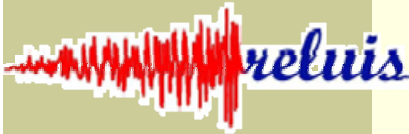


Universita' di Salerno consorzio ReLUIS, 12-13 febbraio 2007



Materiali ed Approcci Innovativi per il Progetto in Zona Sismica e la Mitigazione della Vulnerabilità delle Strutture

## Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

M.Brescia, O.Mammana, R.Landolfo



Università degli studi di Napoli "Federico II" – Architettura

LINEA DI RICERCA N.5

UNITA' DI RICERCA n.2



# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

M. BRESCIA, O. MAMMANA, R. LANDOLFO

## CONTENUTI

- Introduzione
- Classificazione delle membrature (OPCM 3274)
- Ricalibrazione del fattore  $s$  per sezioni a doppio T
- Generalizzazione del fattore  $s$  ad altre sezioni
- Conclusioni



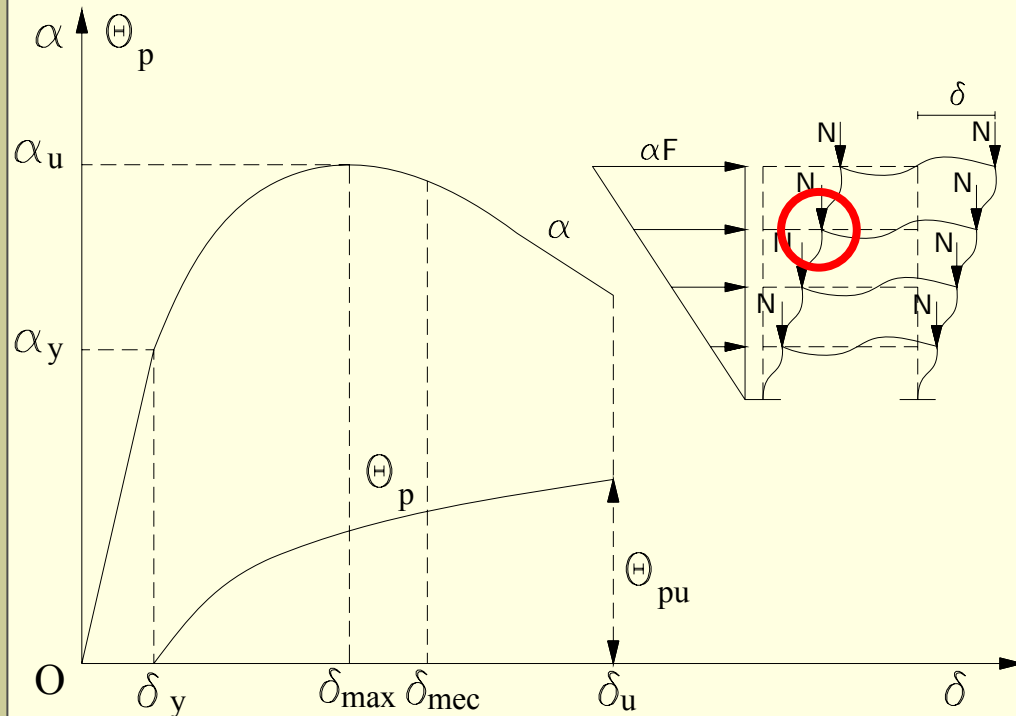


# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

M.BRESCIA, O.MAMMANA, R.LANDOLFO

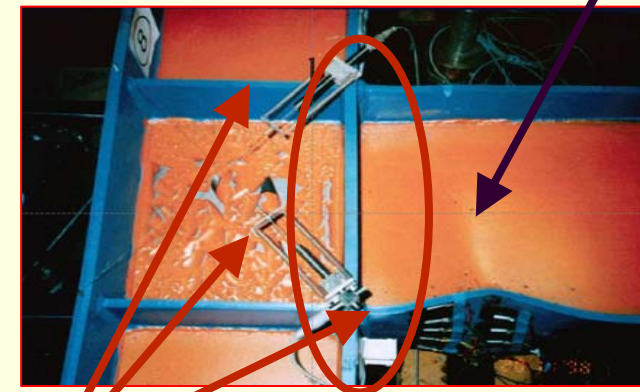
## Introduzione

La progettazione strutturale basata sul "Capacity Design" richiede di aumentare la resistenza degli elementi fragili in modo da consentire a quelli duttili di dissipare l'energia associata all'evento sismico.



