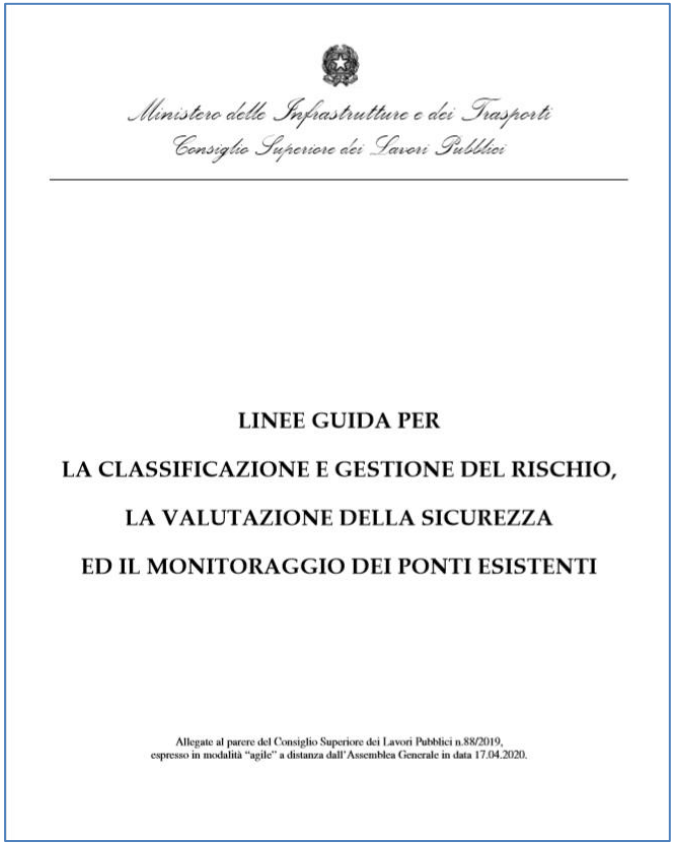


Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

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

Allegate al parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n.88/2019,
espresso in modalità "agile" a distanza dall'Assemblea Generale in data 17.04.2020.

Webinar CNI, giugno 2020

Edoardo COSENZA
Università di Napoli Federico II

APPROFONDIMENTO DELLE BASI CONCETTUALI E VALUTAZIONI OPERATIVE PER LE VERIFICHE DI SICUREZZA ACCURATE (LIVELLO 4)

SLIDE CON SFONDO GIALLO: OPINIONE PERSONALE

PARTE II

LIVELLO 4: VERIFICA ACCURATA DELLA SICUREZZA

Istituzione Commissione, Pres. Donato Carlea, 20 aprile 2019

M INF.CSLP.REGISTRO UFFICIALE.U.0003968.20-04-2019

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Il Presidente

Ai Componenti il Gruppo di Lavoro
Loro sedi

e, p.c. Al Sig. Ministro delle Infrastrutture a trasporti
per il tramite del Sig. Capo di Gabinetto
SEDE

Oggetto: Linee Guida per il monitoraggio, la valutazione della sicurezza strutturale e la classificazione del rischio dei ponti esistenti.

I recenti e ripetuti eventi che hanno coinvolto ponti e cavalcavia esistenti hanno drammaticamente posto in evidenza la necessità di urgenti campagne di verifica e messa in sicurezza delle decine di migliaia di manufatti sparsi sul territorio nazionale.

In proposito, tenuto conto dell'evoluzione della normativa tecnica sulle costruzioni, si ritiene opportuno costituire, presso questo Consesso, un gruppo di lavoro incaricato di predisporre una bozza di Linea Guida ministeriale finalizzata a definire ed uniformare i criteri per il monitoraggio, la valutazione della sicurezza strutturale e la classificazione del rischio dei ponti esistenti, anche in considerazione del transito dei mezzi eccezionali, nonché a fornire raccomandazioni ai fini della definizione di piani e programmi di manutenzione straordinaria delle infrastrutture, ed in particolare delle opere d'arte, contenenti i criteri di analisi di rischio per l'individuazione delle priorità d'intervento.

Per le suddette finalità è pertanto costituito, presso questo Consesso, il gruppo di studio, coordinato dal Sottoscritto e composto come segue:

- Prof. Ing. Donato Carlea (coordinatore);
- Ing. Emanuele Renzi;
- Ing. Antonio Lucchese;
- Ing. Giuseppe Ianniello;
- Ing. Stefano Baccarini;
- Ing. Pietro Baratono; √
- Ing. Alfredo Mortellaro;
- Prof. Mauro Dolce;
- Prof. Edoardo Cosenza; √
- Prof. Andrea Del Grosso; √
- Prof. Mario De Miranda;
- Prof. Pier Giorgio Malerba; √
- Prof. Massimo Mariani; √
- Prof. Franco Mola; √
- Prof. Camillo Nuti; √
- Prof. Antonio Occhiuzzi; √
- Prof. Walter Salvatore; √
- Ing. Giuseppe Chirivì;
- Ing. Simone Puggelli;
- Ing. Giuseppe Silvestri (componente, anche con funzione di segretario del gruppo);

Prof. Ing. Donato Carlea

Formazione Gruppi di lavoro, Pres.Donato Carlea, 17 Luglio 2019

M_INF.CSLP.REGISTRO UFFICIALE.U.0006593.17-07-2019

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Il Presidente

Ai componenti il Gruppo di lavoro
Loro Sedi

Oggetto: Linee guida per il monitoraggio, la valutazione della sicurezza strutturale e la classificazione del rischio dei ponti esistenti.

Come statuito nel corso dell'ultima riunione del gruppo di lavoro riguardante l'oggetto in data 01/07/2019, le tematiche individuate da approfondire sono state:

- Censimento e classificazione del rischio;
- Modalità di verifica della sicurezza;
- Indicazioni sul monitoraggio.

In tal senso, con la presente, si formalizzano ai fini dell'immediata operatività, i seguenti n. 3 sottogruppi di lavoro ed i rispettivi coordinatori.

Sottogruppo n.1: Censimento e classificazione del rischio

- Provv.re Ing. Pietro Baratono (coordinatore)
- Prof. Ing. Pier Giorgio Malerba
- Prof. Ing. Antonio Occhiuzzi
- Prof. Ing. Vincenzo Pane
- Prof. Ing. Mario De Miranda
- Prof. Ing. Walter Salvatore
- Prof. Ing. Giovanni De Marinis
- Prof. Francesco Guadagno
- Ing. Massimo Mariani
- Ing. Giuseppe S. Chirivi

Sottogruppo n.2: Modalità di verifica della sicurezza

- Prof. Ing. Edoardo Cosenza (coordinatore)
- Prof. Ing. Mario De Miranda
- Prof. Ing. Camillo Nuti
- Prof. Ing. Franco Mola
- Prof. Ing. Giovanni De Marinis
- Prof. Ing. Walter Salvatore

Sottogruppo n.3: Indicazioni sul monitoraggio

- Prof. Ing. Andrea Del Grosso (coordinatore)
- Prof. Ing. Camillo Nuti
- Prof. Ing. Vincenzo Pane
- Prof. Ing. Giovanni De Marinis
- Prof. Ing. Francesco Guadagno
- Ing. Alfredo Mortellaro
- Ing. Stefano Baccarini

Donato Carlea

Istituzione Commissione Relatrice, Pres. Massimo Sessa, 12 dicembre 2019

M_INF.CSLP.REGISTRO UFFICIALE.U.0010913.12-12-2019

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI

Presidenza

- **Ing. Walter Lupi** (walter.lupi@mit.gov.it)
- **Ing. Emanuele Renzi** (emanuele.renzi@mit.gov.it)
- **Arch. Mario Avagnina** (mario.avagnina@mit.gov.it)
- **Ing. Ruggero Renzi** (ruggero.renzi@mit.gov.it)
- **Dott. Felice Morisco** (felice.morisco@mit.gov.it)
- **Dott. Antonio Parente** (antonio.parente@mit.gov.it)
- **Ing. Giovanni Lanati** (giovanni.lanati@mit.gov.it)
- **Ing. Mario Nobile** (mario.nobile@mit.gov.it)
- **Ing. Claudio Moroni** (claudio.moroni@protezionecivile.it)
- **Cons. Raffaello Sestini** (r.sestini@giustizia-amministrativa.it)
- **Dott. Francesco Lombardo** (francesco-lomb@libero.it)
- **Avv. Andrea Fedeli** (andrea.fedeli@avvocaturastato.it)
- **Ing. Simone Puggelli** (simone.puggelli@mit.gov.it)

Oggetto: **Aff.** 88**/2019** – Linee guida per il monitoraggio, la valutazione della sicurezza strutturale e la classificazione del rischio dei ponti esistenti.

Per poter riferire in una prossima adunanza della Assemblea generale, è nominata la seguente Commissione relatrice:

- Ing. Walter Lupi, Primo relatore
- Ing. Emanuele Renzi
- Arch. Mario Avagnina
- Ing. Ruggero Renzi
- Dott. Felice Morisco
- Dott. Antonio Parente
- Ing. Giovanni Lanati
- Ing. Mario Nobile
- Ing. Claudio Moroni
- Cons. Raffaello Sestini
- Dott. Francesco Lombardo
- Avv. Andrea Fedeli
- Ing. Simone Puggelli (componente, segretario)

Con la presente vengono inviati, in formato digitale, le tre bozze elaborate dal gruppo di lavoro a suo tempo incaricato, inerenti ai contenuti relativi al "Censimento e classificazione del rischio", alle "Modalità di verifica della sicurezza" ed alle "Indicazioni sul monitoraggio".

