

## **Sperimentazione delle Linee Guida per i ponti esistenti**

### **Convegno Finale**

**19, 20 e 21 novembre 2025**

Aula Magna Adalberto Libera  
Dipartimento di Architettura

Università degli Studi Roma Tre  
Largo Giovanni Battista Marzi, 10

**CALIBRAZIONE DEI FATTORI PARZIALI DELLE RESISTENZE e  
CARICHI PER LE VERIFICHE DI TRANSITABILITA'**

I. Iervolino, P. Franchin...

## FATTORI PARZIALI - SOMMARIO

$\gamma_M$	
Calcestruzzo	Acciaio
1.54	1.22

- ❖ La calibrazione dei fattori parziali è stata eseguita per i materiali calcestruzzo e acciaio e si applica alla mediana delle resistenze.
- ❖ La calibrazione assicura una bassa probabilità di verifica positiva per ponti definiti *inaccettabili* (affidabilità  $\leq 2.3$ ) e una probabilità elevata per ponti *accettabili* (affidabilità  $\geq 2.8$ ).
- ❖ Un numero maggiore di indagini conferma il risultato della verifica, riducendo la probabilità di esito positivo della verifica per ponti inaccettabili e aumentandola per quelli accettabili.
- ❖ Sono stati considerati ampi intervalli sulle incertezze dei materiali e sulle sollecitazioni, basandosi sulla letteratura di riferimento.
- ❖ La procedura è analitica ed è facilmente replicabile con ipotesi diverse.
- ❖ I fattori parziali ottenuti sono superiori a quelli delle LL.GG., ma garantiscono probabilità di verifica positiva simili nei casi investigati.
- ❖ Non ci siamo occupati di FC, ma sarebbero minori di quelli attuali se accompagnati a questi nuovi gamma.

## CONTESTO

- Le LL.GG. definiscono le resistenze di calcolo come:

$$R_{LLGG} = \min\left(\frac{f_m}{\gamma_M \cdot FC}; \frac{f_k}{FC}\right)$$

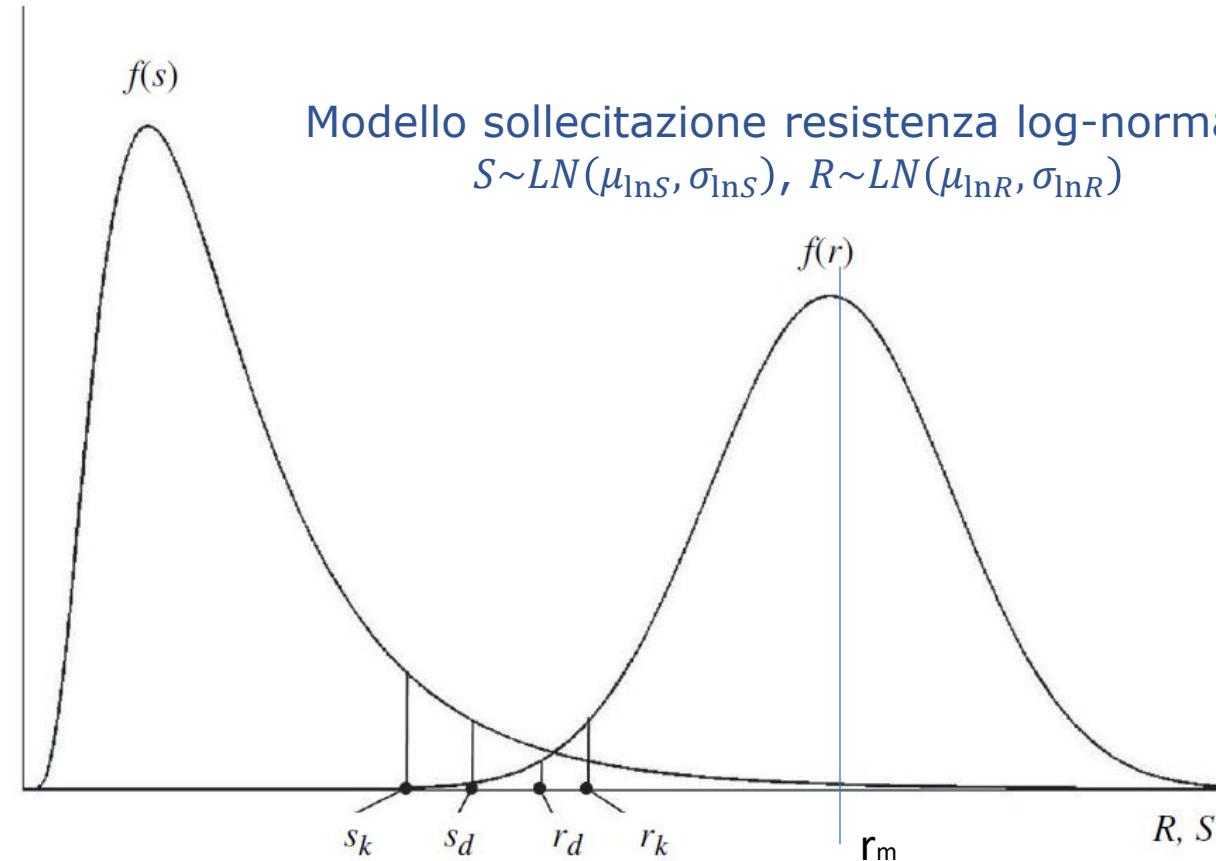
in cui:  $\gamma_M$  è il fattore parziale di sicurezza del materiale;  $FC$  è il fattore di confidenza (assunto pari a uno da qui in avanti),  $f_m$  è la media campionaria della resistenza del materiale,  $f_k$  è il valore caratteristico.

- Il fattore parziale di sicurezza  $\gamma_M$  sembra essere definito come:

$$\gamma_M = \gamma_{Rd1} \cdot \gamma_{Rd2} \cdot \gamma_f = \frac{1}{1 - 0.4 \cdot \alpha_R \cdot \beta_t \cdot V_{\theta_{Rd1}}} \cdot \frac{1}{1 - 0.4 \cdot \alpha_R \cdot \beta_t \cdot V_{\theta_{Rd2}}} \cdot \frac{e^{(1 - 1.645)V_f}}{e^{(1 - \alpha_R \cdot \beta_t \cdot V_f)}}$$

## OBIETTIVI GENERALI

- ❖ Ricalibrare i fattori parziali di sicurezza sulla base della affidabilità in modo congruente con l'utilizzo e coerentemente con quanto fatto nei codici per le costruzioni moderne.
- ❖ Calibrare i fattori parziali con maggiore semplicità computazionale possibile e facilitarne la riproducibilità.
- ❖ Coprire un campo ampio di casi in cui si possa trovare l'analista.
- ❖ Semplificare la relazione attualmente presente nelle LL.GG.
- ❖ Essere coerenti il più possibile con l'approccio che sembra avere portato ai fattori parziali attuali.



