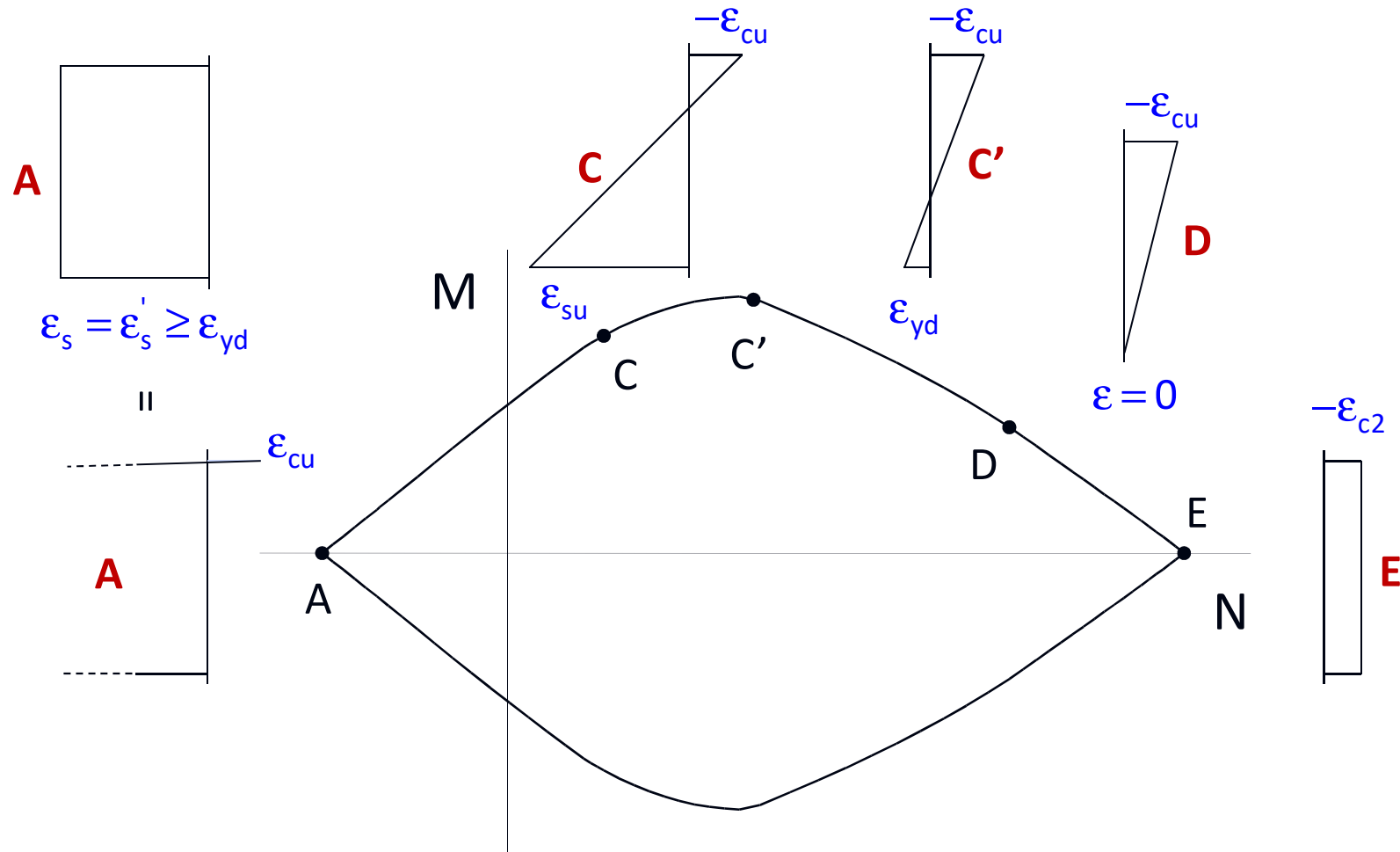


# Domini di resistenza

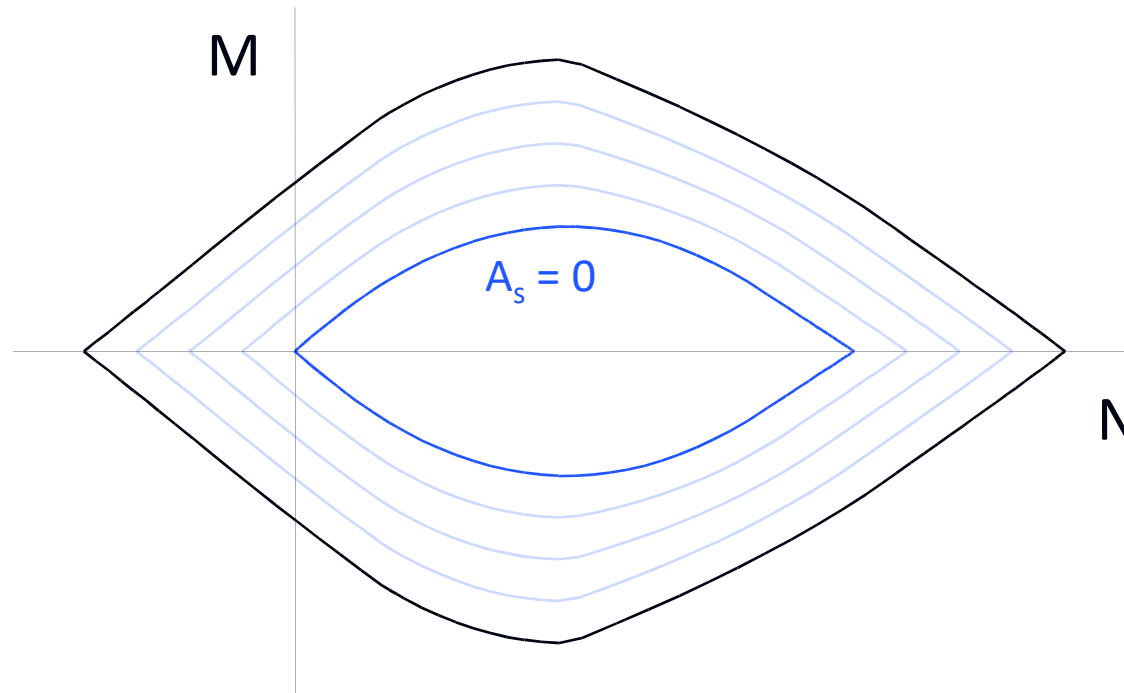
Stato limite ultimo



# Domini di resistenza

Stato limite ultimo

Cambiando l'armatura, si ottengono tanti diagrammi

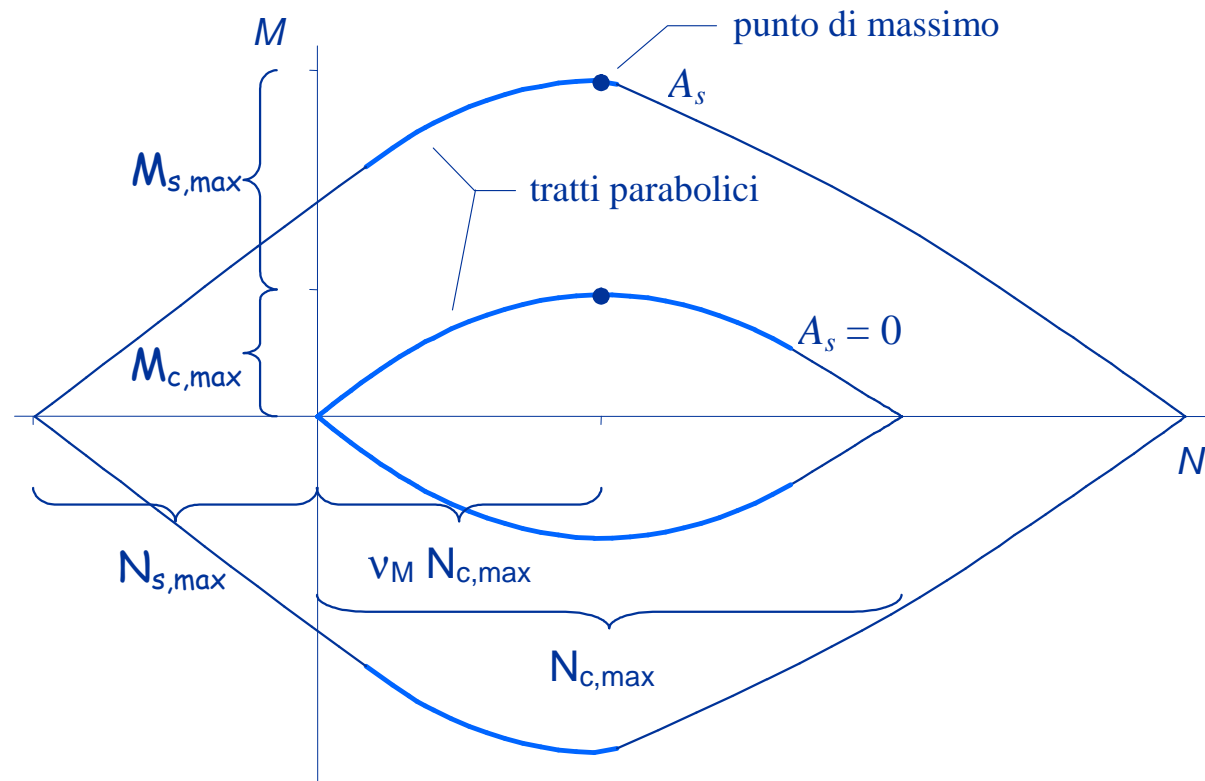