Stante l'importanza, l'urgenza e la delicatezza delle questioni trattate, onde rendere più celere e proficuo l'iter istruttorio ritengo opportuno che le SS.LL. si riuniscano in prima convocazione congiuntamente con il gruppo di lavoro in data 17 dicembre 2019, alle ore 10,30 presso il Parlamentino di questo Consiglio superiore dei lavori pubblici.

Ringrazio fin da ora le SS.LL. per la l'impegno e la professionalità che certamente sapranno profondere nell'espletamento dell'incarico conferito.

IL PRESIDENTE REGGENTE
Ing. Massimo Sessa

Presentazione in Assemblea Generale, 20 dicembre 19, Pres. Massimo Sessa

M_INF.CSLP.REGISTRO UFFICIALE.U.0011002.17-12-2019

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI

ASSEMBLEA GENERALE

Adunanza del 20 dicembre 2019

La S.V. è invitata a partecipare, ai sensi dell'art. 4 del D.P.R. n. 204 del 27 Aprile 2006, all'Adunanza della Assemblea Generale che si terrà il giorno **20 dicembre 2019 alle ore 10,00** presso la sala del Parlamentino, al quarto piano – Porta Pia – Roma.
Gli argomenti inseriti all'ordine del giorno sono i seguenti:
La S.V. è invitata a partecipare all'Adunanza della Assemblea Generale che si terrà il giorno **20 dicembre 2019 alle ore 10,00** presso la sala del Parlamentino, al quarto piano – Porta Pia – Roma.

Gli argomenti inseriti all'ordine del giorno sono i seguenti:

1 - Saluto ed introduzione del Presidente;
2 - **Aff. 88/2019** – Linee guida per il monitoraggio, la valutazione della sicurezza strutturale e la classificazione del rischio dei ponti esistenti.
ESPOSIZIONE DEI CONTENUTI
(LUPI, RENZI E., AVAGNINA, RENZI R., MORISCO, PARENTE, LANATI, NOBILE, MORONI, SESTINI, LOMBARDO, FEDELI, PUGGELLI);
3 – Varie ed eventuali.

IL PRESIDENTE REGGENTE
(Massimo Sessa)

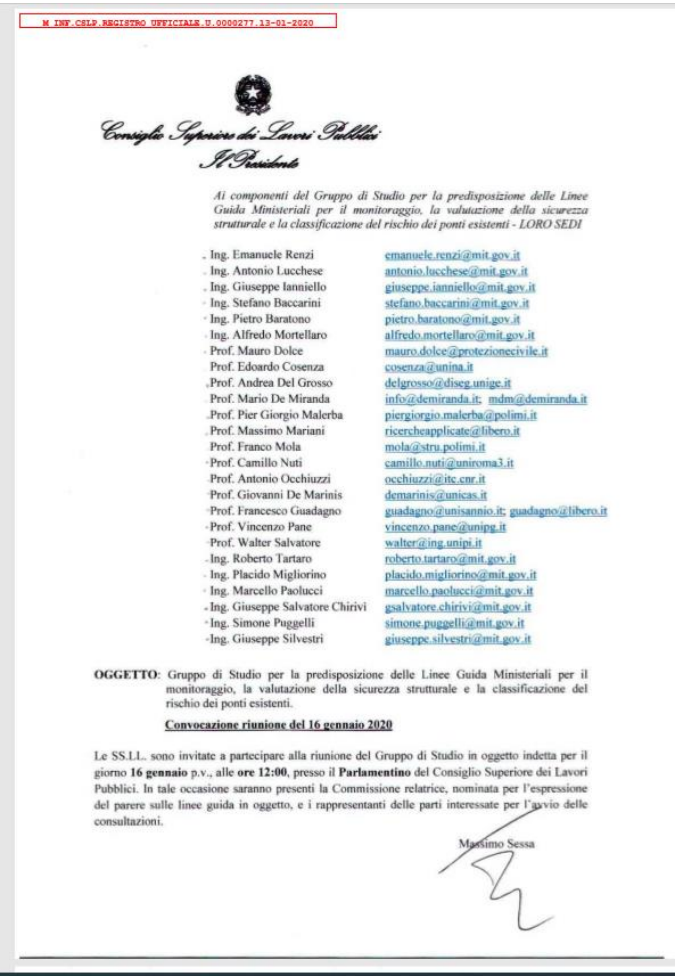
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DEI PONTI ESISTENTI

Gruppo di Lavoro "VERIFICHE DI SICUREZZA"

Versione preparata per Assemblea Generale 20.12.2019

Presentazione alle Istituzione Gestori in Assemblea Generale, 16 gennaio 2020, Pres. Massimo Sessa



M_INF.CSLP.REGISTRO UFFICIALE.U.0000277.13-01-2020

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Il Presidente

Ai componenti del Gruppo di Studio per la predisposizione delle Linee Guida Ministeriali per il monitoraggio, la valutazione della sicurezza strutturale e la classificazione del rischio dei ponti esistenti - LORO SEDI

Ing. Emanuele Renzi	emanuele.renzi@mit.gov.it
Ing. Antonio Lucchese	antonio.lucchese@mit.gov.it
Ing. Giuseppe Ianniello	giuseppe.ianniello@mit.gov.it
Ing. Stefano Baccarini	stefano.baccarini@mit.gov.it
Ing. Pietro Baratono	pietro.baratono@mit.gov.it
Ing. Alfredo Mortellaro	alfredo.mortellaro@mit.gov.it
Prof. Mauro Dolce	mauro.dolce@protezionecivile.it
Prof. Edoardo Cosenza	cosenza@unina.it
Prof. Andrea Del Grosso	delgrosso@diseg.unige.it
Prof. Mario De Miranda	info@demiranda.it; mdm@demiranda.it
Prof. Pier Giorgio Malerba	piergiorgio.malerba@polimi.it
Prof. Massimo Mariani	ricercheapplicate@libero.it
Prof. Franco Mola	mola@stru.polimi.it
Prof. Camillo Nuti	camillo.nuti@uniroma3.it
Prof. Antonio Occhiuzzi	occhiuzzi@itc.cnr.it
Prof. Giovanni De Marinis	demarinis@unicas.it
Prof. Francesco Guadagno	guadagno@unisannio.it; guadagno@libero.it
Prof. Vincenzo Pane	vincenzo.pane@unipg.it
Prof. Walter Salvatore	walter@ing.unipi.it
Ing. Roberto Tartaro	roberto.tartaro@mit.gov.it
Ing. Placido Migliorino	placido.migliorino@mit.gov.it
Ing. Marcello Paolucci	marcello.paolucci@mit.gov.it
Ing. Giuseppe Salvatore Chirivì	gsalvatore.chirivi@mit.gov.it
Ing. Simone Puggelli	simone.puggelli@mit.gov.it
Ing. Giuseppe Silvestri	giuseppe.silvestri@mit.gov.it

OGGETTO: Gruppo di Studio per la predisposizione delle Linee Guida Ministeriali per il monitoraggio, la valutazione della sicurezza strutturale e la classificazione del rischio dei ponti esistenti.

Convocazione riunione del 16 gennaio 2020

Le SS.LL. sono invitate a partecipare alla riunione del Gruppo di Studio in oggetto indetta per il giorno **16 gennaio** p.v., alle **ore 12:00**, presso il **Parlamentino** del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. In tale occasione saranno presenti la Commissione relatrice, nominata per l'espressione del parere sulle linee guida in oggetto, e i rappresentanti delle parti interessate per l'avvio delle consultazioni.

Massimo Sessa

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DEI PONTI ESISTENTI

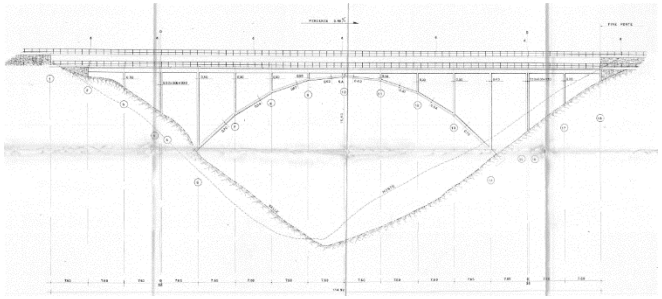
LIVELLO 4: VERIFICA ACCURATA DELLA SICUREZZA

Versione preparata per Riunione 16-01-20, presentazione Alle Istituzioni ed ai Gestori

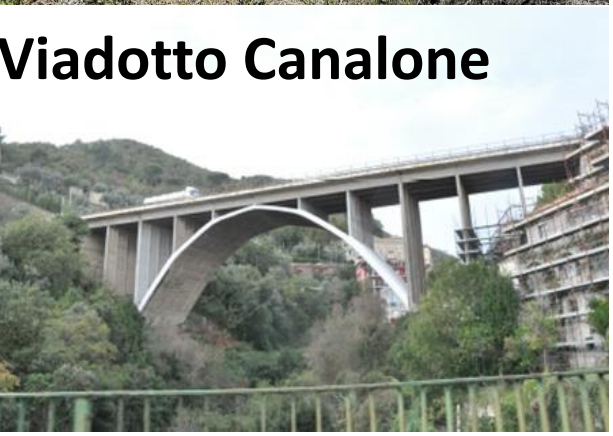
Autostrada Napoli - *Pompei – Salerno* *(1959-1964)*