Modello sollecitazione resistenza log-normale:  
 $S \sim LN(\mu_{\ln S}, \sigma_{\ln S})$ ,  $R \sim LN(\mu_{\ln R}, \sigma_{\ln R})$

Probabilità di fallimento:

$$p_f = P[R/S < 1] = \Phi\left(-\frac{\mu_{\ln R} - \mu_{\ln S}}{\sqrt{\sigma_{\ln R}^2 + \sigma_{\ln S}^2}}\right) = \Phi(-\beta) \quad \beta = \frac{\mu_{\ln R} - \mu_{\ln S}}{\sqrt{\sigma_{\ln R}^2 + \sigma_{\ln S}^2}}$$

## CONDIZIONI DI VERIFICA

- Disequazione di verifica in scala logaritmica:

$$R_d \geq S_d$$

$$\mu_{\ln R} - \alpha_R \cdot \beta \cdot \sigma_{\ln R} \geq \mu_{\ln S} - \alpha_S \cdot \beta \cdot \sigma_{\ln S}$$

- $R = f \cdot r$ , con  $f$  variabile aleatoria (log-normale) rappresentativa dell'eterogeneità del materiale e  $r$  (log-normale) delle incertezze sul meccanismo di fallimento

$$R_d \geq S_d$$

$$\mu_{\ln f} + \mu_{\ln r} - \alpha_R \cdot \beta_c \cdot \sigma_{\ln R} \geq \mu_{\ln S} - \alpha_S \cdot \beta_c \cdot \sigma_{\ln S}$$

Il risultato non dipende da  $\mu_{\ln S}$ .

$$\beta_c = 2.3$$

Parametri di sollecitazione e resistenza	Calcestruzzo	Acciaio
$\sigma_{\ln f,c}$	0.15	0.045
$\mu_{\ln r}$	-0.031	0.035
$\sigma_{\ln r}$	0.145	0.067
$\sigma_{\ln S}$	0.15 (sollecitazione da traffico) 0.25 (sollecitazione da vento) 0.35 (sollecitazione da neve)	0.15 (sollecitazione da traffico) 0.25 (sollecitazione da vento) 0.35 (sollecitazione da neve)

## FATTORE PARZIALE e OBIETTIVI DELLA CALIBRAZIONE

In questa logica,  $R_d$  sostituisce  $R_{LLGG}$ .

$$R_d = \frac{e^{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \ln(f_i)}}{\gamma_M} \geq S_d = e^{\mu_{\ln S} - \alpha_S \cdot \beta_c \cdot \sigma_{\ln S}}$$

Indice di affidabilità di un ponte esistente:  
 $\beta \in [2, 3.5]$  e  $p_f = [2.2 \cdot 10^{-2}, 2.3 \cdot 10^{-4}]$ ;

Parametro	Calcestruzzo	Acciaio
$\sigma_{\ln f}$	[0.100, 0.200] ([0.18, 0.25])	[0.045, 0.060] ([0.08, 0.09])

con il fattore parziale

$$\gamma_M = e^{-\mu_{\ln r} + z_{1-\vartheta} \cdot \sigma_{\ln r, c} + \alpha_R \cdot \beta_c \cdot \sigma_{\ln R}}$$

$z_{1-\vartheta}$  è il quantile di ordine  $1 - \vartheta$  della gaussiana standard.

Controllare che:

- un ponte caratterizzato da un indice di affidabilità  $\leq 2.3$ :
- abbia una arbitrariamente *bassa* probabilità di superare la verifica;
  - tale probabilità decresca al crescere del numero di prove;

un ponte caratterizzato da un indice di affidabilità  $\geq 2.8$ :

- abbia una arbitrariamente *alta* probabilità di superare la verifica;
- tale probabilità cresca al crescere del numero di prove.

# RISULTATI

$$P[R_d \geq S_d] = \Phi \left( -\frac{\ln \gamma_M + \mu_{\ln r} - \alpha_S \cdot \beta_c \cdot \sigma_{\ln S} - \beta \cdot \sqrt{\sigma_{\ln f}^2 + \sigma_{\ln r}^2 + \sigma_{\ln S}^2}}{\frac{\sigma_{\ln f}}{\sqrt{n}}} \right)$$

$\gamma_M$	
Calcestruzzo	Acciaio
1.54	1.22

$$\sigma_{\ln S} = 0.25, \sigma_{\ln f} = 0.15$$

$$\sigma_{\ln S} = 0.25, \sigma_{\ln f} = 0.045$$

<b>n</b>	$\beta = 2.0$	$\beta = 2.2$	$\beta = 2.3$	$\beta = 2.8$	$\beta = 2.9$	$\beta = 3.0$	$\beta = 3.3$	$\beta = 3.5$
<b>2</b>	0.076	0.206	0.304	0.847	0.908	0.949	0.995	0.999
<b>5</b>	0.012	0.098	0.209	0.947	0.982	0.995	1.000	1.000
<b>15</b>	0.000	0.012	0.080	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>30</b>	0.000	0.001	0.024	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

$$P_f = 2 \cdot 10^{-2}$$

$$P_f = 2 \cdot 10^{-4}$$

<b>n</b>	$\beta = 2.0$	$\beta = 2.2$	$\beta = 2.3$	$\beta = 2.8$	$\beta = 2.9$	$\beta = 3.0$	$\beta = 3.3$	$\beta = 3.5$
<b>2</b>	0.000	0.033	0.156	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>5</b>	0.000	0.002	0.055	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>15</b>	0.000	0.000	0.003	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>30</b>	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

$$P_f = 2 \cdot 10^{-4}$$

$$P_f = 2 \cdot 10^{-2}$$

## RISULTATI

Confronto con le resistenze di progetto delle LL.GG.

- $R_{LLGG} = \min\left(\frac{e^{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \ln(f_i)}}{\gamma_M}; e^{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \ln(f_i) - \frac{s_{\ln f}}{\sqrt{n}} - 1.645 \cdot s_{\ln f}}\right)$ , dove  $\gamma_M = 1.26$  per il calcestruzzo e  $\gamma_M = 1.10$  per l'acciaio;  $s_{\ln f}$  è la stima della deviazione standard del materiale.

### Calcestruzzo

$$\sigma_{\ln S} = 0.25, \sigma_{\ln f} = 0.15$$

### Acciaio

$$\sigma_{\ln S} = 0.25, \sigma_{\ln f} = 0.045$$

<b>n</b>	$\beta = 1.6$	$\beta = 1.9$	$\beta = 2.0$	$\beta = 2.1$	$\beta = 2.2$	$\beta = 2.3$	$\beta = 2.8$	$\beta = 3.0$
<b>2</b>	0.130	0.353	0.441	0.521	0.596	0.661	0.855	0.898
<b>5</b>	0.045	0.301	0.425	0.546	0.655	0.745	0.968	0.989
<b>15</b>	0.005	0.281	0.491	0.687	0.836	0.927	1.000	1.000
<b>30</b>	0.000	0.281	0.574	0.816	0.945	0.989	1.000	1.000