# Progetto e verifica allo SLU con i domini M-N

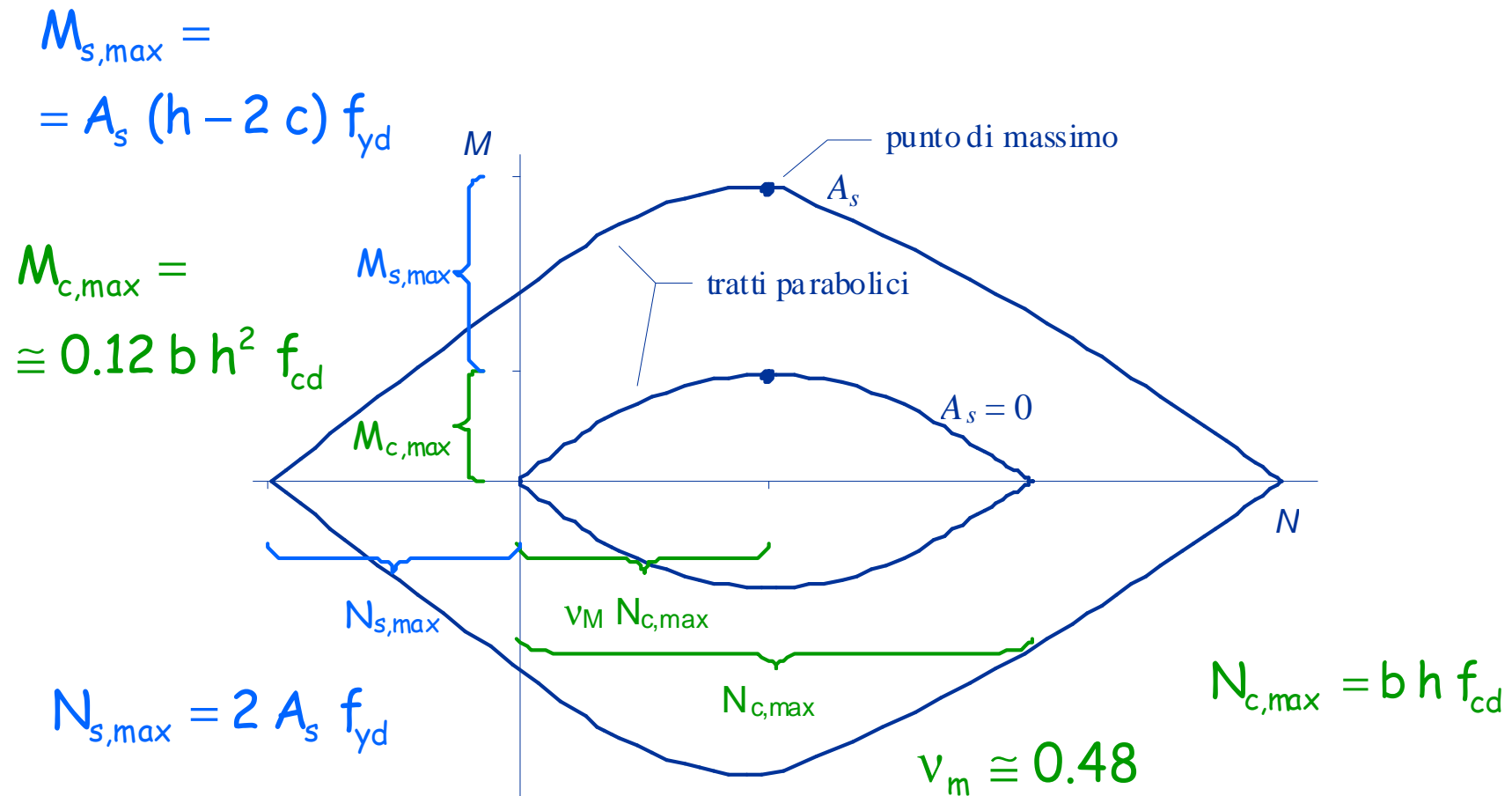
sezioni rettangolari,  $A_s = A'_s$

# Dominio M-N allo SLU

L'andamento delle curve è in più tratti parabolico



# Dominio M-N allo SLU



# Dominio a tre tratti

- per  $N_{Ed} < 0$  (tensoflessione)

$$M_{Rd} = M_{s,max} \left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{s,max}} \right)$$

- per  $0 < N_{Ed} < 0.4865 N_{c,Rd}$

$$M_{Rd} = M_{c,max} \left[ 1 - \left( \frac{N_{Ed} + v_m N_{c,max}}{v_m N_{c,max}} \right)^2 \right] + M_{s,max}$$

- per  $N_{Ed} > 0.4865 N_{c,Rd}$

$$M_{Rd} = (M_{c,max} + M_{s,max}) \left[ 1 - \left( \frac{|N_{Ed} + v_m N_{c,max}|}{(1 - v_m) N_{c,max} + N_{s,max}} \right)^n \right]$$

con  $n = 1 + \left( \frac{v_m N_{c,max}}{(1 - v_m) N_{c,max} + N_{s,max}} \right)^2$  10