## Elementi duttili

- CERNIERA PLASTICA



## Elementi sovraresistenti

- COLONNA
- PANNELLO D'ANIMA
- NODO

Le strutture sismoresistenti di acciaio a telaio dovrebbero essere progettate in modo da localizzare le zone dissipative alle estremità delle travi. In tal caso i nodi trave-colonna e le colonne dovrebbero garantire adeguata sovraresistenza.

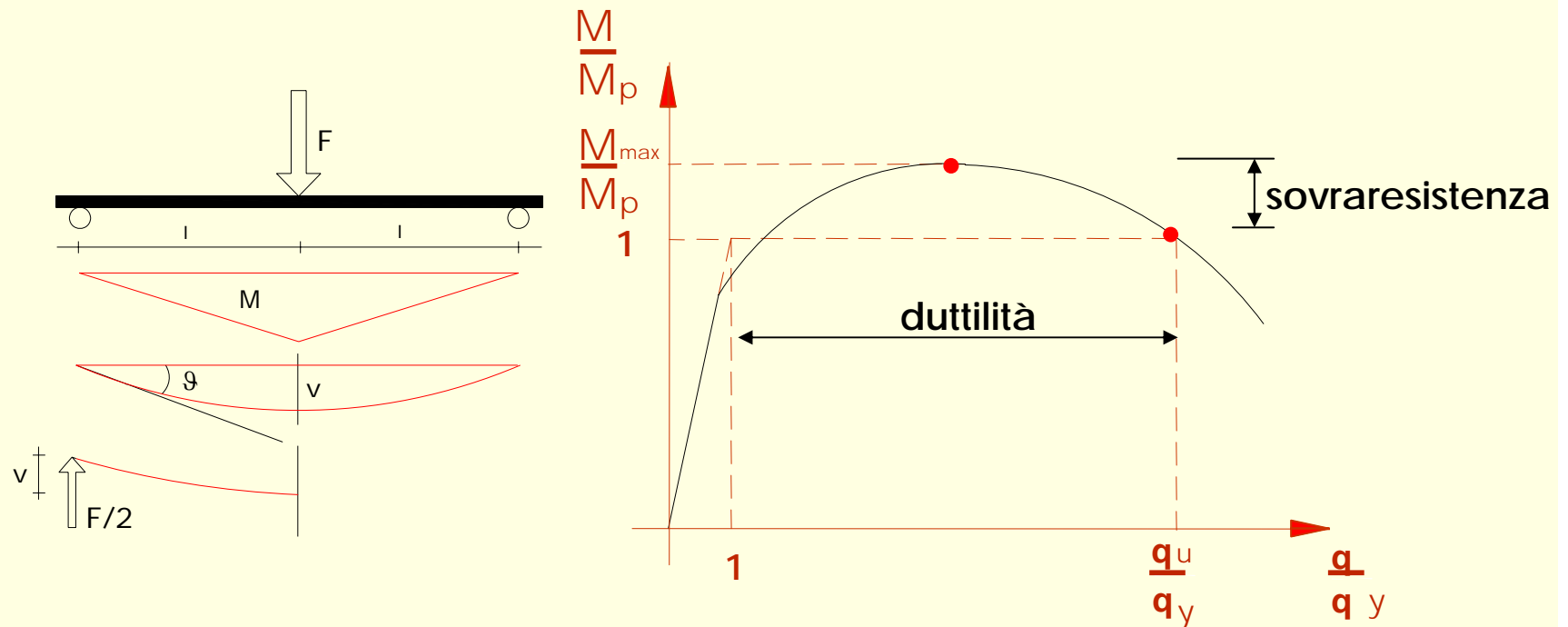




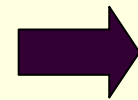
# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

M. BRESCIA, O. MAMMANA, R. LANDOLFO

Duttilità e sovraresistenza assumono nel progetto sismico un ruolo fondamentale



Le norme devono fornire modelli di classificazione delle membrature:



Classi di duttilità

Classi di sovraresistenza





# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

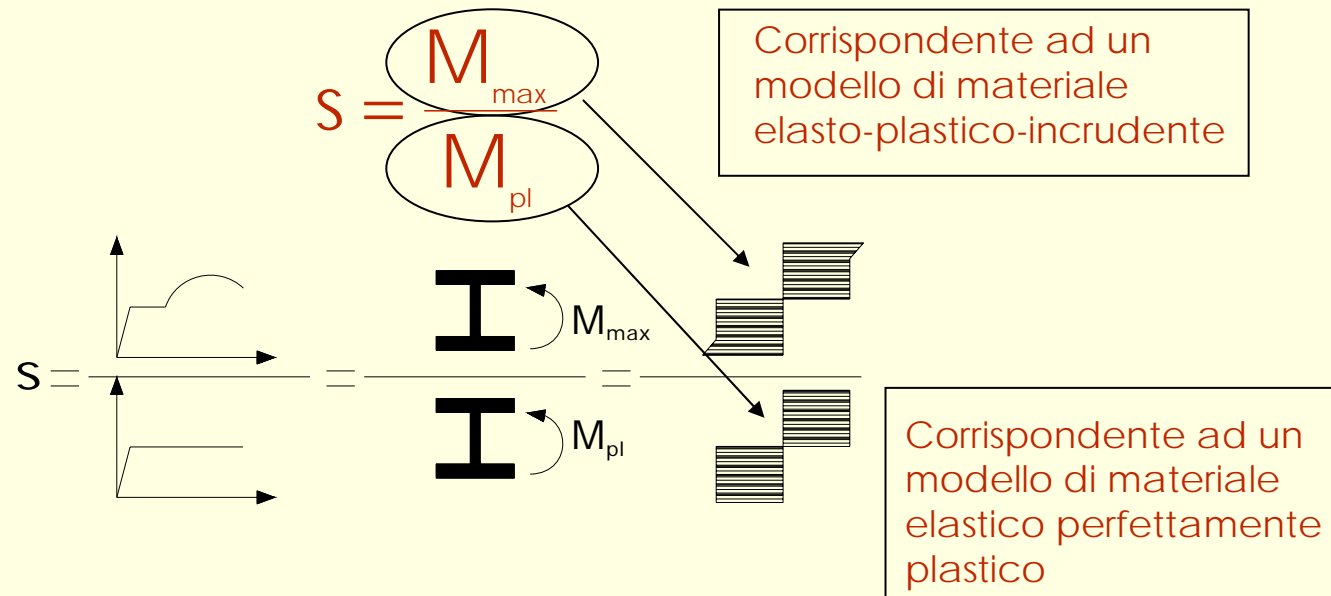
M. BRESCIA, O. MAMMANA, R. LANDOLFO

## Classificazione delle membrature secondo l'OPCM 3274

Il modello di classificazione si basa sul parametro di sovraresistenza  $s$  (rapporto tra la tensione critica che induce l'instabilità della flangia compressa  $s_{cr}$  e la tensione di snervamento  $s_y$ )

$$s = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y}$$

Nel caso di membrature inflesse tale parametro si particolarizza in:

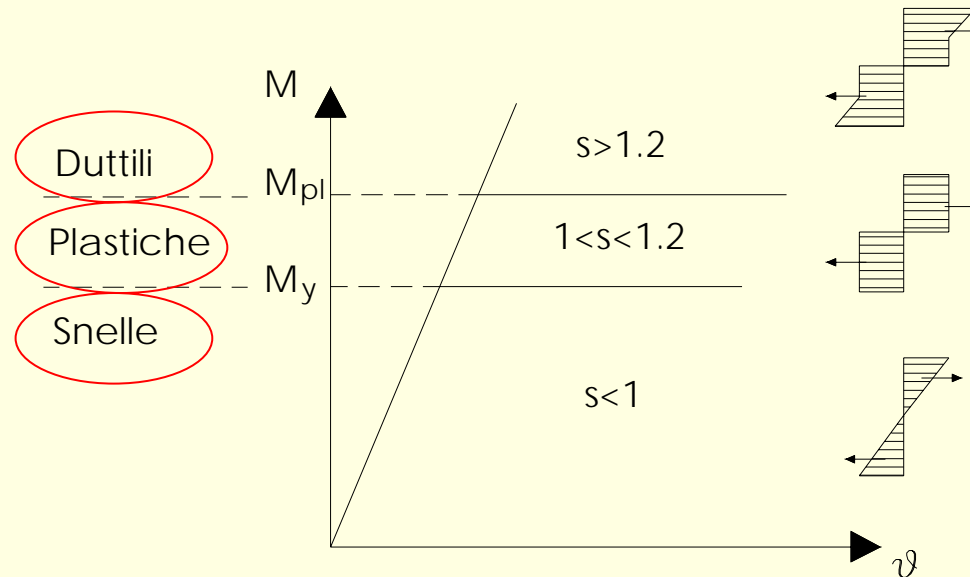




# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

M.BRESCIA, O.MAMMANA, R.LANDOLFO

Le membrature si suddividono in tre categorie di duttilità:



- **Duttili**,  $s \geq 1.20$ : l'instabilità locale delle parti compresse della sezione si sviluppa in campo plastico con grandi deformazioni plastiche in regime incrudente.
- **Plastiche**,  $1.00 \leq s < 1.20$ : l'instabilità locale si sviluppa in campo plastico senza deformazioni significative.
- **Snelle**,  $s \leq 1.00$ : l'instabilità locale avviene in campo elastico senza plasticizzazioni.





# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

M. BRESCIA, O. MAMMANA, R. LANDOLFO

Per le membrature con sezioni a doppio T, soggette a carichi assiali o flessionali e per gli usuali acciai da carpenteria, l'OPCM 3274 propone la seguente espressione del parametro di sovraresistenza  $s$ :

$$s = \frac{1}{0.695 + 1.632\lambda_f^2 + 0.062\lambda_w^2 - 0.602 \frac{b_f}{L^*}} \leq \min \left\{ \frac{f_u}{f_y}; 1.25 \right\}$$

In cui:

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2 \cdot t_f} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad \text{la snellezza della flangia;}$$

$$\lambda_w = \frac{d_{w,e}}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad \text{la snellezza dell'anima;} \quad \frac{b_f}{L^*} \quad \text{il gradiente di momento;}$$

$$d_{w,e} = \frac{1}{2} \cdot \left( 1 + \frac{A}{A_w} \cdot \rho \right) d_w \quad \text{l'estensione della parte di anima compressa}$$





# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

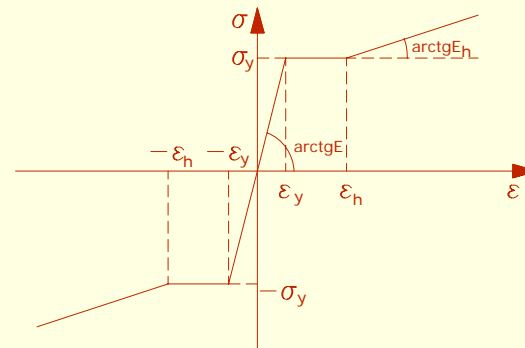
M. BRESCIA, O. MAMMANA, R. LANDOLFO

L'espressione del fattore di sovraresistenza  $s$  rappresenta una particolarizzazione, al caso degli usuali acciai da carpenteria, della formulazione più generale:

$$1/s = C_1 + C_2 \lambda_f^2 + C_3 \lambda_w^2 + C_4 \frac{b_f}{L^*} + C_5 \frac{E}{E_h} + C_6 \frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_y}$$

secondo la quale la sovraresistenza dipende da:

- parametri geometrici della sezione
- parametri geometrici della membratura
- parametri meccanici del materiale descritto mediante un modello elasto-plastico-incrudente







# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

M. BRESCIA, O. MAMMANA, R. LANDOLFO

## Ricalibrazione del fattore $s$ per sezioni a doppio T

Il primo obiettivo del lavoro è stato quello di proporre una nuova formulazione del parametro  $s$  per profili a doppio T mediante regressione multipla di numerosi dati sperimentali.