$$P_f = 3 \cdot 10^{-2}$$

<b>n</b>	$\beta = 1.6$	$\beta = 1.9$	$\beta = 2.0$	$\beta = 2.1$	$\beta = 2.2$	$\beta = 2.3$	$\beta = 2.8$	$\beta = 3.0$
<b>2</b>	0.000	0.102	0.297	0.554	0.752	0.862	0.993	0.998
<b>5</b>	0.000	0.033	0.262	0.674	0.902	0.975	1.000	1.000
<b>15</b>	0.000	0.002	0.226	0.898	0.997	1.000	1.000	1.000
<b>30</b>	0.000	0.000	0.175	0.982	1.000	1.000	1.000	1.000

$$P_f = 2 \cdot 10^{-2}$$

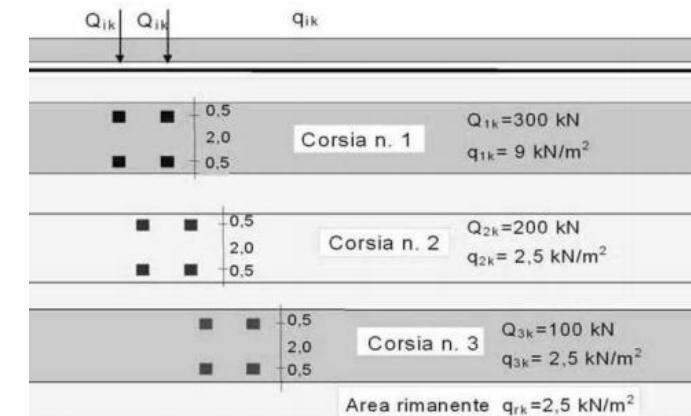
## CARICHI DA TRAFFICO - SOMMARIO

- ❖ Le attuali azioni da traffico 44t (e 26t) non hanno una caratterizzazione probabilistica e non possono essere quindi usate in una calibrazione dei fattori parziali contro un'affidabilità obiettivo.
- ❖ Il modello LM1 ha invece una distribuzione sottostante (Gumbel).
- ❖ Si può ricavare un 44t ad esso proporzionale, e usare la stessa distribuzione, per la parte dipendente dal tempo dell'incertezza nell'azione da traffico.
- ❖ La calibrazione si può svolgere mediante il Design Value Method adottando:
  - la distribuzione lognormale per l'intero effetto dell'azione da traffico.
  - L'affidabilità obiettivo nelle LL.GG.
- ❖ Si ottengono in generale sollecitazioni di verifica inferiori
  - Non bisogna dimenticare che l'affidabilità obiettivo nelle LL.GG. per la transitabilità è però molto bassa se confrontata con il MC2020 e corrisponde a una probabilità di fallimento 3000 volte maggiore di quella accettata per le opere nuove
- ❖ Si dovrebbe considerare di semplificare la vita agli analisti e usare un solo modello di carico (LM1), lavorando solo sui fattori parziali
  - 1.35 per adeguatezza, 1.16 per operatività, 1.06 per transitabilità.
- ❖ L'effetto del controllo del traffico in termine di riduzioni nei fattori parziali dev'essere studiato più a fondo con riferimento alla situazione italiana (in corso).

## IL LOAD MODEL 1 NELLE NTC E EN1991

❖ Prendiamo come riferimento l'azione da traffico per l'adeguatezza (LM1), che indicheremo collettivamente come  $Q_{k,LM1}$ . Calibrato per:

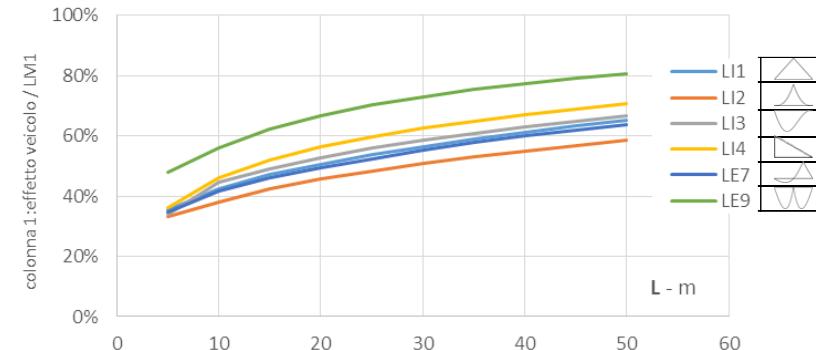
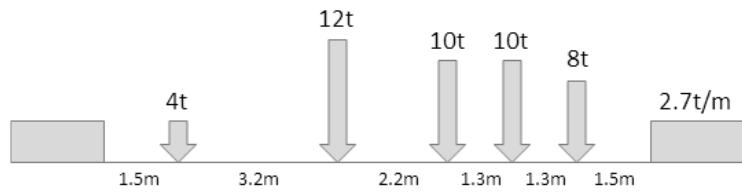
- sei linee di influenza (diversi effetti, V, M, schema statico);
- dieci diverse luci (5m, 10m, 20m, 50m, 100m, 200m);
- scenari di deflusso libero (traffico veloce) e congestione (traffico lento)
- Incorpora l'effetto dell'amplificazione dinamica.



- $Q_{k,LM1}$  (il suo effetto) è qualificato con  $T_r = 975$  anni. La distribuzione di riferimento è nota ed è approssimabile con una Gumbel. (Confermato da Bollettino fib 80 che nel MC2020).
- Se si trova trovassimo un'azione per operatività/transitabilità proporzionale a LM1 si può ricavarne la distribuzione da quella di LM1 e calibrare coerentemente il fattore parziale.

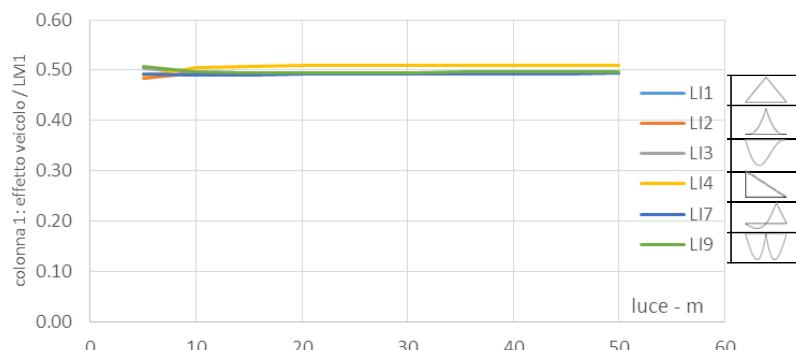
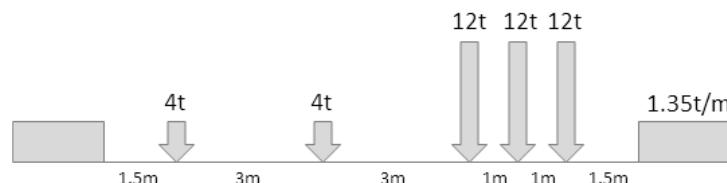
## 44t VECCHI E NUOVI

- ❖ Il 44t nelle LL.GG. ( $Q_{44t,LLGG}$ ) non è basato sull'elaborazione statistica di dati di traffico come quella di LM1.
- ❖ Provato sulle stesse luci e linee d'influenza su cui è stato calibrato LM produce effetti ad esso non proporzionali.



