i fenomeni comunemente noti come la fessurazione lineare (*Linear cracking*) che divide la lastra in 2 o 3 pezzi, la fessurazione d'angolo (*Corner cracking*) che intercetta i giunti longitudinali e trasversali adiacenti, ed è orientata con un angolo di circa  $45^\circ$  rispetto all'asse longitudinale della pavimentazione, la fessurazione da ritiro (*Shrinkage cracking*) con fessure capillari da ritiro (generalmente di lunghezza inferiore ad 1 m), la frantumazione delle lastre (*Block cracking*) o il punzonamento (*Punch-out*).

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), tipologia ed entità mediante ispezione visiva.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.

# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.11 Riduzione dell'aderenza

### Descrizione

In questo tipo di difetto vengono ricondotte tutte le condizioni di difettosità in cui si manifesta riduzione dell'aderenza superficiale dei pneumatici sul piano d'usura, e potenzialmente riconducibile a diverse forme di degrado.

Tra queste si richiamano, in particolare, i fenomeni (tra loro incompatibili) di levigatura degli aggregati, in cui gli aggregati si presentano lucidi e lisci al tatto, o di risalita di bitume, in cui si manifesta un film di materiale bituminoso sul piano stradale.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e sua estensione sulla piattaforma rilevabile mediante ispezione visiva.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.12 Dissesti della banchina destra

### Descrizione

---

Degrado consistente nella manifestazione di fessure parallele al margine laterale, comunemente distanti da questo circa  $30 \div 50$  cm.

In relazione all'entità del difetto, si può avere bassa fessurazione senza sgranamento, media fessurazione con poco sgranamento, o sgranamento considerevole.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) ed entità del difetto rilevabile mediante ispezione visiva.

Misure dell'estensione del difetto e dello spessore delle fessure.

### Fenomeni di degrado correlati

---

Nessuno.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.13 Dissesti della banchina sinistra

### Descrizione

Degrado consistente nella manifestazione di fessure parallele al margine laterale, comunemente distanti da questo circa  $30 \div 50$  cm.

In relazione all'entità del difetto, si può avere bassa fessurazione senza sgranamento, media fessurazione con poco sgranamento, o sgranamento considerevole.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) ed entità del difetto rilevabile mediante ispezione visiva.

Misure dell'estensione del difetto e dello spessore delle fessure.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.14 Dissesti del marciapiede destro

### Descrizione

In questo tipo di difetto vengono ricondotte tutte le manifestazioni di degrado del marciapiede sul margine laterale destro della galleria, per ammaloramento della superficie superiore o laterale, cumulo di detriti, disgregazione del profilo, anomalie nell'altezza del marciapiede rispetto al piano viabile, ecc.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), sua natura ed entità, rilevabili mediante ispezione visiva.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.





# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.15 Dissesti del marciapiede sinistro

### Descrizione

In questo tipo di difetto vengono ricondotte tutte le manifestazioni di degrado del marciapiede sul margine laterale destro della galleria, per ammaloramento della superficie superiore o laterale, cumulo di detriti, disgregazione del profilo, anomalie nell'altezza del marciapiede rispetto al piano viabile, ecc.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), sua natura ed entità, rilevabili mediante ispezione visiva.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.16 Disallineamento segnaletica orizzontale



### Descrizione

In questo tipo di difetto vengono ricondotte le anomalie nel tracciamento della segnaletica orizzontale in galleria, con particolare riferimento ai difetti nell'allineamento delle strisce longitudinali.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Tipo di difetto e sua localizzazione (posizione della metrica iniziale e finale) mediante ispezione visiva.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.17 Disallineamento segnaletica verticale



### Descrizione

In questo tipo di difetto vengono ricondotte le anomalie nell'installazione di segnaletica verticale, con particolare riferimento ai difetti nell'allineamento dei segnali rispetto alla carreggiata.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Tipo di difetto e sua localizzazione (posizione della metrica iniziale e finale) mediante ispezione visiva.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.

# Difetti relativi agli elementi non strutturali e impianti



## 5.1 Deterioramento di lastre e tamponature

### Descrizione

Il deterioramento di lastre e tamponature può manifestarsi in diversi modi e nei diversi elementi che li compongono:

- corrosione nei ganci di supporto;
- fessurazioni diagonali nelle porzioni di contatto tra lastra e calotta;
- fessurazioni degli spigoli con conseguente rottura e caduta di materiale;
- distacchi di porzioni di calcestruzzo nei giunti o prossimo ai ganci di supporto.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione e forma delle fessure, posizione e dimensioni delle porzioni di calcestruzzo distaccato, grado di corrosione dei ganci di supporto rilevabili mediante ispezione visiva.

Posizione ed estensione dei difetti rilevabile mediante ispezione uditiva tramite martellamento (per individuare le aree dal suono vuoto).

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: infiltrazioni d'acqua, quadri fessurativi, detriti in carreggiata o sui marciapiedi oppure deformazioni e movimenti della carreggiata.

# Difetti relativi agli elementi non strutturali e impianti

## 5.2 Instabilità del sistema di ancoraggio/supporto

### Descrizione

La stabilità del sistema di ancoraggio/supporto mediante il quale gli apprestamenti (segnaletica, impianti) sono installati in galleria può essere compromessa e conseguentemente pregiudicare la sicurezza degli utenti su strada. La difettosità rilevabile su questo tipo di installazioni può manifestarsi in diversi modi e nei diversi elementi che li compongono, come ad esempio:

- allentamenti e scarso serraggio del sistema di ancoraggio/supporto;
- corrosione del sistema di ancoraggio/supporto;
- deformazioni del sistema di ancoraggio/supporto;
- fessurazioni nel calcestruzzo in corrispondenza del sistema di ancoraggio/supporto;
- distacchi di porzioni di calcestruzzo in corrispondenza del sistema di ancoraggio/supporto;
- presenza di umidità in corrispondenza del sistema di ancoraggio/supporto;

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione e forma delle fessure, posizione e dimensioni delle porzioni di calcestruzzo distaccato, deformazioni e grado di corrosione del sistema di ancoraggio/supporto, rilevabili mediante ispezione visiva.

Posizione ed estensione dei difetti rilevabile mediante ispezione uditiva tramite martellamento.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere quadri fessurativi, detriti o parti di impianti e segnaletica in carreggiata o sui marciapiedi.





**Politecnico  
di Torino**