Viadotto Caiafa

Viadotto San Liberatore



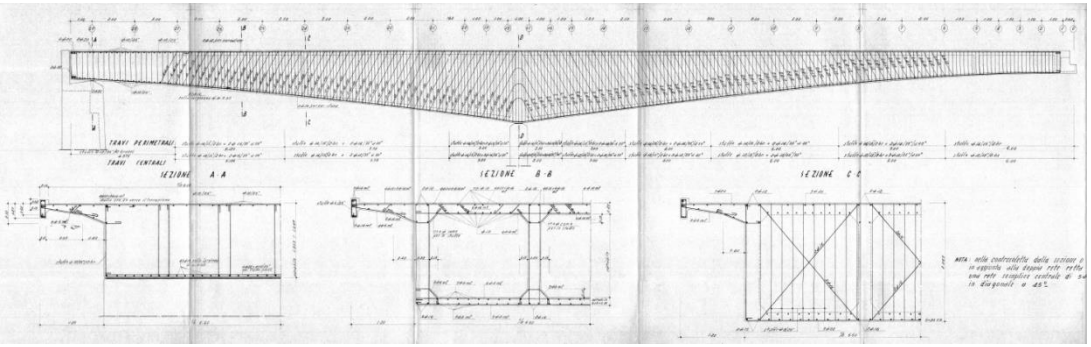
Viadotto Canalone



Viadotto Madonna degli Angeli

Viadotto Vietri

Viadotto Sant'Eremita

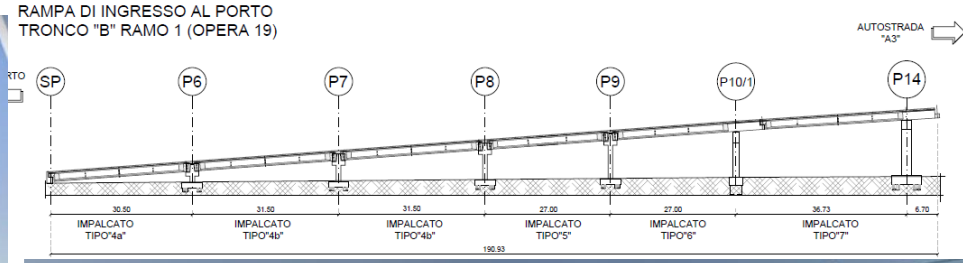


Napoli - Salerno_ Zona Napoli Porto

OPERA 44
(Cavalcavia Autostrada A3 Napoli – Pompei – Salerno)

OPERA 26 (Viadotto San Giovanni)

OPERE 13 e 19 (Rampe Porto)



TANGENZIALE di Napoli (1968-1975)

Svincoli del Vomero

Rampe Corso Malta

Viadotto Fontanelle

Viadotto Via Campana

Svincolo Capodimonte

Viadotto Cassiodoro

Viadotto Miano Agnano

Tabella 6.1. - Livelli di analisi in funzione delle finalità delle verifiche

	Obiettivi	**Carichi da traffico**	**t_{ref}**
Valutazione del livello di sicurezza secondo le norme attuali (NTC 2018)	Valutazione del livello di sicurezza strutturale, sismico e idraulico (alluvioni e frane) come previsto dalle NTC 2018, con eventuale riduzione fattori parziali carichi permanenti	Schemi convenzionali previsti dalle NTC 2018	Come da NTC 2018

Se livello di sicurezza strutturale (statica/geotecnica) è insufficiente

Operatività	Valutazione del livello di sicurezza strutturale con t_{ref} ridotto e fattori parziali ridotti	Schemi da NTC 2018, con fattori parziali ridotti	30 anni
TRANSITABILITA' NTC 2018 (Immediata transitabilità 1)	Valutazione del livello di sicurezza strutturale con t_{ref} molto ridotto imponendo restrizioni all'uso del ponte e relativi fattori parziali ridotti	Schemi da NTC 2018, con restrizioni di uso e relativi fattori parziali ridotti	5 anni
TRANSITABILITA' CdS: PESANTE, INTERMEDIA, LEGGERA, AUTOVEICOLI (Immediata transitabilità 2)	Valutazione del livello di sicurezza strutturale con t_{ref} molto ridotto, imponendo limitazione dei carichi secondo CdS e con relativi fattori parziali ridotti	Schemi da CdS con relativi fattori parziali ridotti	5 anni

AZIONI

CARICHI PERMANENTI (G) ⇒ NTC2018 IN OGNI CASO

FATTORE PARZIALE (γ_G) ⇒ possibilità del par. 8. 5. 5, NTC 18

CARICHI DA TRAFFICO (Q) ⇒ NTC2018, periodo 1000 anni

FATTORE PARZIALE (γ_Q) ⇒ ADEGUATO, OPERATIVO, TRANSITABILE 1, TRANSITABILE 2

CARICHI DA CODICE DELLA STRADA (Q_{CdS}) ⇒ NOVITA' ASSOLUTA

FATTORE PARZIALE (γ_{CDS}) ⇒ 1, 1, 1, 35, 1, 6

MATERIALI

RESISTENZA DEI MATERIALI (M) ⇒ NTC2018 / OPERATIVO, TRANSITABILE

FATTORE PARZIALE (γ_M) ⇒ γ_c, γ_s, γ_a, γ_v,

AZIONI (moltiplicate per)

$$\gamma_F = \gamma_{Ed,f} \cdot \gamma_f$$

Incertezze di modello (relazione fra azione esterna e sollecitazioni di verifica)
Si minimizza con verifica della geometria accurata e con la riproduzione di prove statiche e dinamiche adeguatamente progettate

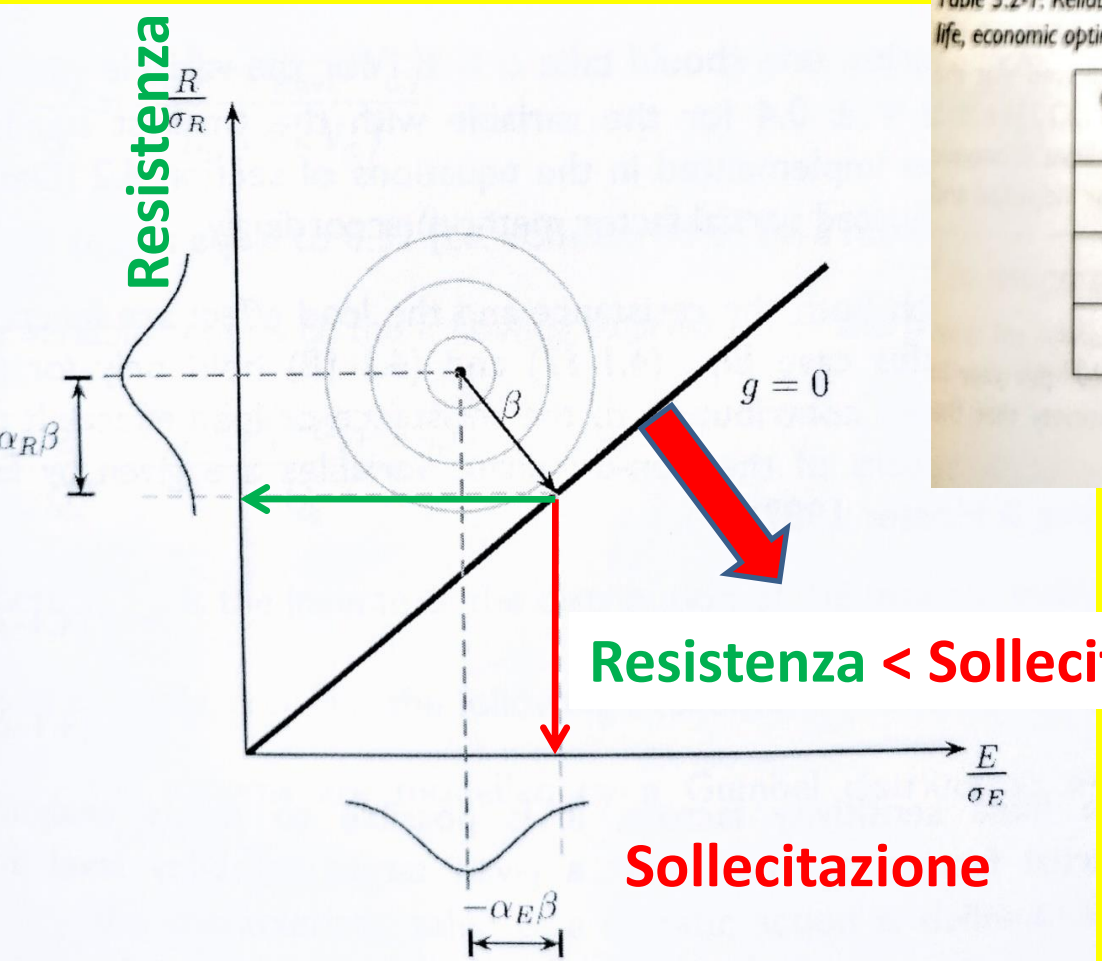
Incertezze sulle azioni.
Dipende dall'indice di affidabilità prescelto e può dipendere dal tempo di riferimento.