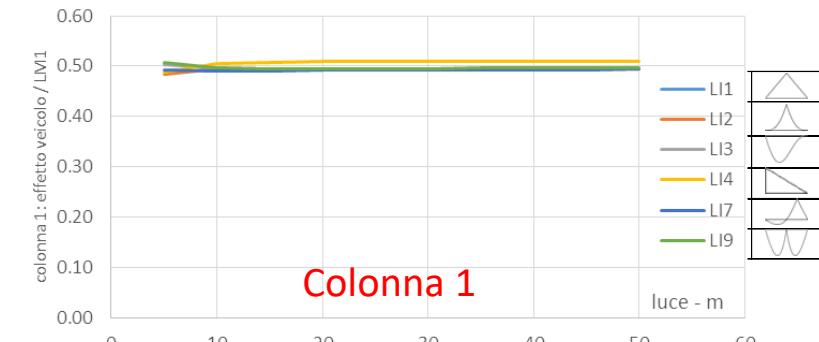
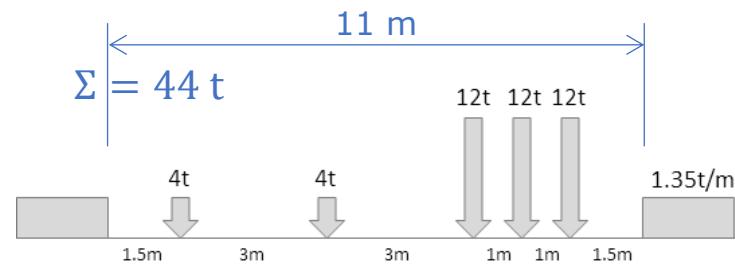
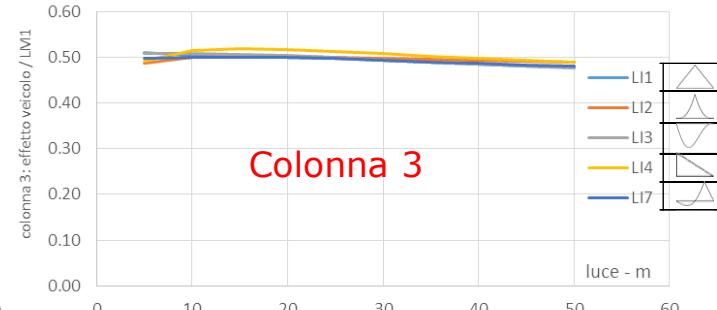
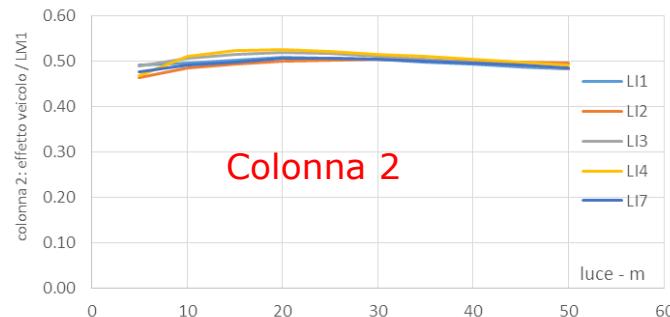
Conclusioni analoghe per il 26t, rapporto tra effetti del 26t e del LM1 non uniforme su luci e linee d'influenza.

- ❖ Si è quindi derivato uno schema simile per geometria e carico il 44t delle LL.GG.  $Q_{44t} \cong 0.5 \cdot Q_{k,LM1}$  (produce su tutte le luci e gli effetti il 50% di LM1).



## IL NUOVO 44t, COLONNE 2 E 3

- ❖ Come per LM1, sulla colonne 2 e 3 si dispongono azioni ridotte. Ottimizzando si ottiene un rapporto 50% anche per queste colonne:
  - Fattori di proporzionalità: 0.6 per la colonna 2 e 0.33 per la colonna 3.
  - Stese uniformi: 0.2 t/m (colonna 2) e 0.3 t/m (colonna 3).



## CALIBRAZIONE DEL FATTORE PARZIALE

❖ *Design Value Method* con sollecitazione da traffico  $Q = \theta_E \cdot C_o \cdot q_t$  lognormale (MC2020):

$$\gamma_Q = \frac{Q_d}{Q_k} = \mu_Q \exp(-\alpha_E \cdot \beta_t \cdot V_Q)$$

<b>stato limite</b>	<b>t (anni)</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>schema</b>	<b><math>\gamma_Q</math></b>	<b><math>\gamma_{LLGG}</math></b>
adeguatezza	50	4.3	LM1	1.35	1.35
operatività	30	2.8	LM1	1.16	1.20
transit. 2 Liv1	5	2.8	44t	2.11	1.60
transit. 2 Liv2	5	2.8	44t	2.11	1.35

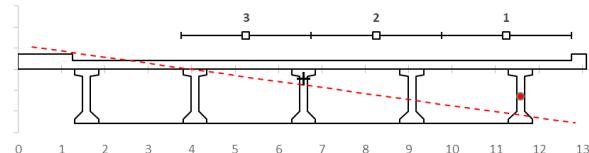
## CONFRONTO TRA LL.GG. E NUOVO 44t

- Il nuovo 44t non è più cautelativo/penalizzante. Al contrario, in uno scenario di controllo intermedio ( $\gamma = 1.35$  sul 44t delle LL.GG.) produce azioni di verifica inferiori (3 esempi, M e V su trave di riva).

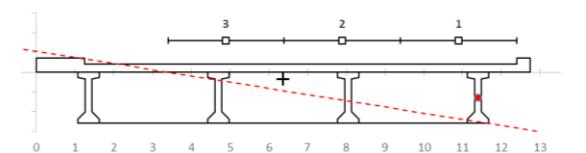
### TRANSITABILITÀ (tipo 2)

Risultati ottenuti con Courbon,  
ma essendo relativi sono validi  
per Massonet o FEM.

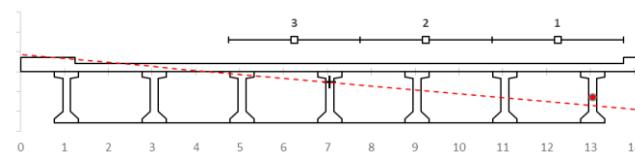
**L=20m, 5trv/2.5m**



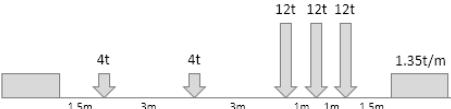
**L=32m, 4trv/3.35m**



**L=25m, 7trv/2m**



### 44t nuovo



**corsia**       $\phi$       r       $\gamma_{SLU}$        $M_{SLU}$        $V_{SLU}$

					kNm	kN
1	100%	1.00	0.574	2.11	2492	525
2	60%	1.00	0.334	2.11	807	171
3	33%	1.00	0.094	2.11	132	28
					3431	725
					-10%	-16%