FORMULAZIONE OPCM 3274		FORMULAZIONE PROPOSTA	
AUTORI	N.RO PROVE	AUTORI	N.RO PROVE
KUHLMANN (1989)	24	KUHLMANN (1989)	24
KATO (1989)	30	SPANGEMACHER (1992)	35
KEMP (1985)	12	ITO et.al (2002)	4
		ITO et.al (2005)	6
		BOERAEVE-LOGNARD (1993)	5
		KEMP (1985)	4
		LUKEY-ADAMS (1969)	12

- Formulazione OPCM 3274

$$1/s = 0.546 + 1.632\lambda_f^2 + 0.0621\lambda_w^2 - 0.06021\frac{b_f}{L^*} + 0.0015\frac{E}{E_h} + 0.00776\frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_y}$$

- Formulazione proposta

$$1/s = 0.9347 + 0.50827\lambda_f^2 + 0.00908\lambda_w^2 - 0.3484\frac{b_f}{L^*} - 0.00039\frac{E}{E_h} - 0.00746\frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_y}$$

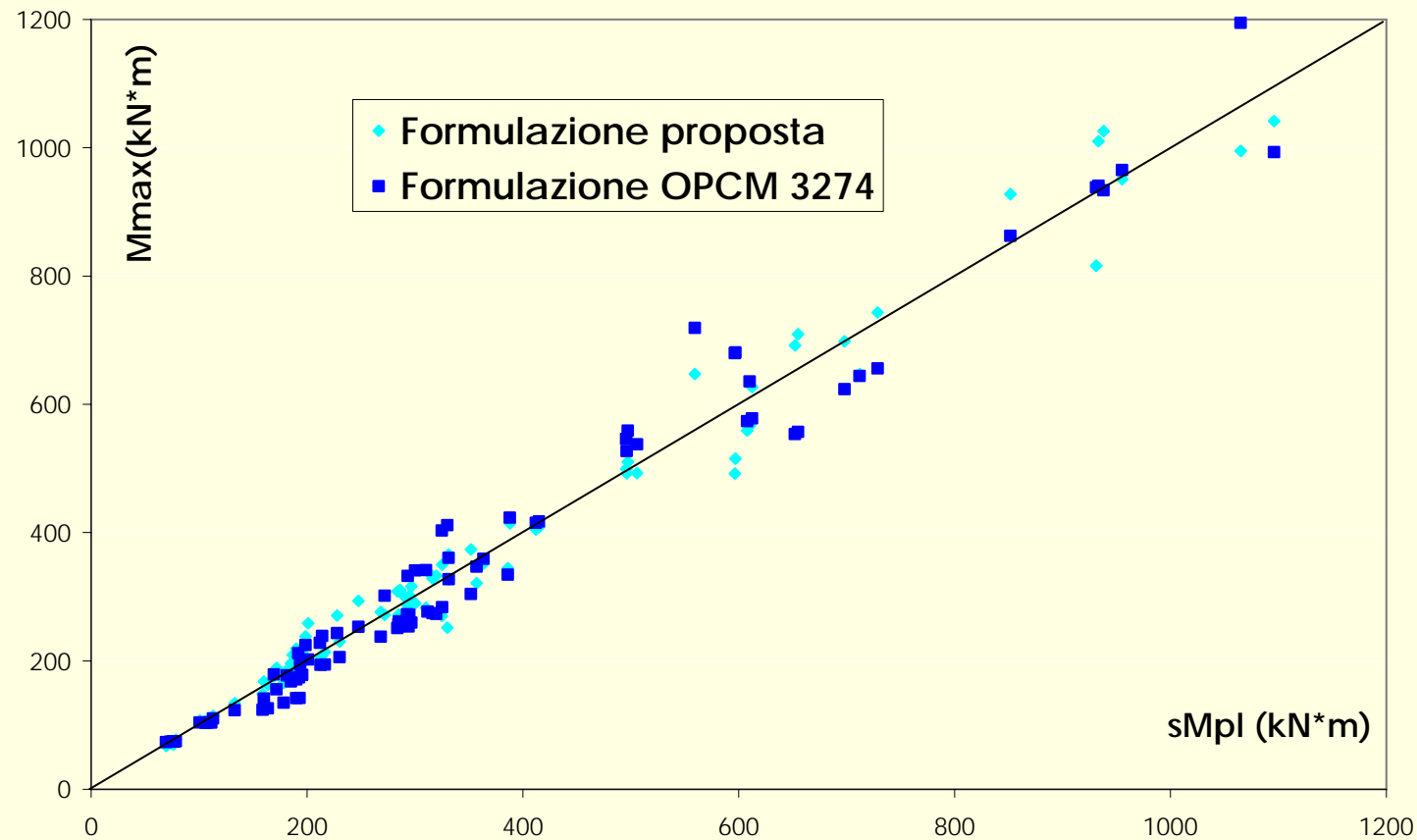




# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

**M. BRESCIA, O. MAMMANA, R. LANDOLFO**

Il confronto fra le due formulazioni ha consentito di valutare la dispersione fra dati sperimentali e calcolati:





# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

M.BRESCIA, O.MAMMANA, R.LANDOLFO

Così come nell'OPCM 3274, l'espressione è stata particolarizzata agli usuali acciai da carpenteria raccogliendo i due termini relativi alle proprietà inelastiche del materiale ed il termine noto in un unico fattore:

$$K = 0.9347 - 0.00039 \frac{E}{E_h} - 0.00746 \frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_y}$$

Assegnando i seguenti valori caratteristici del materiale:

- Acciai S235  $\frac{E}{E_h} = 37.5$   $\frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_y} = 12.3$   $\Rightarrow K_1 = 0.8283$

- Acciai S275  $\frac{E}{E_h} = 42.8$   $\frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_y} = 11.0$   $\Rightarrow K_2 = 0.8356$

$K = K_1 + K_2 + K_3$

- Acciai S335  $\frac{E}{E_h} = 48.2$   $\frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_y} = 9.8$   $\Rightarrow K_3 = 0.8428$

espressione finale

$$\frac{1}{s} = 0.8356 + 0.50827 \lambda_f^2 + 0.00908 \lambda_w^2 - 0.3484 \frac{b_f}{L^*}$$





# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

**M. BRESCIA, O. MAMMANA, R. LANDOLFO**

Per confrontare ulteriormente la formulazione proposta con quella adottata dall'OPCM 3274 sono stati valutati gli errori percentuali EP[%] delle singole prove:

$$EP[\%] = \left( \frac{s_s - s_c}{s_s} \right) * 100$$

$s_s$  è il valore del fattore di sovraresistenza  $s$  sperimentale;

$s_c$  è il valore del fattore di sovraresistenza  $s$  calcolato;

È stato inoltre calcolato il parametro RMSEP (errore quadratico medio normalizzato) al fine di valutare la precisione con la quale il modello è in grado di predire i risultati sperimentali :

$$RMSEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left( \frac{s_s - s_c}{s_s} \right)^2}{N}}$$