RESISTENZE MATERIALI (divise per)

$$\gamma_M = \gamma_{Rd1} \cdot \gamma_{Rd2} \cdot \gamma_m$$

Incertezze di modello (formulazione verifiche sezioni)
Incertezze geometriche sulle dimensioni szioni e sulle dimensioni armatura

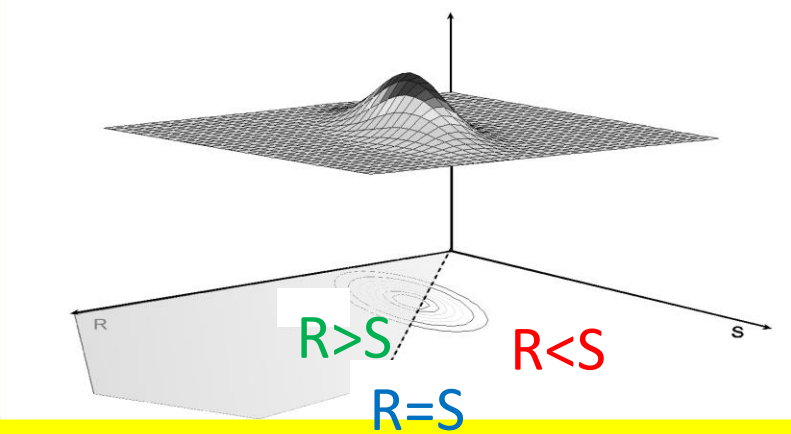
Incertezze sui materiali. Dipende dall'indice di affidabilità prescelto



ig. 4.1-2: FORM-based design point.

Table 3.2-1: Reliability index for existing structures related to ultimate limit states and remaining working life, economic optimisation

Consequence class	β_{up}	β_0
CC1	3.3 – 0.5 = 2.8	3.3 – 1.5 = 1.8
CC2	3.8 – 0.5 = 3.3	3.8 – 1.5 = 2.3
CC3	4.3 – 0.5 = 3.8	4.3 – 1.5 = 2.8



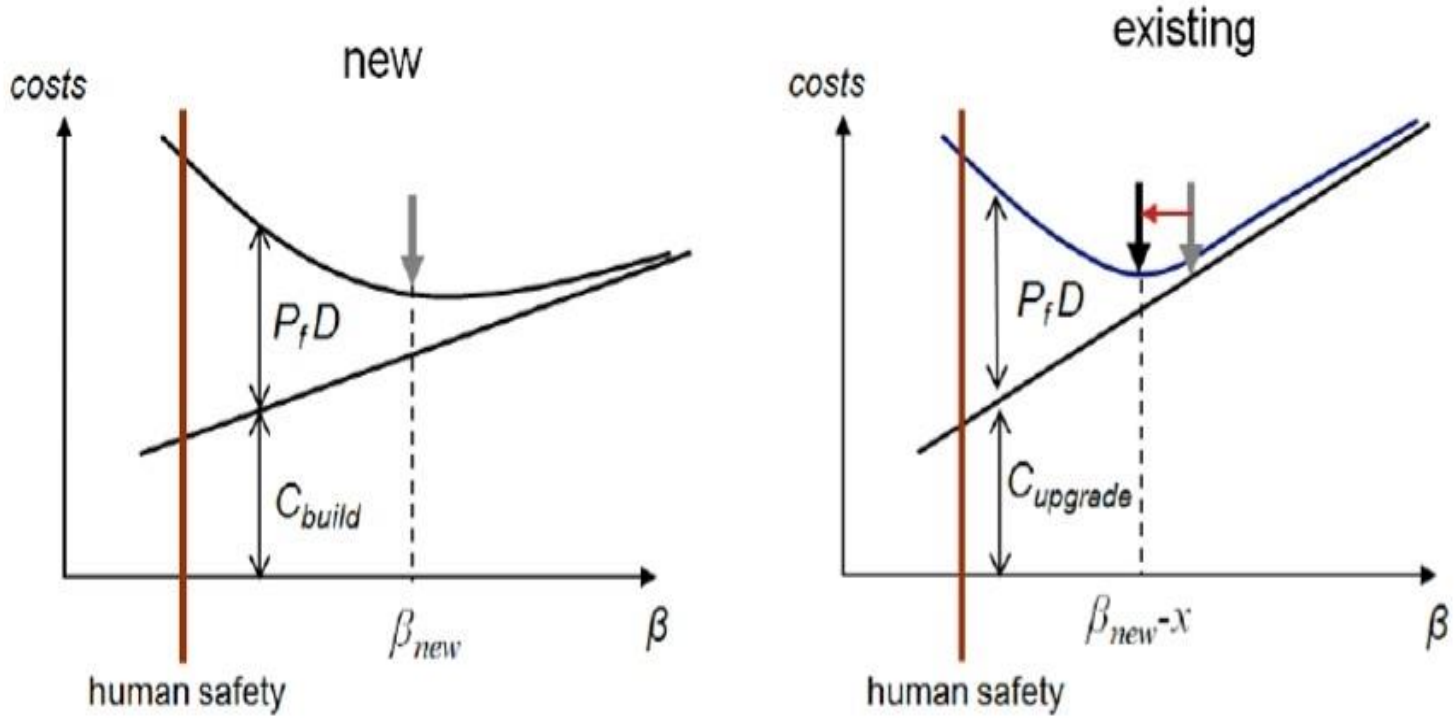
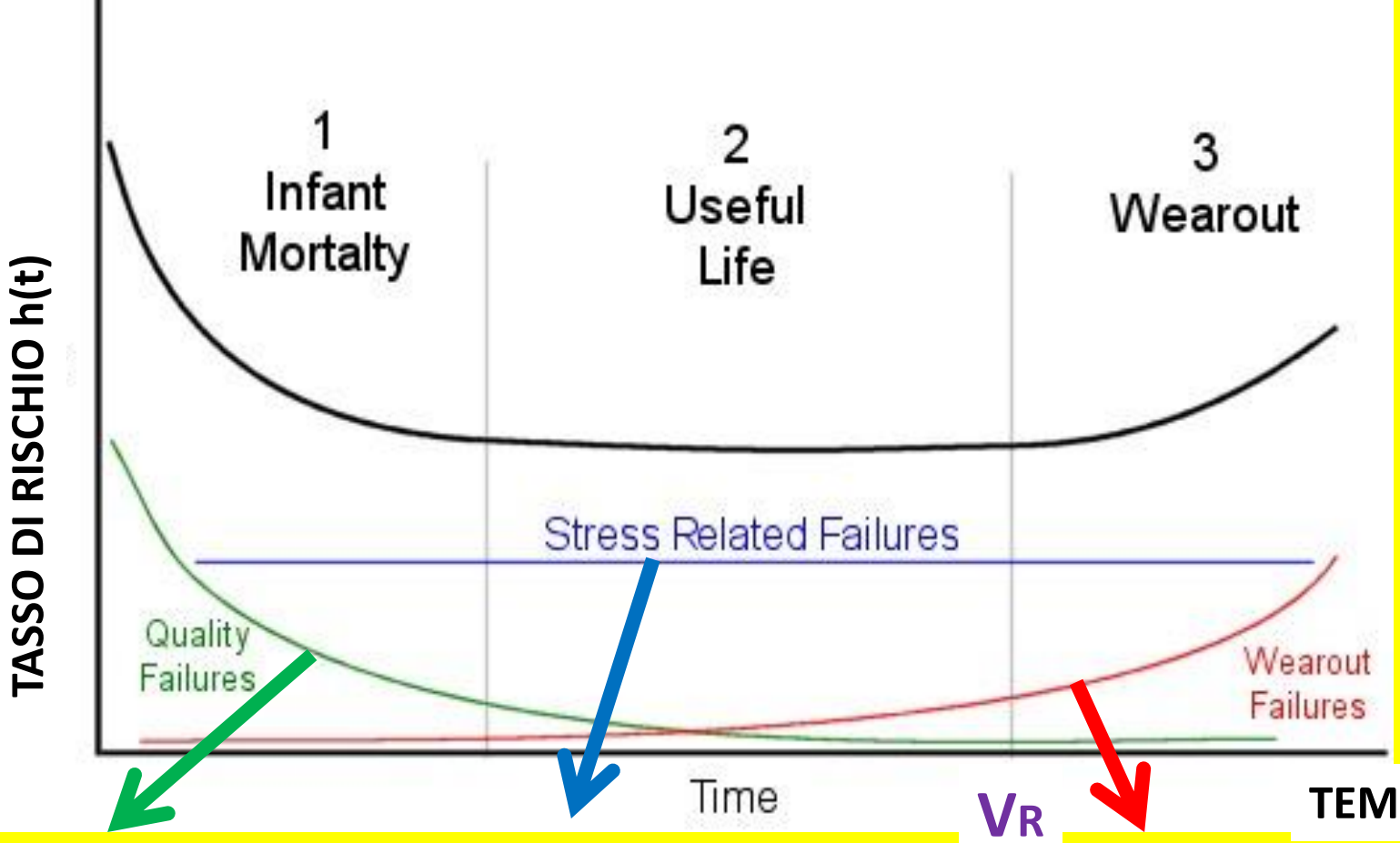


Fig 3.1-1: Illustration of the difference in cost optimisation for the design of new structures versus upgrading of existing structures. P_fD is the expected failure costs related to the working life.