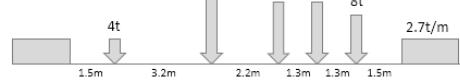
**corsia**       $\phi$       r       $\gamma_{SLU}$        $M_{SLU}$        $V_{SLU}$

					kNm	kN
					5509	719
1.00	0.655	2.11	5509	719		
1.00	0.387	2.11	1654	215		
1.00	0.118	2.11	308	40		
					7471	974
					-18%	-23%

**corsia**       $\phi$       r       $\gamma_{SLU}$        $M_{SLU}$        $V_{SLU}$

					kNm	kN
					2491	418
1.00	0.421	2.11	2491	418		
1.00	0.261	2.11	827	139		
1.00	0.100	2.11	188	32		
					3506	589
					-16%	-22%

### 44t LL.GG.



**corsia**       $\phi$       r       $\gamma_{SLU}$        $M_{SLU}$        $V_{SLU}$

					kNm	kN
1	100%	1.33	0.574	1.35	2181	495
2	100%	1.33	0.334	1.35	1269	288
3	100%	1.33	0.094	1.35	357	81
					3807	864
					1.1/1.35/1.60	
					1.1-1.4	

**corsia**       $\phi$       r       $\gamma_{SLU}$        $M_{SLU}$        $V_{SLU}$

					kNm	kN
					5151	719
1.25	0.655	1.35	5151	719		
1.25	0.387	1.35	3039	424		
1.25	0.118	1.35	927	129		
					9116	1273

**corsia**       $\phi$       r       $\gamma_{SLU}$        $M_{SLU}$        $V_{SLU}$

					kNm	kN
					2255	407
1.30	0.421	1.35	2255	407		
1.30	0.261	1.35	1395	252		
1.30	0.100	1.35	535	97		
					4185	756

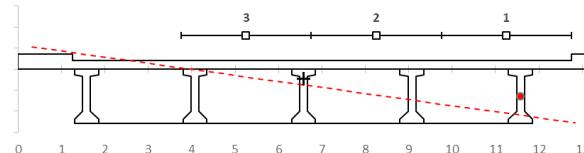
## ULTERIORE SEMPLIFICAZIONE

- Vista la proporzionalità del nuovo 44t al modello LM1 ( $Q_{44t} \cong 0.5 \cdot Q_{k,LM1}$ ), si potrebbe semplificare la vita ai verificatori prescrivendo l'uso del solo LM1, cambiando solo il fattore parziale ( $\gamma_Q = 1.35$  per adeguatezza e  $\gamma_Q = 2.11/2 = 1.06$  per transitabilità).

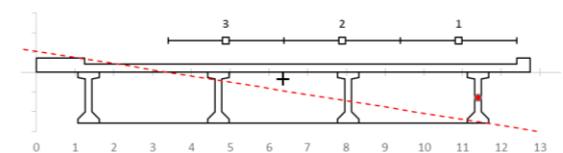
### TRANSITABILITÀ (tipo 2)

Risultati ottenuti con Courbon,  
ma essendo relativi sono validi  
per Massonet o FEM.

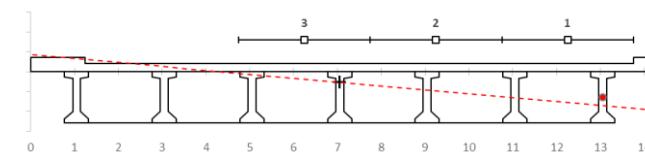
**L=20m, 5trv/2.5m**



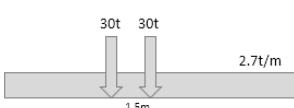
**L=32m, 4trv/3.35m**



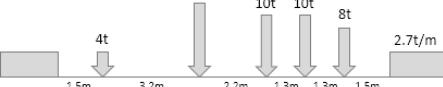
**L=25m, 7trv/2m**



**LM1**



**44t LL.GG.**



**corsia       $\phi$       r       $\gamma_{SLU}$        $M_{SLU}$        $V_{SLU}$**

					kNm	kN
1	100%	1.00	0.574	1.06	2537	518
2	67%	1.00	0.334	1.06	798	164
3	33%	1.00	0.094	1.06	131	27
					3467	709
					-9%	-18%

**corsia       $\phi$       r       $\gamma_{SLU}$        $M_{SLU}$        $V_{SLU}$**

					kNm	kN
					5609	709
1.00	0.655	1.06				
1.00	0.387	1.06				
1.00	0.118	1.06				
					7577	958
					-17%	-25%

**corsia       $\phi$       r       $\gamma_{SLU}$        $M_{SLU}$        $V_{SLU}$**

					kNm	kN
					2537	412
1.00	0.421	1.06				
1.00	0.261	1.06				
1.00	0.100	1.06				
					3545	577
					-15%	-24%

**corsia       $\phi$       r       $\gamma_{SLU}$        $M_{SLU}$        $V_{SLU}$**

					kNm	kN
1	100%	1.33	0.574	1.35	2181	495
2	100%	1.33	0.334	1.35	1269	288
3	100%	1.33	0.094	1.35	357	81
					3807	864
					1+1.4	1.1/1.35/1.60

**corsia       $\phi$       r       $\gamma_{SLU}$        $M_{SLU}$        $V_{SLU}$**

					kNm	kN
					5151	719
1.25	0.655	1.35				
1.25	0.387	1.35				
1.25	0.118	1.35				
					9116	1273
					-25%	-33%

**corsia       $\phi$       r       $\gamma_{SLU}$        $M_{SLU}$        $V_{SLU}$**

					kNm	kN
					2255	407
1.30	0.421	1.35				
1.30	0.261	1.35				
1.30	0.100	1.35				
					535	97
					4185	756

# CONTROLLO DEL TRAFFICO - INTRODUZIONE

- ❖ Imponendo  $W < w_{lim}$  e fermando quelli con  $W > w_{lim}$  come cambia l'effetto  $Q$ ? Cosa succede quando si controlla il traffico?
- ❖ Dati riferiti alle autostrade dell'Europa dell'Est indicano che la riduzione del frattile  $Q_k$  è bassa anche per percentuali di veicoli pesanti molto piccole.