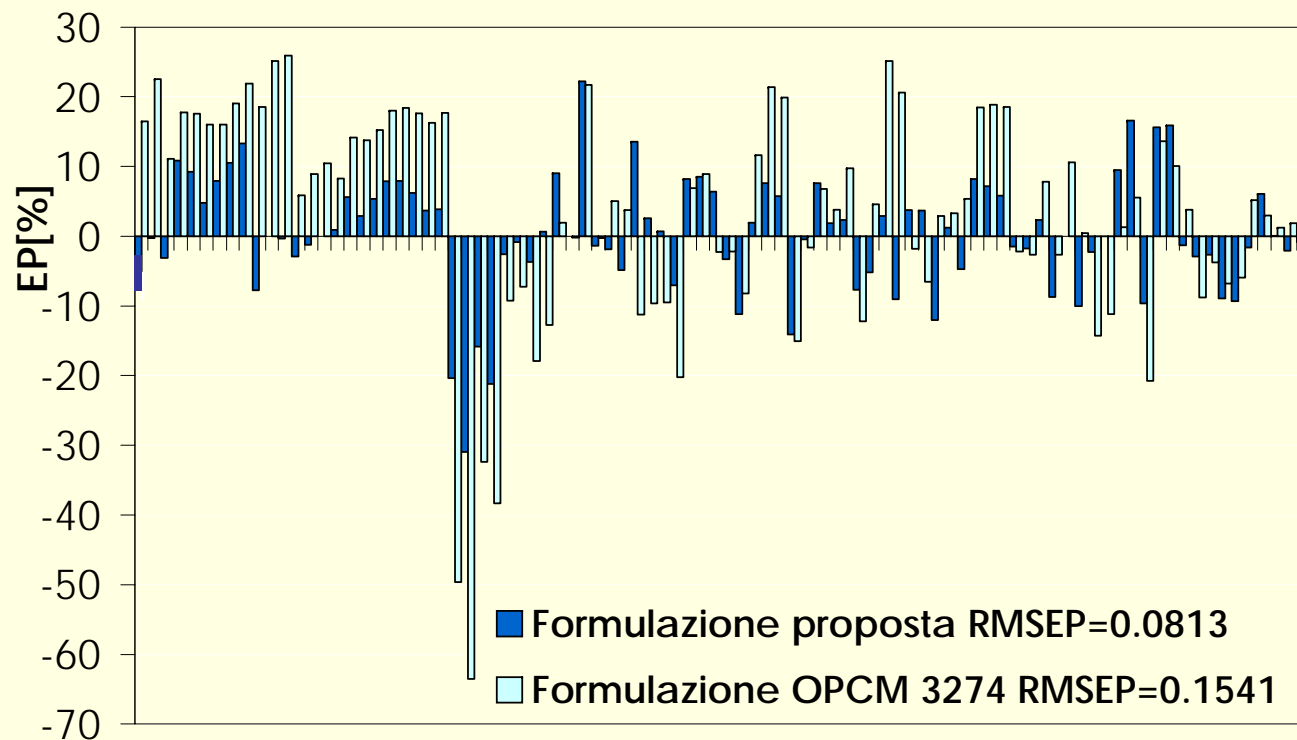




## Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

M. BRESCIA, O. MAMMANA, R. LANDOLFO

Dal confronto fra i valori del parametro RMSEP ottenuto applicando la formulazione proposta e quella dell'OPCM 3274 emerge che la prima è più precisa nella valutazione del fattore di sovraresistenza  $s$ . Ad essa corrisponde, infatti, un RMSEP pari a circa la metà.

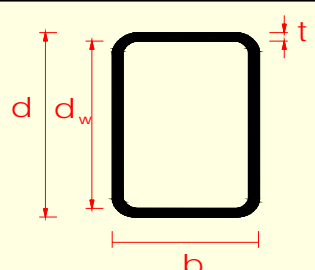
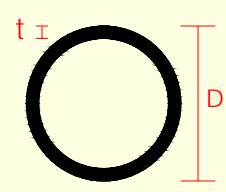
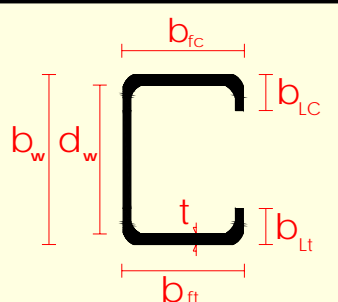




# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

M. BRESCIA, O. MAMMANA, R. LANDOLFO

## Generalizzazione del fattore $s$ ad altre sezioni

SEZIONE	PROVE UTILIZZATE
	<ul style="list-style-type: none"><li>• 59 di WILKINSON (1999)</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• 12 di JIAO-ZHAO (2003)</li><li>• 12 di ELCHALAKANI (2002)</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• 16 di SEAH (1998)</li></ul>