V_R

Errori progettazione e realizzazione

Azioni gravitazionali e naturali

Deterioramento materiali e strutturale

$$h(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{1}{\Delta t} \cdot \frac{P_f(t+\Delta t) - P_f(t)}{1 - P_f(t)}$$

$$P_f(t) = 1 - e^{-\int_0^t h(u) \cdot du}$$

$$Per\ piccoli\ valori\ di\ P_f:\ h(t) \cong \frac{d\,P_f(t)}{d\,t}\ \ e\ dualmente\ P_f(t) \cong \int_0^t h(u)du$$

APPENDICE A

… Le vigenti Norme tecniche per le Costruzioni (NTC18, Cap.8) riconoscono, in linea con l'orientamento generale che, per strutture esistenti, il conseguimento di livelli di affidabilità strutturale paragonabili a quelli di strutture nuove risulta eccessivamente conservativo anche in considerazione del fatto che le strutture esistenti hanno già superato eventuali problematiche relative, ad esempio, ai grandi errori progettuali, ai grandi errori costruttivi, a circostanze non prevedibili in fase di progettazioni ecc; dunque si può raggiungere l'usuale grado di rischio complessivo considerando, in termini equivalenti, fattori di sicurezza convenzionali nominalmente inferiori. Ciò operativamente si valuta, sempre in termini equivalenti, riducendo l'indice di affidabilità.

In particolare si considera nelle presenti Linee Guida la seguente tabella A.1 per i valori dell'indice di affidabilità β_0 delle strutture per le quali occorra eseguire la valutazione della sicurezza per le diverse Classi di Conseguenze:

Classe di Conseguenza secondo EN 1990	β_0
CC1	1,8
CC2	2,3
CC3	**2,8**

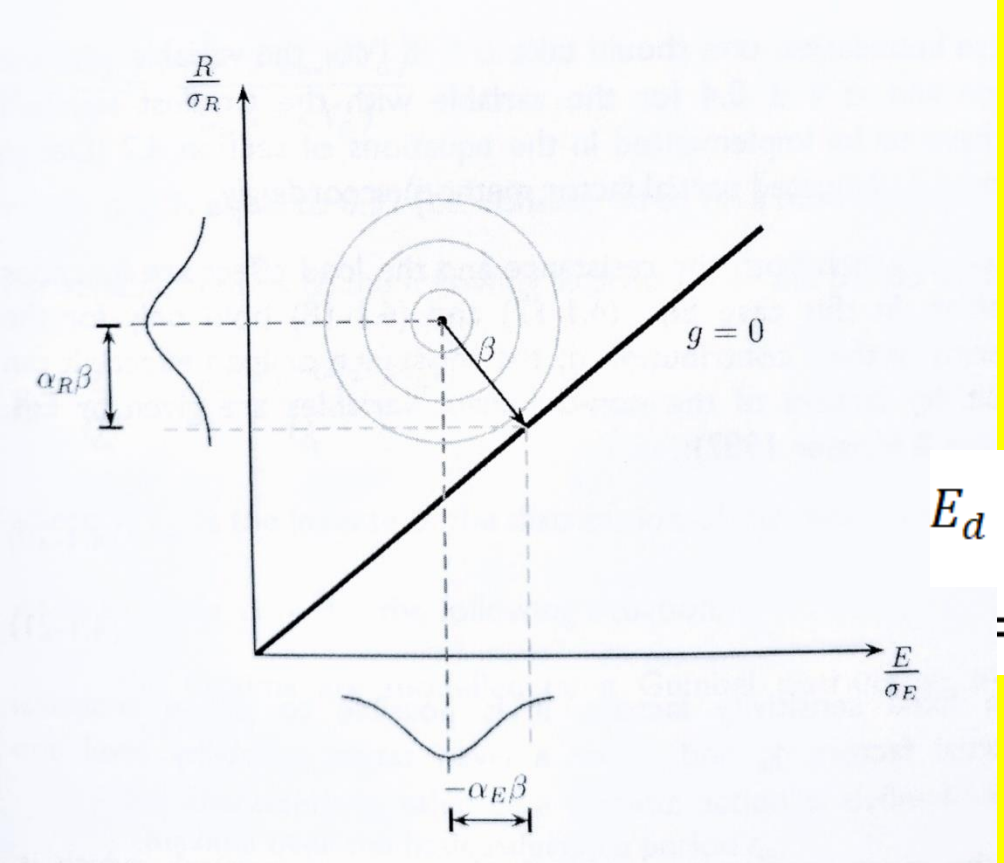


Fig. 4.1-2: FORM-based design point.

$$\frac{E_d}{\sigma_E} = \frac{E_m}{\sigma_E} + \alpha_E\beta$$

$$E_d = E_m + \alpha_E\beta\sigma_E = E_m\left(1 + \alpha_E\beta\frac{\sigma_E}{E_m}\right) =$$

$$= E_m(1 + \alpha_E\beta \cdot COV_E) = E_m \cdot \gamma_E$$

$$\gamma_E = 1 + \alpha_E\beta \cdot COV_E$$

Incertezza Modello Incertezza Azione

$$\gamma_G = (1 + 0{,}28 \cdot \beta \cdot 0{,}065)(1 + 0{,}7 \cdot \beta \cdot COV)$$

Esempio: carichi permanenti, NTC 2018, β=4,3

$$\gamma_G = (1 + 0{,}28 \cdot 4{,}3 \cdot 0{,}065)(1 + 0{,}7 \cdot 4{,}3 \cdot 0{,}0838) = 1{,}350$$

…. Fattori parziali di sicurezza dei carichi permanenti BASI CONCETTUALI

Si ottengono quindi i seguenti valori:

Nel caso generale: **β=2,8 invece di 4,3; COV conservativo 0,10 invece di 0,0838**

$$\gamma_G = (1 + 0.28 \cdot 2.8 \cdot 0.065) \cdot (1 + 0.7 \cdot 2.8 \cdot \underline{0.10}) = 1.257 \approx 1{,}26$$

e, quando ci sia un <u>accurato controllo statistico</u> della geometria della struttura e delle parti non strutturali e delle densità dei materiali e si sia verificata una conseguente modesta variabilità;

$$\gamma_G = (1 + 0.28 \cdot 2.8 \cdot 0.065) \cdot (1 + 0.7 \cdot 2.8 \cdot \underline{0.05}) = 1.154 \approx 1{,}16.$$

Nel caso di Verifica di Ponte ADEGUATO, il valore dell'indice di affidabilità da considerare è

$$\beta_0 = 4{,}3$$

. Dunque considerando un accurato controllo statistico della geometria della struttura e delle parti non strutturali e delle densità dei materiali e si sia verificata una conseguente modesta variabilità si ottiene:

$$\gamma_G = (1 + 0.28 \cdot 4{,}3 \cdot 0.065) \cdot (1 + 0.7 \cdot \underline{4{,}3 \cdot 0.05}) = 1.241 \approx 1{,}25$$

Ulteriori riduzioni possono ottenersi dalla sostanziale riduzione dell'incertezza di modello, discussa nel § 4.3.4, ovvero dell'incertezza della relazione fra azioni applicate e sollecitazioni valutate, eliminando il primo termine moltiplicativo e cioè all'incirca dividendo i suddetti valori per il coefficiente 1,05.

6.3.3.5 Riduzione delle incertezze di modellazione

Relativamente ai coefficienti di sicurezza dei carichi permanenti, nel caso di strutture esistenti, in funzione del livello di approfondimento delle indagini condotte in termini di misure geometriche, caratteristiche dei materiali, modellazione strutturale, eventuali analisi di identificazione dinamica, riscontro con prove di carico di progetto, si può ottenere una riduzione significativa delle incertezze di modello e, quindi, un'ulateriore riduzione del fattore parziale, che dunqe assume il valore:

$$\gamma_G = 1{,}10$$

… ossia nelle condizioni in cui si dispone di un accurato controllo statistico della geometria della struttura e delle parti non strutturali e delle densità dei materiali. In tal caso la geometria delle sezioni è da rilevare con precisione, entro la tolleranza di ±5 mm, le distanze fra gli appoggi con precisione di ±20 mm ed i pesi unitari dei materiali misurati con pesature di campioni diretti estratti per carotaggio.

$$\gamma_G = 1 \cdot (1 + 0.7 \cdot 2.8 \cdot 0.05) = 1.098 \cong 1{,}10$$

NTC 2018: 8.5.5. AZIONI "… Per i carichi permanenti, un accurato rilievo geometrico-strutturale e dei materiali potrà consentire di adottare coefficienti parziali modificati, assegnando a γ_G valori esplicitamente motivati

Tabelle 6.3.2. e 6.3.3 – Fattori parziali di sicurezza per i carichi permanenti γ_G

TIPO DI VERIFICA	(1) CONDIZIONI STANDARD	(2) ACCURATO CONTROLLO STATISTICO DI MATERIALI E GEOMETRIA E COV<0,05	(3) COME (2) E CON ABBATTIMENTO INCERTEZZE DI MODELLO (§ 2.4.3.4)
VERIFICHE **ADEGUAMENTO**	***1.35***	***1.25***	***1.10***
VERIFICHE β = 2.8 **OPERATIVITA' E TRANSITABILITA'**	***1.26***	***1.16***	***1.10***

Tabella 6.3.4.Fattori parziali di sicurezza per i carichi da traffico γ_Q

VERIFICHE **TRANSITABILITA'** E **OPERATIVITA',** AZIONE PRINCIPALE **TRAFFICO**	γ_Q ***=1.20***

… 6.3.4 Valori di progetto delle caratteristiche di resistenza dei materiali

8.5.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali. Le indagini dovranno essere motivate, per tipo e quantità, dal loro effettivo uso nelle verifiche; nel caso di costruzioni sottoposte a tutela, ai sensi del D.Lgs. 42/2004, di beni di interesse storico-artistico o storico-documentale o inseriti in aggregati storici e nel recupero di centri storici o di insediamenti storici, dovrà esserne considerato l'impatto in termini di conservazione. I valori di progetto delle resistenze meccaniche dei materiali verranno valutati sulla base delle indagini e delle prove effettuate sulla struttura, tenendo motivatamente conto dell'entità delle dispersioni, prescindendo dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni. Per le prove di cui alla Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/STC o eventuali successive modifiche o interazioni, il prelievo dei campioni dalla struttura e l'esecuzione delle prove stesse devono essere effettuate a cura di un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001.