Percentuale di overweight che sfuggono (evento miss)

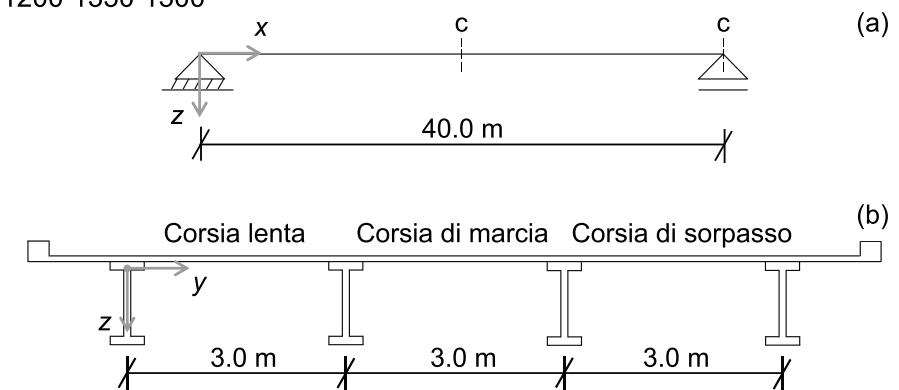
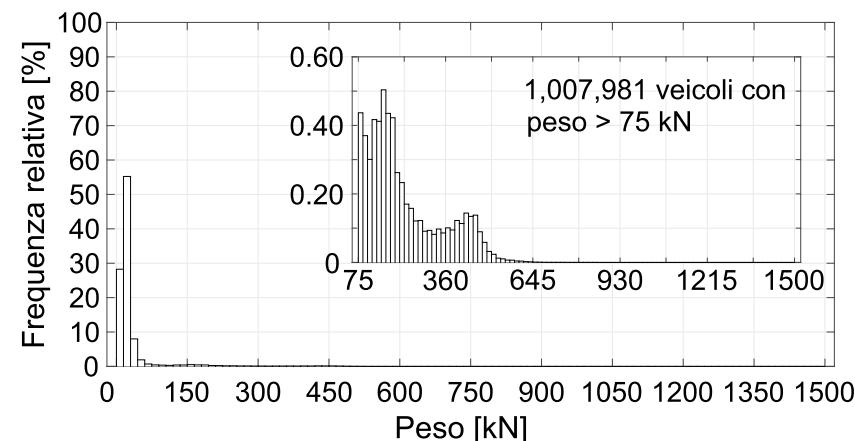
10%	0.93
20%	0.95
30%	0.97
40%	0.97
50%	0.98
60%	0.99
70%	0.99
80%	0.99
90%	1.00
100%	1.00

## OBIETTIVO

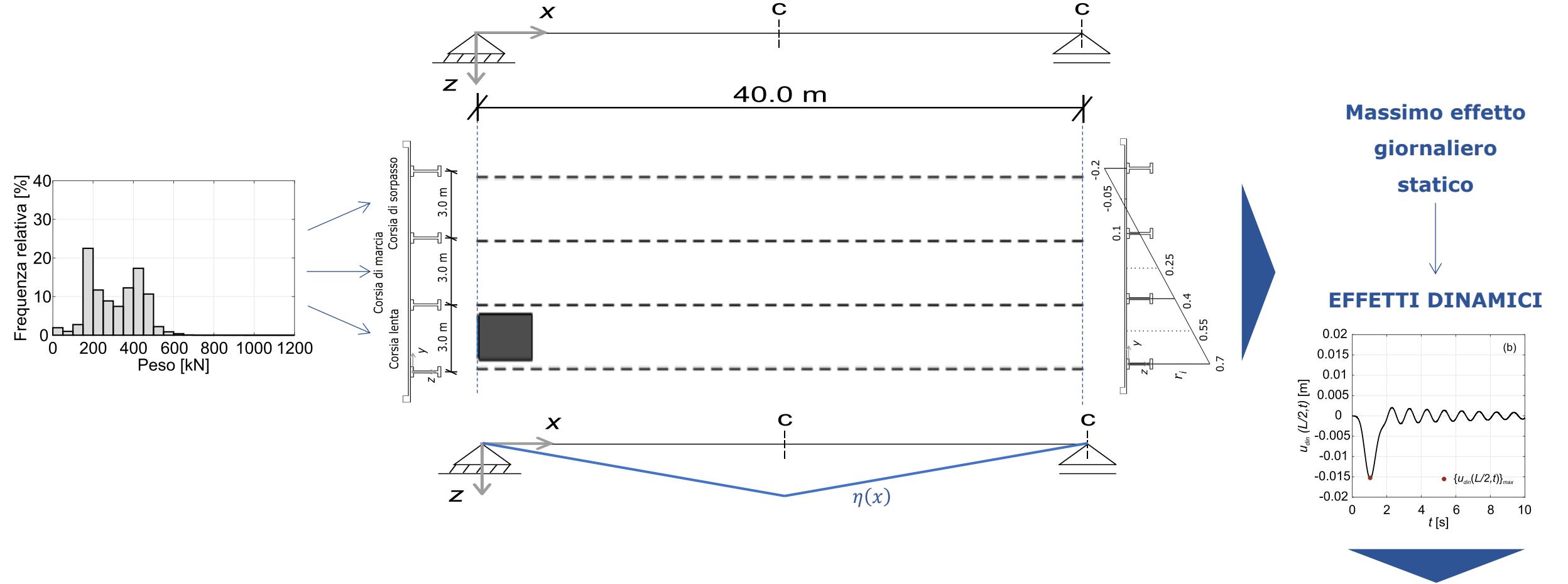
Valutazione dei carichi da traffico sui ponti attraverso uno strumento semplificato di simulazione basto sui dati registrati dal sistema WIM sulla A3 Napoli-Pompei-Salerno.

## DISTRIBUZIONI EMPIRICHE DAI DATI

WIM

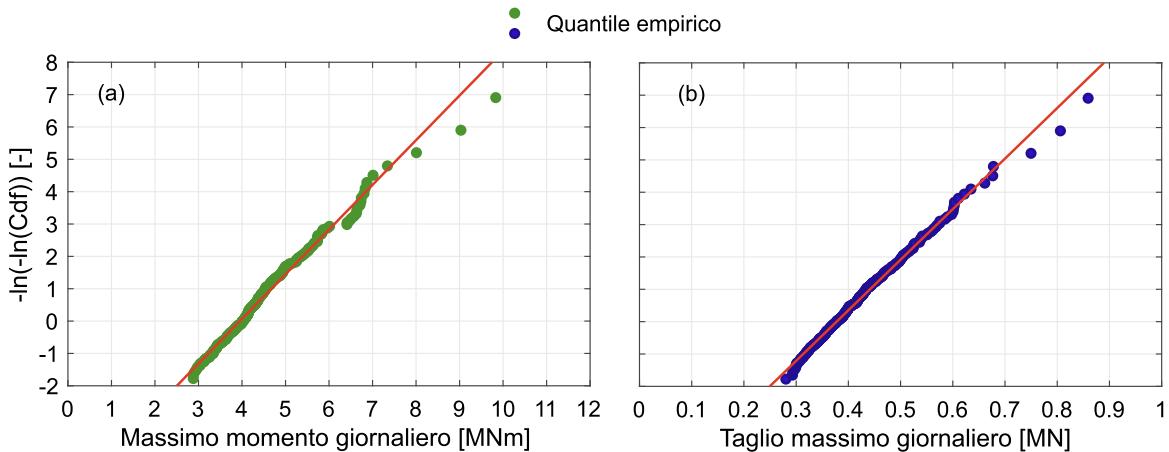


# STRUMENTO SEMPLIFICATO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO PER LA DEFINIZIONE DEI CARICHI SUI PONTI(UNINA)