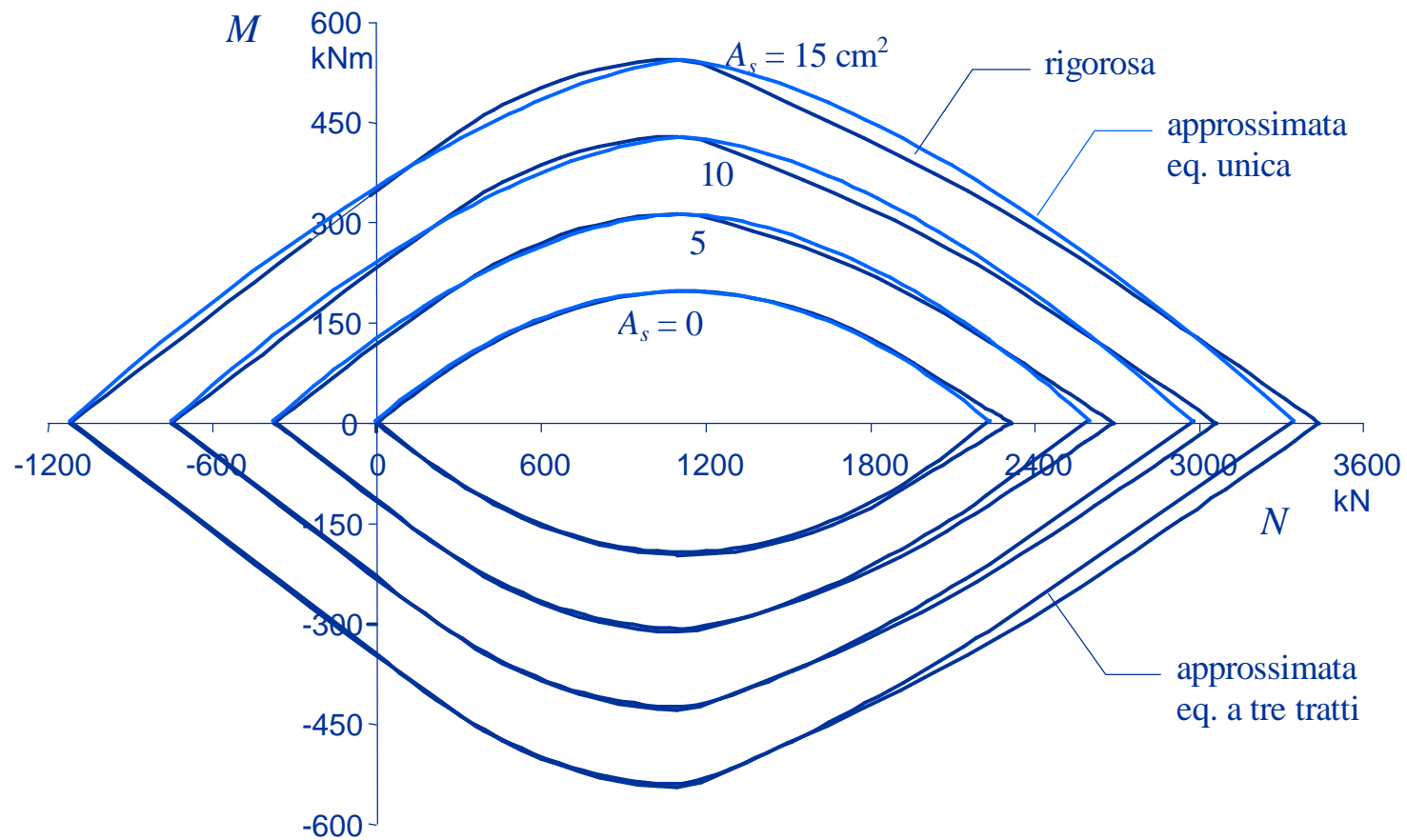
# Formulazione alternativa ad un tratto

Momento resistente  $M_{Rd}$  in funzione di  $N_{Rd}$ :

$$M_{Rd} = (M_{c,max} + M_{s,max}) \left[ 1 - \left| \frac{N_{Rd} + 0.4865 N_{c,max}}{0.4865 N_{c,max} + N_{s,max}} \right|^m \right]$$

*con*  $m = 1 + \frac{0.4865 N_{c,max}}{0.4865 N_{c,max} + N_{s,Rd}}$

# Confronto





# Formulazione analitica

Verifica di resistenza:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,max} + M_{s,max}} + \left| \frac{N_{Ed} + 0.48 N_{c,max}}{0.48 N_{c,max} + N_{s,max}} \right|^m \leq 1$$