… 6.3.4 Valori di progetto delle caratteristiche di resistenza dei materiali

In altro punto della Circolare è riportato quanto segue:

C 8.5.4.2 COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO ARMATO O DI ACCIAIO

"I fattori di confidenza, determinati in funzione del livello di conoscenza acquisito, vengono applicati ai valori medi delle resistenze dei materiali ottenuti dai campioni di prove distruttive e non distruttive, per fornire una stima dei valori medi delle resistenze dei materiali della struttura, entro l'intervallo di confidenza considerato (in genere si assume un intervallo di confidenza pari al 95%).

$$f_d = min\left(\frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M}, \frac{f_k}{FC}\right)$$

Si sottolinea inoltre che la normativa italiana considera i fattori FC, che incorporano vari tipi di incertezze comprese quelle sulla disposizione delle armature e sui dettagli costruttivi. Il sistema degli Eurocodici considera invece unicamente i fattori parziali dei materiali che incorporano le incertezze di modelle e la variabilità dei materiali in maniera forfettaria. E' dunque necessario ottenere una sintesi dei due diversi approcci.

Fattori parziali associati alle incertezze di modellazione, Geometriche e del materiale, secondo fib80, β_0=2,8

$$\gamma_M = \gamma_{Rd1} \cdot \gamma_{Rd2} \cdot \gamma_m$$

	Incertezza MODELLO γ_{Rd1}	Incertezza GEOMETRIA γ_{Rd2}	COV materiale	Incertezza MATERIALE γ_m	FATTORE PARZIALE complessivo γ_M
Calcestruzzo	**1,07**	**1,07**	**0,15**	**1,09**	**~1,26**
Acciaio da c.a. e c.a.p.	**1,02**	**1,04**	**0.05**	**1,03**	**~1,10**

$$Connettori, \quad \beta = 4{,}3: \ \gamma_V = \sqrt{1{,}50 \cdot 1{,}05} = 1{,}25$$

$$Connettori, \quad \beta = 2{,}8: \ \gamma_V = \sqrt{1{,}26 \cdot 1{,}05} = 1{,}15$$

6.3.4.1 Fattori parziali di sicurezza

TRANSITABILITA' *E* ***OPERATIVITA'***

Tab. 6.9. Fattori parziali di sicurezza per le caratteristiche di resistenza dei materiali γ_M

MATERIALE	FATTORE PARZIALE
Calcestruzzo	1,26
Acciaio da c.a. e c.a.p	1,10
Acciaio da carpenteria	1,05
Connettori	1,15

$$\beta_0 = 2.8$$

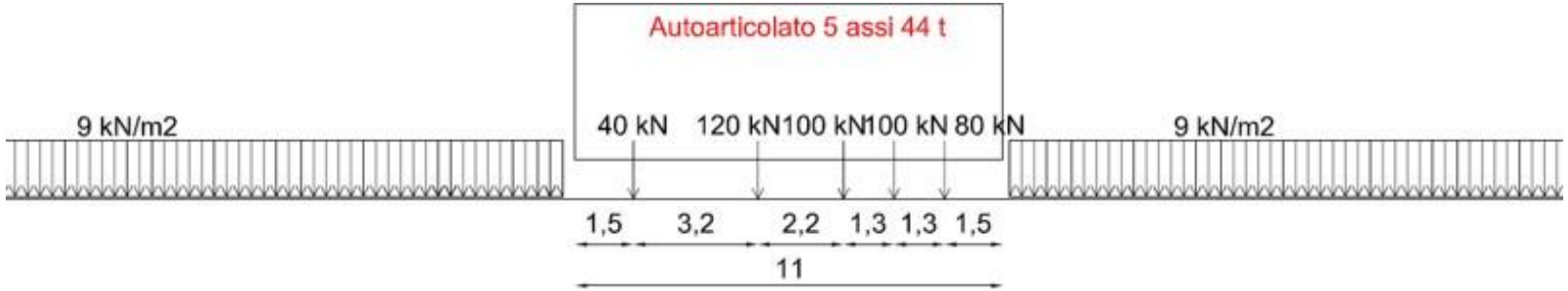
CONFRONTO PONTE ADEGUATO vs PONTE OPERATIVO, stessi carichi da traffico NTC

	CARICHI PERMANENTI	CARICHI DA TRAFFICO	RESISTENZA CALCESTR.	RESISTENZA ACCIAIO C.A. E C.A.P.	RESISTENZA ACCIAIO CARPENTERA	RESISTENZA CONNETTORI
	γ_G	γ_Q	γ_C	γ_S	γ_a	γ_v
Ponte ADEGUATO t_{ref} *da NTC*	1,35 (1,26, 1,10)	1,35	1,50	1,15	1,05	1,25
Ponte OPERATIVO t_{ref} *30 anni*	1,26 (1,16, 1,10)	1,20	1,26	1,10	1,05	1,15
RAPPORTO	0,933	0,889	0,840	0,957	1,000	0,920

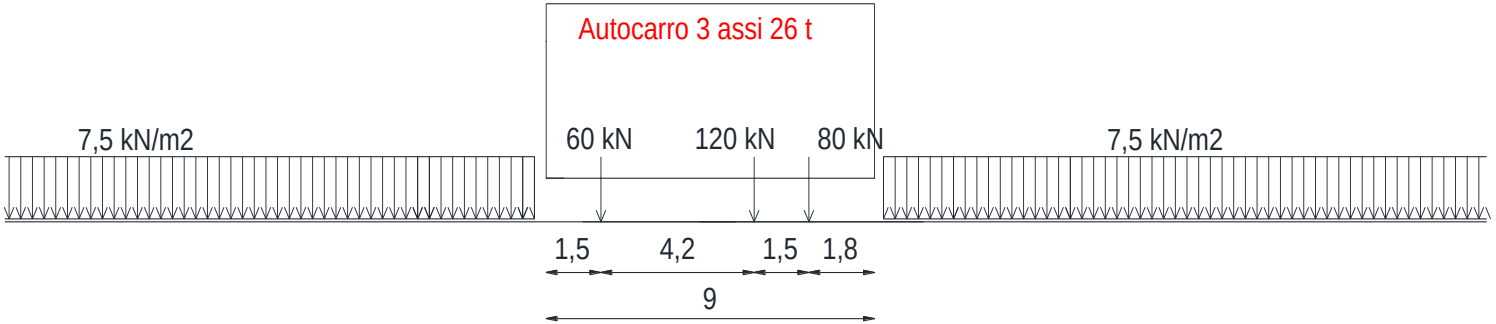
$$Governa\ acciaio: \frac{0{,}933 + 0{,}889}{2} 0{,}957 = 0{,}872 \qquad Governa\ cls.: \frac{0{,}933 + 0{,}889}{2} 0{,}840 = 0{,}765$$

6.3.2.2 Azioni variabili da traffico (per Transitabilità (2))

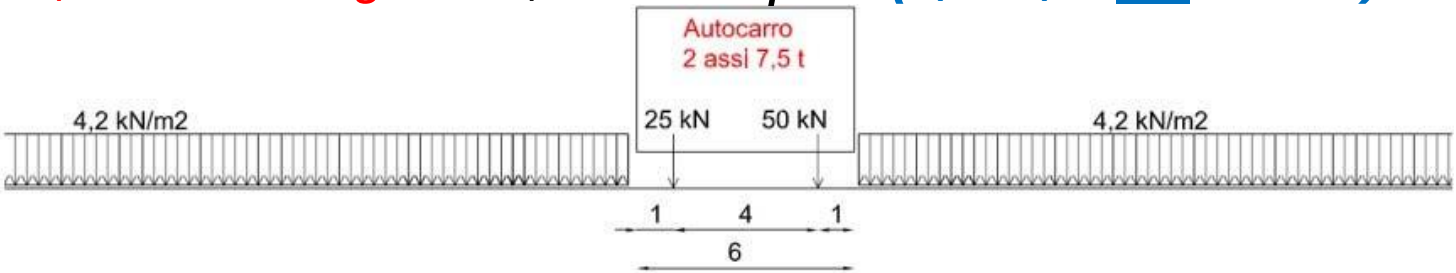
PESANTI: 44 t in dettaglio+ 9,0 kN/mq ***(9,0x3,0x16,3=440 kN; 16,3 - 11 m)***