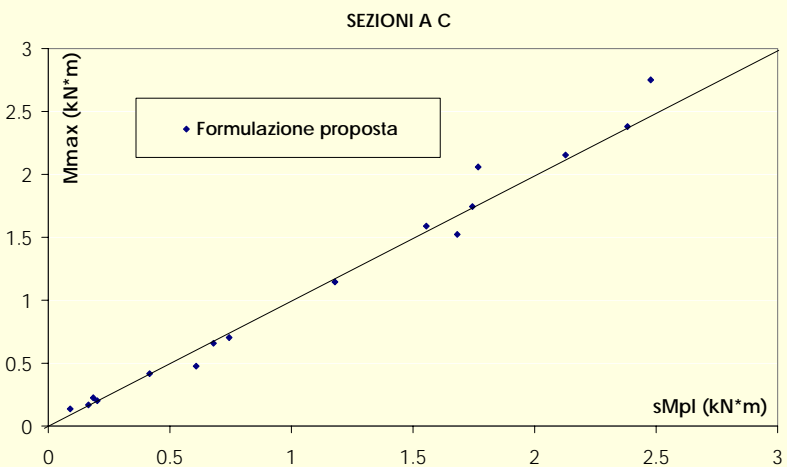
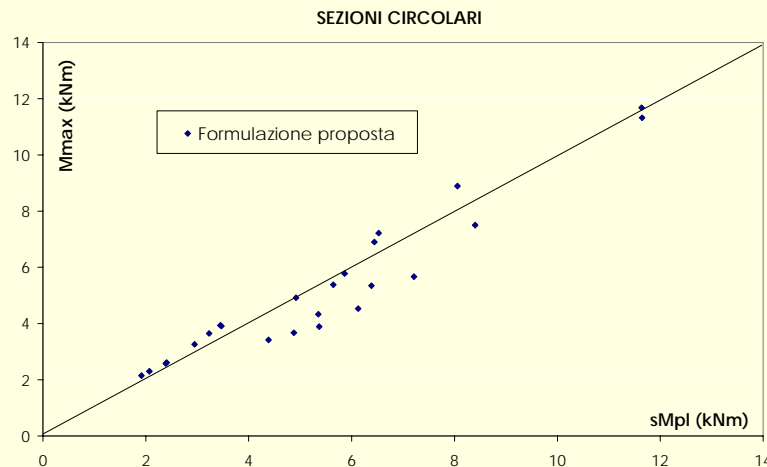
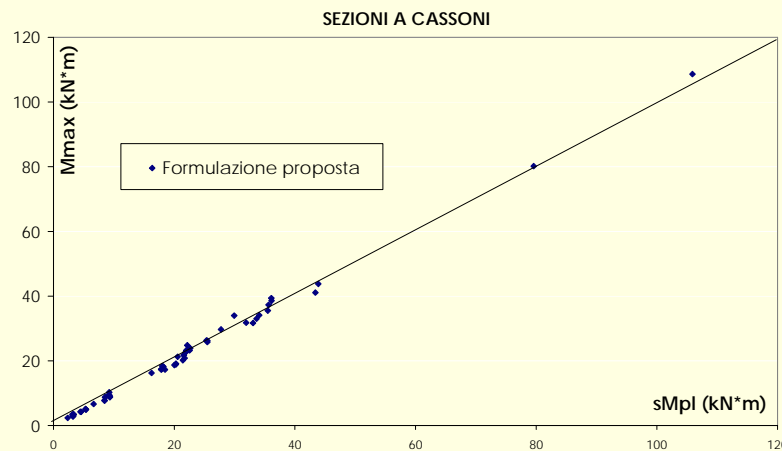




# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

**M. BRESCIA, O. MAMMANA, R. LANDOLFO**

I seguenti diagrammi consentono di valutare la dispersione fra dati sperimentali calcolati:





# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

M. BRESCIA, O. MAMMANA, R. LANDOLFO

Applicando le regressioni multiple, così come visto per i profili a doppio T si è ottenuto:

TIPOLOGIA DI PROFILI	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	RMSEP
SEZIONI A CASSONE	1.092	0.28	0.069	-	0.0168	-0.116	0.05636
SEZIONI CIRCOLARI	0.976	0.00367		-	-0.155	0.765	0.1767
SEZIONI SOTTILI A C	0.945	-1.042	1.31	-	-0.003	0.077	0.13006

$$1/s = C_1 + C_2 \lambda_f^2 + C_3 \lambda_w^2 + C_4 \frac{b_f}{L^*} + C_5 \frac{E}{E_h} + C_6 \frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_y}$$

Tali coefficienti sono stati successivamente particolarizzati per garantire l'applicabilità delle formulazioni proposte al caso degli usuali acciai da carpenteria

TIPOLOGIA DI PROFILI	K	$C_2$	$C_3$
SEZIONI A CASSONE	0.523	0.28	0.069
SEZIONI CIRCOLARI	2.777	0.00367	
SEZIONI SOTTILI A C	0.945	-1.042	1.31







# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

M. BRESCIA, O. MAMMANA, R. LANDOLFO

## Conclusioni e Sviluppi futuri

- Analisi critica del criterio di classificazione proposto dall'OPCM 3274
- Proposta di ricalibrazione dell'espressione di  $s$  per i profili a doppio T
- Nuova espressione di tale parametro per altre tipologie di sezioni (*scatolari, circolari, C*)
- Esigenza di introdurre un criterio di classificazione delle membrature basato direttamente su un parametro di duttilità piuttosto che di sovraresistenza





# Classificazione delle membrature in acciaio: ricalibrazione e generalizzazione del fattore di sovraresistenza $s$

M.BRESCIA, O.MAMMANA, R.LANDOLFO

GRAZIE PER LA CORTESE ATTENZIONE