$$\text{con} \quad m = 1 + \frac{0.48 N_{c,max}}{0.48 N_{c,max} + N_{s,Rd}}$$

# Esempio

## Verifica a pressoflessione

### Dati geometrici

Sezione 40x70

$$A_s = A'_s = 3 \text{ } \varnothing 14$$

### Materiale

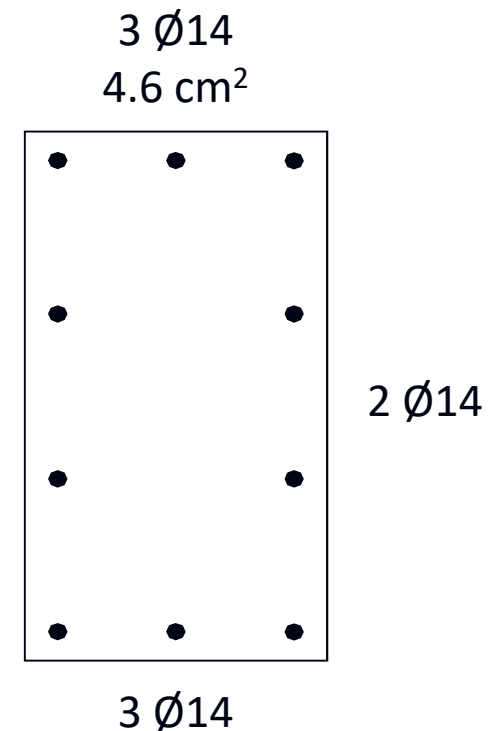
Calcestruzzo C25/30

Acciaio B450C

### Sollecitazioni

$$N_{Ed} = -1300 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 400 \text{ kNm}$$



# Esempio

Verifica a pressoflessione

Valori resistenti del calcestruzzo:

$$N_{c,max} = b h f_{cd} = 0.40 \times 0.70 \times 14.2 \times 10^3 = 3976 \text{ kN}$$

$$V_M N_{c,Rd} = 0.486 \times 3976 = 1932 \text{ kN}$$

$$M_{c,max} = \frac{289}{2376} b h^2 f_{cd} = 0.1216 \times 0.40 \times 0.70^2 \times 14.2 \times 10^3$$

$$M_{c,max} = 338.4 \text{ kNm}$$

# Esempio

Verifica a pressoflessione

Valori resistenti dell'acciaio:

$$N_{s,max} = 2 A_s f_{yd} = 2 \times 4.62 \times 391 \times 10^{-1}$$

$$N_{s,max} = 361.2 \text{ kN}$$

$$M_{s,max} = A_s (h - 2c) f_{yd} = 4.62 \times (0.70 - 2 \times 0.04) \times 391 \times 10^{-1}$$

$$M_{s,max} = 112.0 \text{ kNm}$$

# Esempio

Verifica a pressoflessione

Momento resistente:

$$m = 1 + \frac{v_M N_{c,max}}{v_M N_{c,max} + N_{s,max}} = 1 + \frac{1932}{1932 + 361.2} = 1.842$$

$$M_{Rd} = (M_{c,max} + M_{s,max}) \left[ 1 - \left| \frac{N_{Rd} + v_M N_{c,max}}{v_M N_{c,max} + N_{s,max}} \right|^m \right] =$$

$$= (338.4 + 112.0) \left[ 1 - \left| \frac{-1300 + 1932}{1932 + 361.2} \right|^{1.842} \right] =$$

$$= 408.5 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} < M_{Rd}$$

Sezione  
verificata

# Esempio

Verifica a pressoflessione

Oppure:

$$m = 1.842$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,max} + M_{s,max}} + \left| \frac{N_{Ed} + v_M N_{c,max}}{v_M N_{c,max} + N_{s,max}} \right|^m \leq 1$$

$$\frac{400}{338.4 + 112.0} + \left| \frac{-1300 + 1932}{1932 + 361.2} \right|^{1.842} =$$

$$= 0.888 + 0.093 = 0.981 \leq 1$$

Sezione  
verificata

# Progetto dell'armatura

Il momento affidato alle armature è

$$M_{Ed,red} = M_{Ed} - M_{c,max} \left[ 1 - \left( \frac{N_{Ed} + v_M N_{c,max}}{v_M N_{c,max}} \right)^2 \right]$$