INTERMEDI: 26 t in dettaglio+ 7,5 kN/mq ***(7,5x3,0x11,6=260 kN; 11,6 - 9 m***

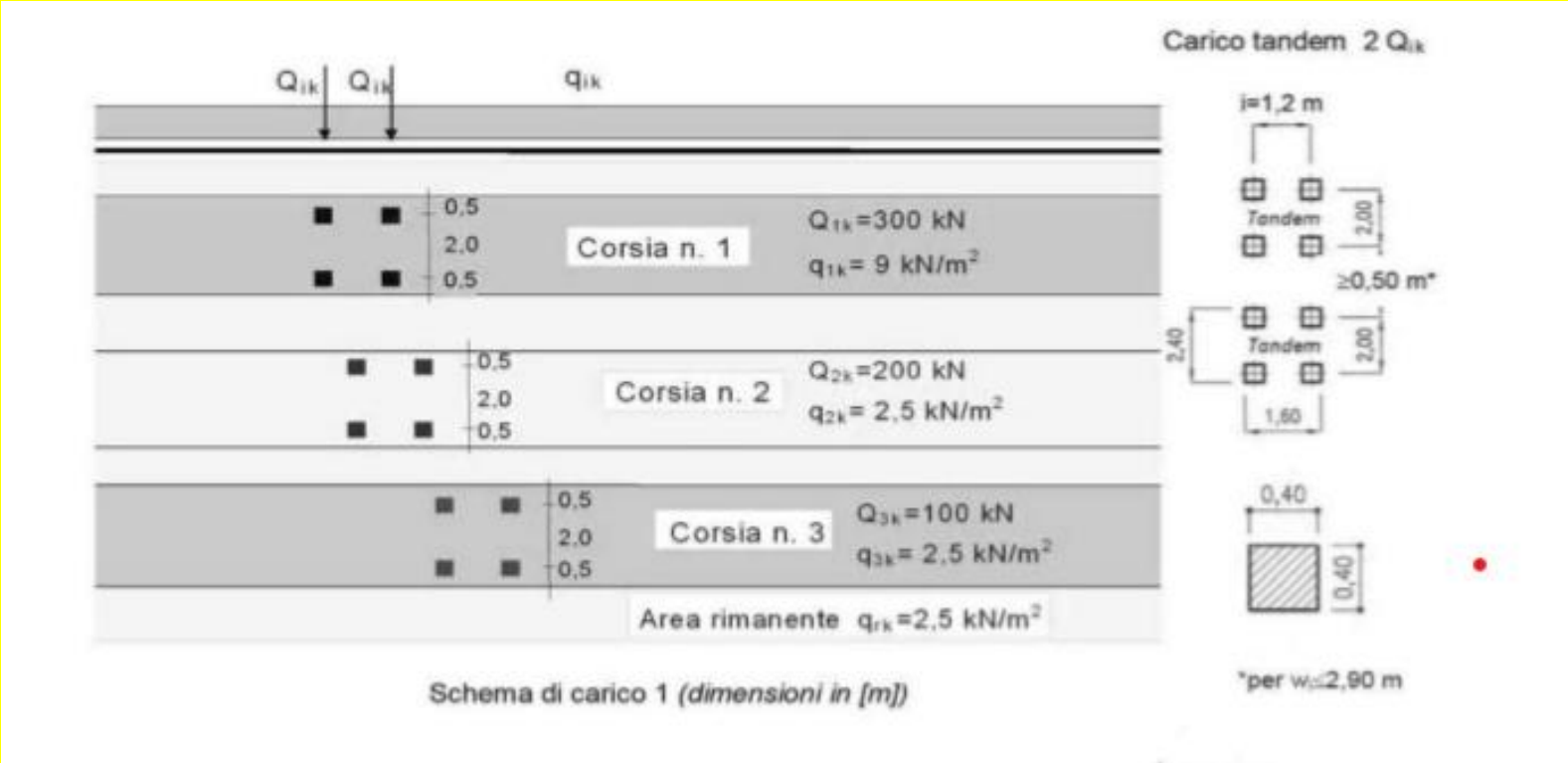


LEGGERI: 7,5 t in dettaglio+ 4,2 kN/mq ***(4,2x3,0x6,0=75 kN)***



LEGGERISSIMI, SOLI AUTOVEICOLI: 3,5 t + 2,5kN/mq

CARICO NTC 2018, PERIODO DI RITORNO 1000 anni



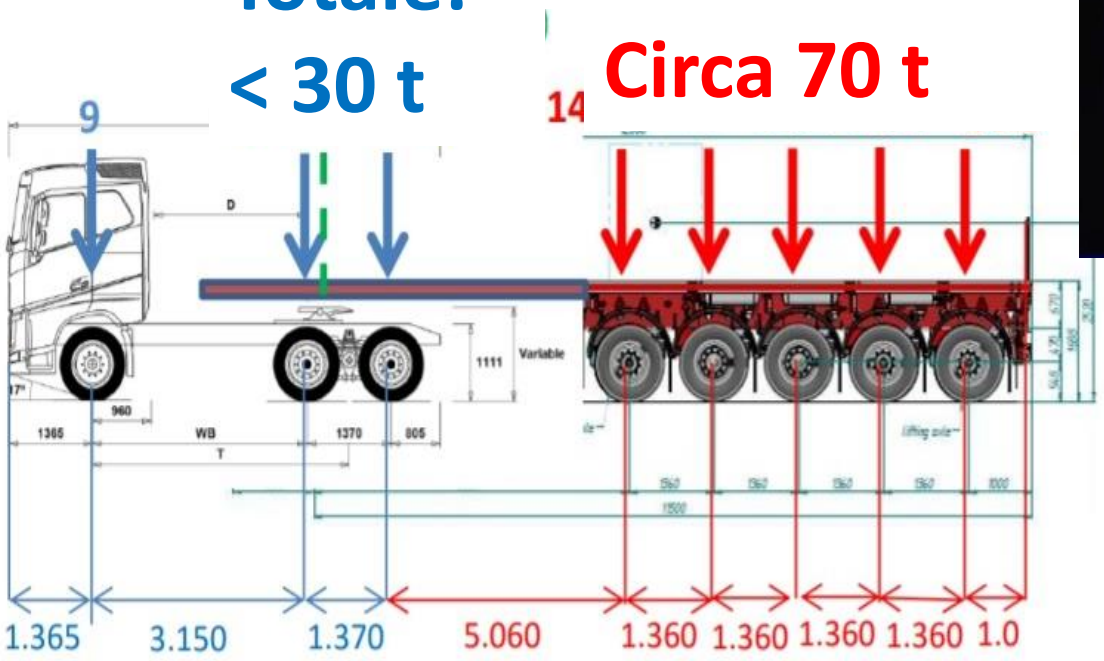
Schema di carico 1 *(dimensioni in [m])*

SULLA CORSIA 1, PIU' CARICATA:

(9,0x3,0x16,3=440 kN)

+ TANDEM da 30 + 30 t

TOTALE 104 t



Circa 108 tonnellate complessive, circa 16,2 metri complessivi:

6.3.3.3 Fattori parziali di sicurezza delle azioni variabili, schemi di traffico da Codice della Strada

La valutazione dei fattori parziali da utilizzare per i carichi da codice della strada è estremamente complessa, non disponendosi di studi in merito.
Certamente si può affermare che in nessun caso è possibile utilizzare le modalità di verifica da Transitabilità semplicemente ponendo dei divieti di circolazione senza adeguati controlli sulle infrazioni.
Ciò premesso, si distinguono tre condizioni:

•*Livello 1): il controllo del superamento del carico del peso da parte dei mezzi è effettuato a campione, su base documentale o di pesatura diretta, mediante una pianificazione sistematica nel tempo.*

•*Livello 2): il controllo del superamento del carico da parte dei mezzi è effettuato in modo sistematico e continuo nel tempo, su base documentale o di pesatura diretta, con procedure per il blocco dei mezzi in caso di eccesso di carico e invio su altra viabilità .*

•*Livello 3): analogo al Livello 2) ma utilizzando pesatura dei mezzi e blocco garantito degli stessi in caso di eccesso di carico, da parte di proprietario/gestore dei ponti e invio su altra viabilità.*

… 6.3.3.3 Fattori parziali di sicurezza delle azioni variabili, schemi di traffico da Codice della Strada

Per i tre casi considerati è sicuramente prevedibile un coefficiente di variazione e una probabilità di superamento, in 5 anni, molto diversa cosicché occorre assumere fattori parziali diversificati per i modelli di carico da Codice della strada definiti in § 4.2.2:

Livello 1) : $\gamma_{Cds.1} = 1{,}60$

Livello 2) : $\gamma_{Cds.2} = 1{,}35$

Livello 3) : $\gamma_{Cds.3} = 1{,}10$

Particolare attenzione deve essere fatta a ponti vicini a sorgenti di carichi elevati, quali acciaierie, centri di trasformazioni acciai, cave, porti.

Resta inteso che i carichi da CdS vanno disposti in tutte le corsie aperte al traffico senza alcuna limitazione, nelle condizioni più sfavorevoli di posizionamento.

TIPO MEZZO (Transitabilità 2)	ϒ cds	Carico fattorizzato
MEDI 26 t	1,10	28,6 t
	1,35	35,1 t
	1,60	41,6 t
PESANTI 44 t	1,10	48,4 t
	1,35	59,4 t
	1,60	70,4 t

NTC 2018, SULLA CORSIA 1, PIU' CARICATA:
(900x3,0x16,3 = 44 t)
+
LOCALMENTE TANDEM da 30 + 30 t

- ***TOTALE 104 t da fattorizzare con*** γ_Q

6.3.5.2 Problemi di verifica locale

Talune volte le formule previste dalle Norme Tecniche per le verifiche locali, ad esempio per la verifica a taglio delle solette di c.a., sembrano eccessivamente cautelative. Tale cautela è un problema marginale per la nuova progettazione, mentre diventa importantissima per le costruzioni esistenti in quanto può costringere ad interventi tecnicamente molto invasivi ed economicamente molto costosi, senza in realtà essere davvero necessari. Inoltre metodi di calcolo più sofisticati e meno convenzionali sono suggeriti per studiare situazioni complesse in cui formule semplificate e convenzionali potrebbero portare a risultati impropri.