# STRUMENTO SEMPLIFICATO DI SIMULAZIONE DEL TRAFFICO PER LA DEFINIZIONE DEI CARICHI SUI PONTI(UNINA)

Distribuzione dei massimi effetti attraverso il modello Gumbel

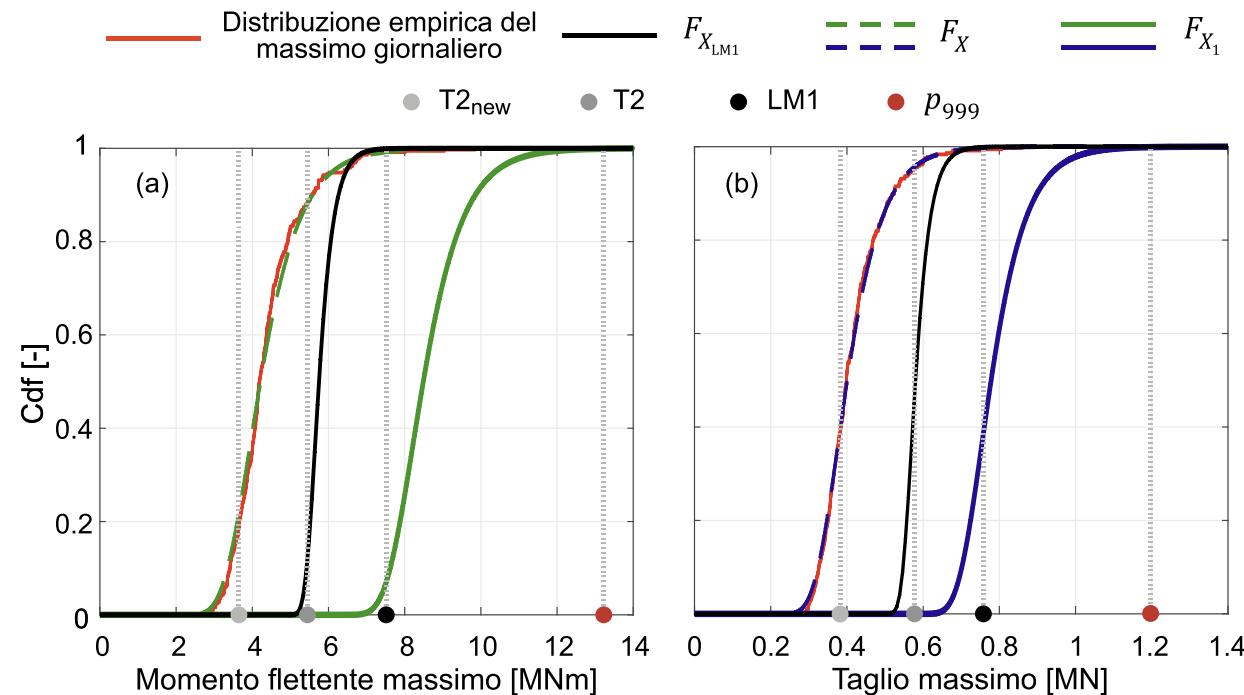
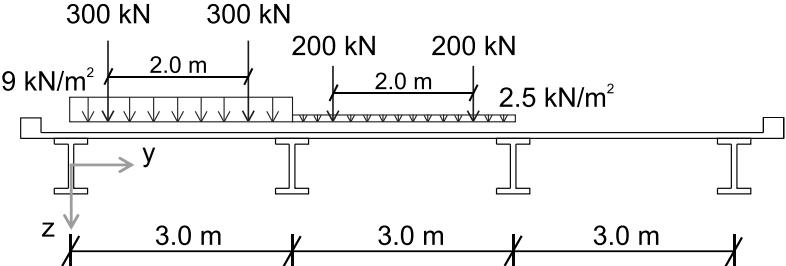


Dalla distribuzione dei massimi giornalieri a quelli annuali

$$F_{X_1}(x_1) = F_X(x)^{n_{giorni}} \Leftrightarrow F_{X_1} \sim G(\mu + \varsigma \cdot \ln(n_{giorni}), \varsigma)$$

Distribuzione dei massimi giornalieri del carico LM1

$$F_{X_{LM1}}(x_{LM1} = 7,516 \text{ kNm}) = 99.9\% \quad \begin{array}{l} \bullet \quad \mu = 0.752; \\ \bullet \quad \varsigma = 0.036. \end{array}$$



Variabile casuale	Cdf	$\mu$ [kNm]	$\varsigma$ [kNm]	$\sigma$ [kNm]
Momento flettente	$F_{X_1}$	3,951.0	724.2	929.0
	$F_{X_1}$	8,641.8	742.2	929.0
	$F_{X_{LM1}}$	5,845.8	271.1	347.9

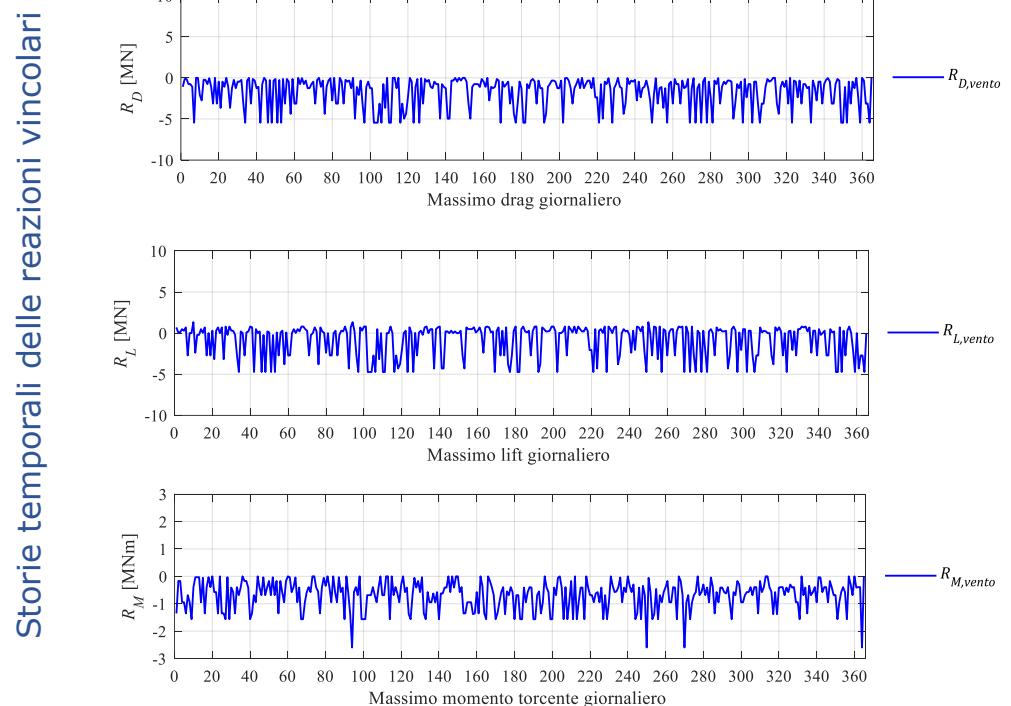
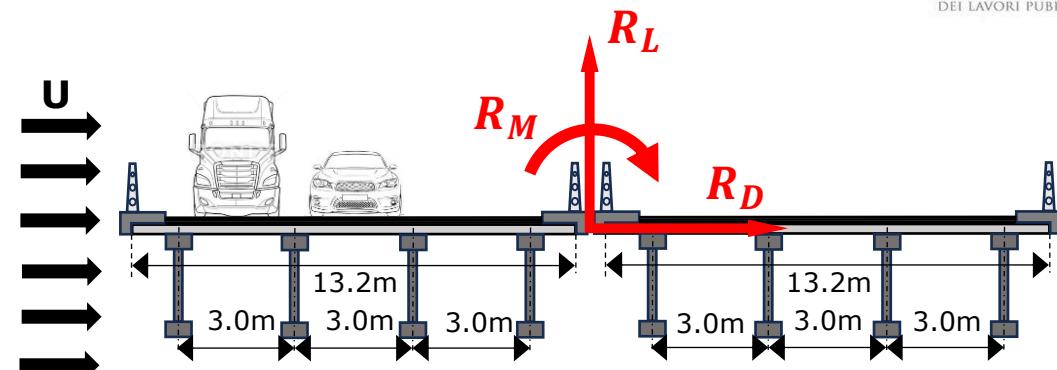
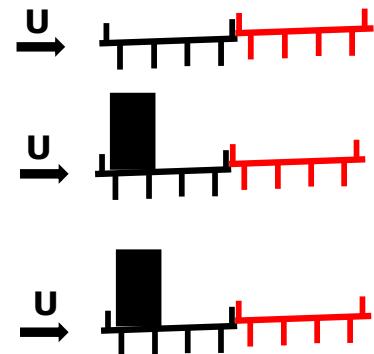
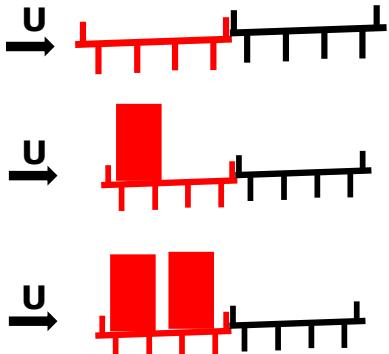
# COMBINAZIONE CARICHI DA TRAFFICO E VENTO