… 6.3.5.2 Problemi di verifica locale

….

In particolare per la verifica a taglio negli elementi in cemento armato poco armati o non armati, in alternativa alla formule delle NTC si suggerisce la seguente valutazione:

$$V_{Rd} = \frac{0.3\sqrt{f_{ck}}b_W\ d}{\gamma_c\ (1 + 0.0022d)}$$

dove le grandezze sono misurate in Mpa e mm ed i simboli hanno lo stesso significato della NTC. Tale formulazione è una semplificazione conservativa delle SIA 262.

Per quanto concerne il taglio nel cemento armato precompresso, si può valutare con la formulazione (4.1.24) delle NTC dove σ_{cp}

è l'intera tensione media di precompressione nella sezione considerata.

6.3.5.3 Situazioni che richiedono lo svolgimento delle verifiche di esercizio

... Le verifiche dei valori delle tensioni, delle deformazioni e dell'ampiezza delle fessure sono in genere superflue, potendosi vedere e constatare direttamente gli effetti mediante misure ad hoc sulla struttura reale, a meno che le condizioni ambientali non siano significativamente variate (peggiorate) durante la vita (o perlomeno l'ultima parte della vita) della struttura.

Quando si proceda all'adeguamento del ponte, occorre evidentemente effettuare le verifiche agli SLE tenendo in conto come gli effetti geologici si siano, in parte o in maggioranza, già sviluppati nel corso della vita della struttura.

.

SLE = DURABILITA', EFFICIENZA, ASPETTO

1. SLE DEFORMAZIONE (PER EVITARE FRECCE ECCESSIVE) __ VIBRAZIONE

2. SLE FESSURAZIONE/AMPIEZZA FESSURE

3. SLE TENSIONALE

3.1 VERIFICA TENSIONE NELL'ACCIAIO PER CONDIZIONE RARA (PER EVITARE APERTURE DI FESSURE ECCESSIVE)

3.2 VERIFICA CLS PER CONDIZIONE CARICO RARA (PER EVITARE FESSURAZIONI/MICROFESSURAZIONI)

3.3 VERIFICA CLS PER CONDIZIONE QUASI PERMANENTE (PER EVITARE VISCOSITA' LINEARE)

NELLA COSTRUZIONE ESISTENTE LA DURABILITA' E LO STATO DI DEGRADO SI CONTROLLA DIRETTAMENTE : CARBONATAZIONE, PRESENZA DI CLORURI, SOLFURI ...

NELLA COSTRUZIONE ESISTENTE L'EFFICIENZA E L'ASPETTO SI CONTROLLA DIRETTAMENTE: VISIVAMENTE E CON MISURE…

6.3.5.5 Verifica in sito della sicurezza per transitabilità temporanea

Nel caso in cui su di un ponte o viadotto siano riscontrate difettosità strutturali che, da un'analisi di Livello 2, abbiano comportato una Classe di Attenzione Alta dell'opera e, per gravi motivi di viabilità sia necessario verificare la possibilità di una transitabilità provvisoria nelle more di una verifica di transitabilità ai sensi del § 6.1.5.3 delle presenti Linee Guida, si può procedere nel seguente modo.

Si effettua una prova di carico sul ponte/viadotto, **applicando i carichi da Codice della Strada del § 6.3.2.2 amplificati dal valore appropriato γ_{CdS} prescelto fra i tre livelli del § 6.3.3.3 e dal fattore parziale del materiale γ_M, considerando il valore più alto fra quelli relativi ai materiali costituenti la struttura (§ 6.3.4.1).**

La prova deve restituire un aumento sostanzialmente lineare degli effetti all'aumentare dei carichi, un valore degli spostamenti residui trascurabile allo scarico, ossia *minori del 5% dello spostamento massimo,* e non deve mostrare alcun aumento della difettosità riscontrata.

La prova deve essere effettuata con adeguata gradualità e in piena sicurezza per operatori ed utenti.

… 6.3.5.5 Verifica in sito della sicurezza per transitabilità temporanea

Indicando con $R_{el,exp}$ la soglia elastica sperimentale della struttura, e con S_{CdS} le sollecitazioni indotte dai carichi da Codice della Strada, tale prova corrisponde a verificare che sia:

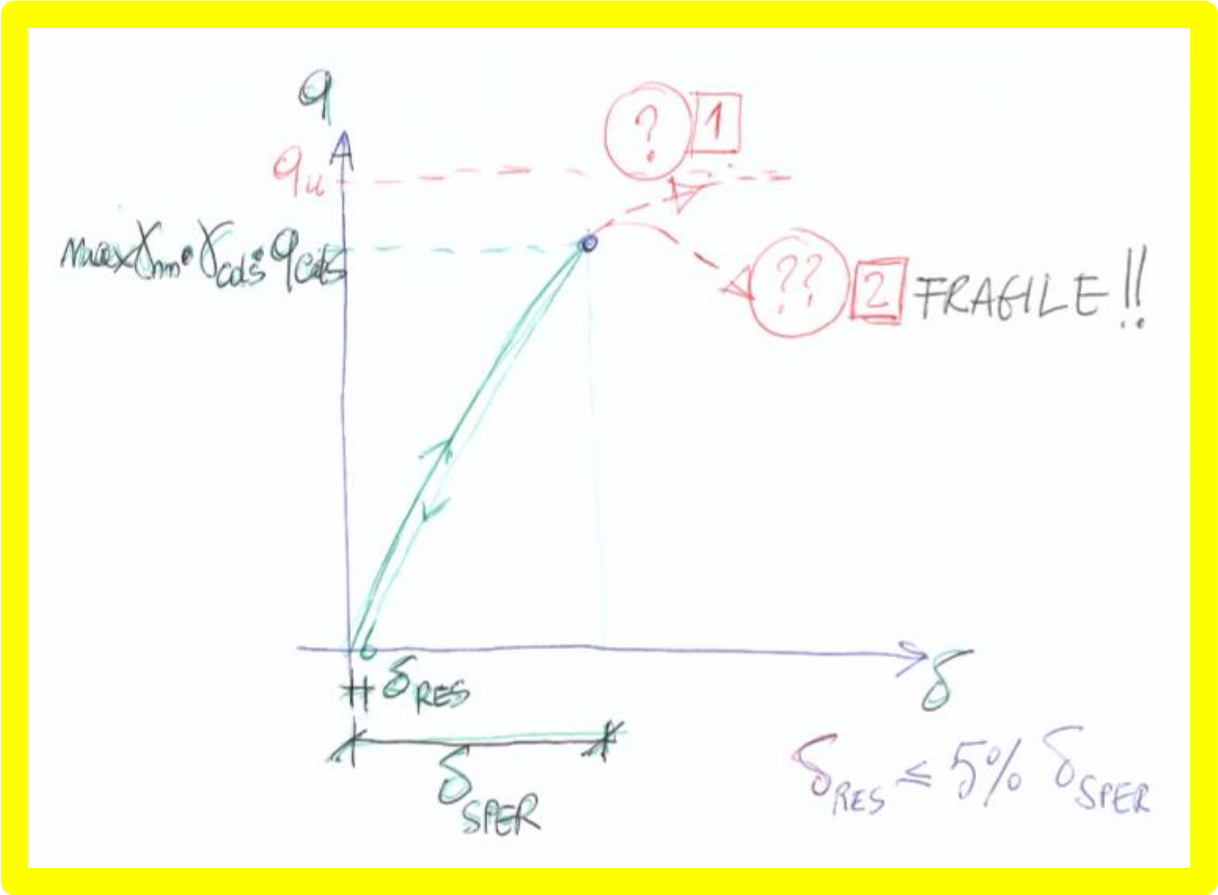
$$\gamma_{Cds} \cdot S_{Cds} < \frac{R_{el.exp}}{\max(\gamma_M)}$$

La verifica di transitabilità di cui al § 2.4.1 si esegue entro un limite massimo di 60 giorni dall'esecuzione della prova e deve confermare la valutazione di transitabilità temporanea; diversamente occorre valutare ed adottare gli idonei provvedimenti sulla circolazione del ponte, compresa, se del caso, la chiusura al traffico del ponte/viadotto.

La prova non deve essere eseguita nei casi in cui la difettosità può essere collegata all'insorgere di meccanismi fragili e nei casi di elevata corrosione di cavi di precompressione o parti metalliche principali.

La prova deve esser preceduta da un attento esame visivo che escluda possibili dissesti degli apparecchi d'appoggio che confermi il non aggravamento delle condizioni riscontrate dalle ispezioni precedenti.

Occorre segnalare immediatamente la Transitabilità temporanea e la tempistica alle banche dati istituzionali regionali e nazionali.



$$(\max \gamma_M) \cdot \gamma_{Cds} \cdot q_{Cds} \leq q_{el}^{SPER}$$

$$\gamma_{Cds} \cdot q_{Cds} \leq \frac{q_{el}^{SPER}}{\max \gamma_M}$$

$$\gamma_{Cds} \cdot S_{Cds} < \frac{R_{el.exp}}{\max(\gamma_M)}$$