## Coefficienti aerodinamici dalla galleria del vento: $c_d$ , $c_l$ e $c_m$ (UNIFI)

- Viadotto caso-studio: Miano-Agnano



- Modello in scala dell'impalcato nella camera di prova
- Configurazioni di prova



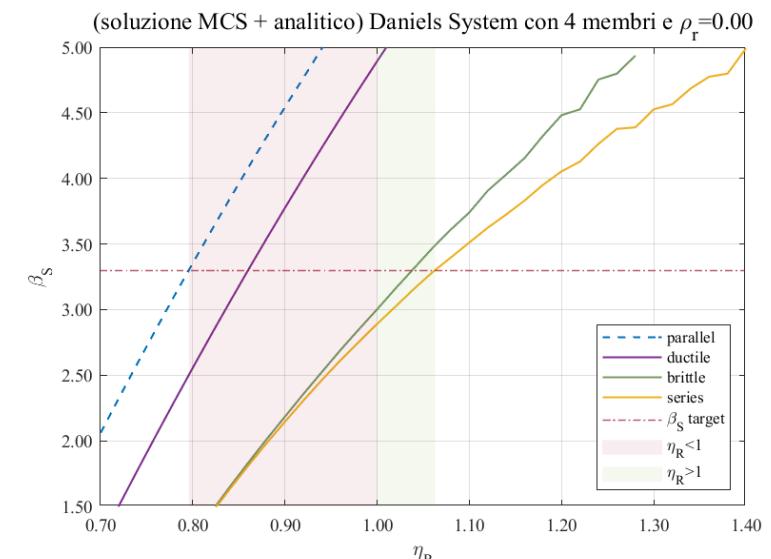
# FATTORE DI RIDONDANZA

- Nel 2016 AASHTO ha introdotto un coefficiente di ridondanza  $\eta_p$  sulle azioni:
- L'obiettivo è stato, sviluppare un coefficiente di sistema  $\eta_R$  da applicare alle resistenze seguendo la filosofia della normativa sulle rotture fragili
  - a)  $\eta_R \geq 1$  Per sistemi non ridondanti (e fragili)
  - b)  $\eta_R = 1$  Per un livello convenzionale di ridondanza
  - c)  $\eta_R \leq 1$  Per alti livelli di ridondanza
- Assunzioni: Sistema meccanico semplificato con impalcato alla Courbon, semplicemente appoggiato, e legami costitutivi di componente elasto-plastici
- L'affidabilità di sistema è superiore al valore target nei sistemi parallelo, inferiore nei sistemi serie. Le condizioni serie e parallelo sono condizioni limite per sistemi meccanici.
- I sistemi meccanici con soli componenti fragili si comportano come sistemi in serie, con rischio di collasso a cascata.
- I sistemi meccanici con soli componenti duttili tendono al comportamento parallelo, ma dal limite ideale, poiché un sistema parallelo perfetto richiede che ogni componente sopporti l'intero carico.
- $\eta_R$  è stabile tra le classi di affidabilità.

$$\sum \eta_p \gamma_i S_i \leq \frac{R_j}{\gamma_m}$$

$$\sum \gamma_i P_i \leq \frac{R_j}{\gamma_m \eta_R}$$

FATTORE DI RIDONDANZA -  $\beta_c = 3.3$



## Definizione numerosità di indagini per ponti a travata in c.a./c.a.p. (Di Ludovico/Parisi)

### Indicazioni prove sul calcestruzzo (LC3)

SOLETTA	TRAVI	TRAVERSÌ	PULVINI	PILE	SPALLE
1 prova ogni 450/500 m <sup>2</sup>	1 prova ogni 5/6 travi	1 prova ogni 20 traversi	1 prova ogni 1-2 pulvini	1 prova ogni 2 pile	1 prova ogni spalla
minimo 1 prova	minimo 3 prove	minimo 2 prove	minimo 1 su ogni tipo	minimo 1 su ogni tipo	minimo 2 prove

### Indicazioni prove sull'acciaio (LC3)

SOLETTA	TRAVI	TRAVERSÌ	PULVINI	PILE	SPALLE
1 prova ogni 550/600 m <sup>2</sup>	1 prova ogni 10/11 travi	1 prova ogni 20 traversi	1 prova ogni 3 pulvini	1 prova ogni 2 pile	1 prova ogni spalla
minimo 1 prova	minimo 2 prove	minimo 2 prove	minimo 2 prove	minimo 1 su ogni tipo	minimo 2 prove

\*In giallo i valori minimi per tipologia strutturale

## **Sperimentazione delle Linee Guida per i ponti esistenti**

### **Convegno Finale**

**19, 20 e 21 novembre 2025**

Aula Magna Adalberto Libera  
Dipartimento di Architettura

Università degli Studi Roma Tre  
Largo Giovanni Battista Marzi, 10

**CALIBRAZIONE DEI FATTORI PARZIALI DELLE RESISTENZE e  
CARICHI PER LE VERIFICHE DI TRANSITABILITA'**

I. Iervolino, P. Franchin...