L'armatura necessaria è quindi

$$A_s = \frac{M_{Ed,red}}{z f_{yd}}$$

$z$  è il braccio della coppia interna  
costituita dalle armature

$$z = h - 2c \cong 0.9d$$

Nota: la formula vale rigorosamente solo per  $0 \leq N_{Ed} \leq v_M N_{c,max}$

# Esempio

## Progetto dell'armatura

### Dati geometrici

Sezione 40x70

### Sollecitazioni

$$N_{Ed} = -1300 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 400 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,red} = 400 - 338.4 \left[ 1 - \left( \frac{-1300 + 1932}{1932} \right)^2 \right] = 97.8 \text{ kNm}$$

Armatura necessaria:

$$A_s = \frac{97.8}{0.9 \times 0.66 \times 391} \times 10 = 4.2 \text{ cm}^2$$

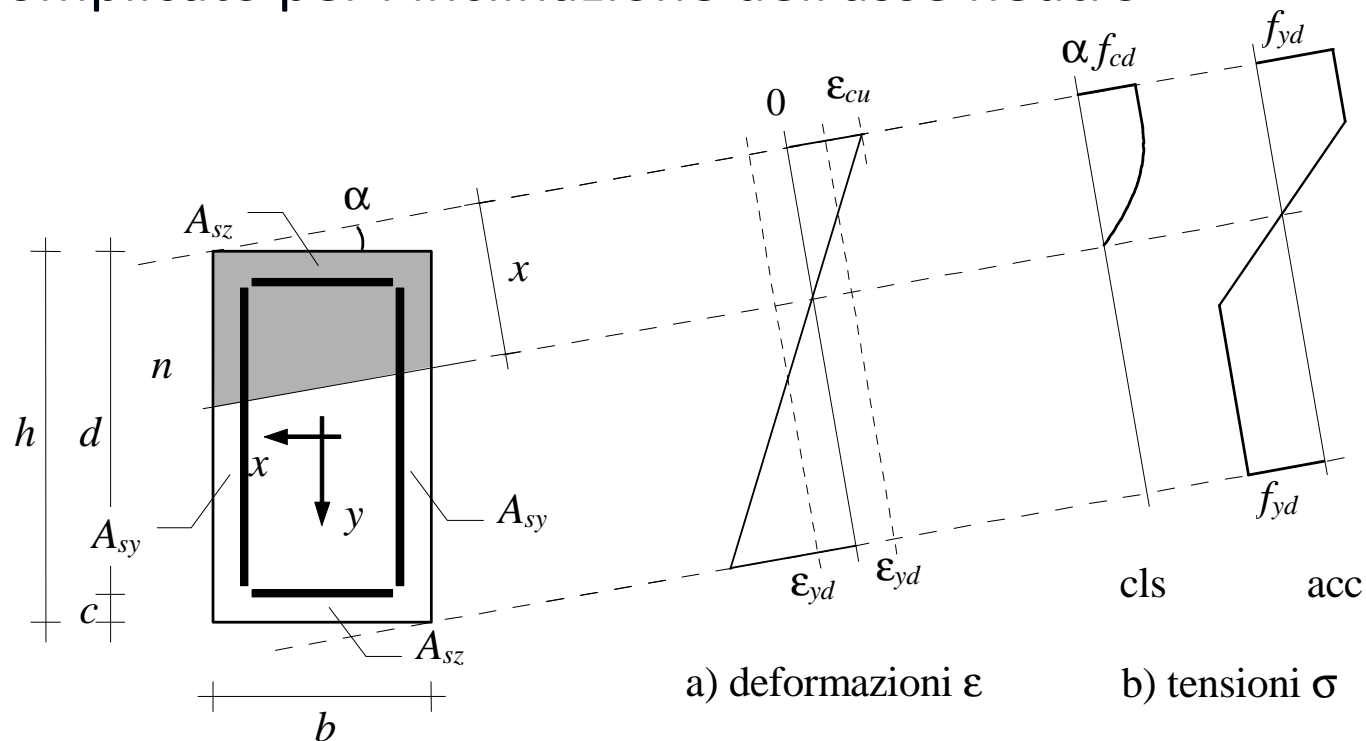


# Domini M-N per flessione composta deviata

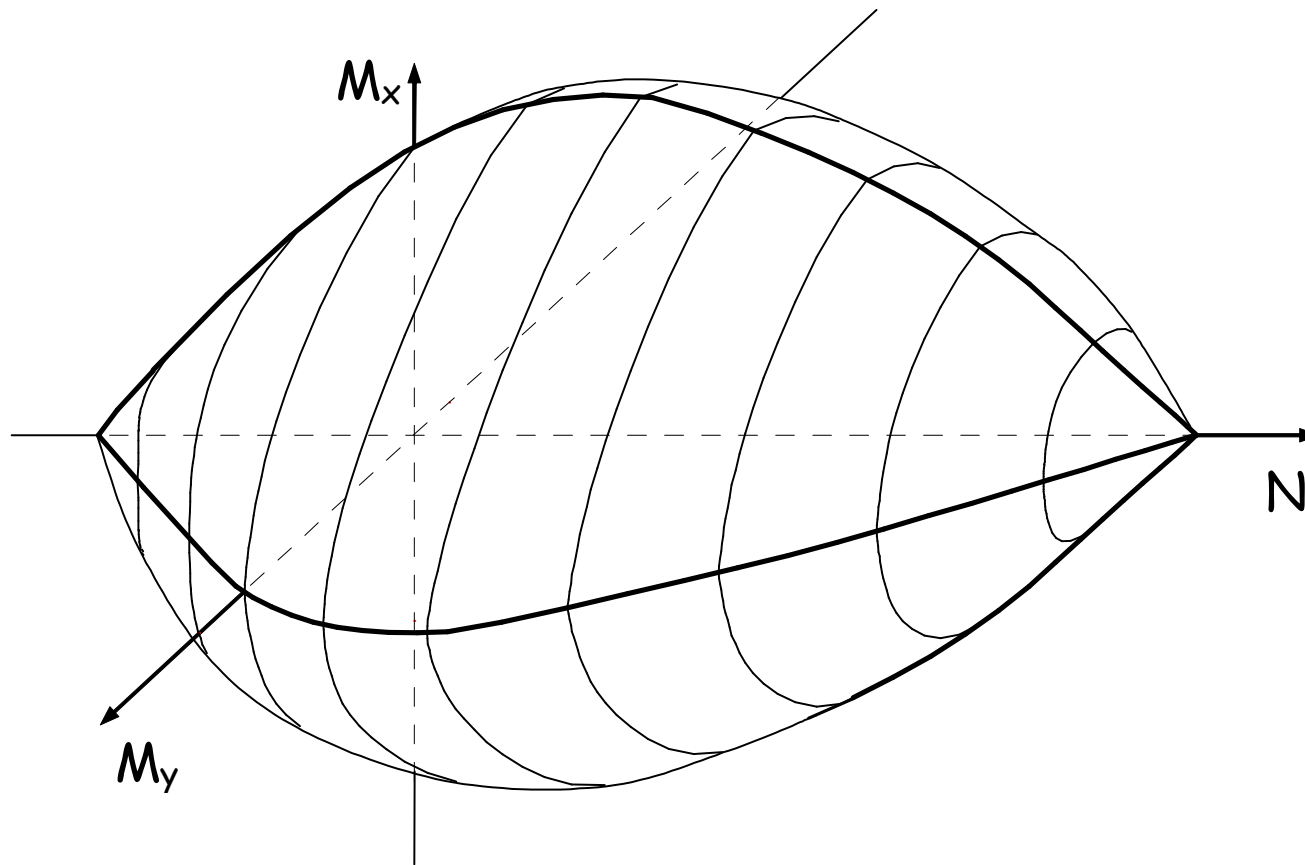
# Pressoflessione deviata

Procedimento per la costruzione del dominio  $M_y$ - $M_z$ - $N$

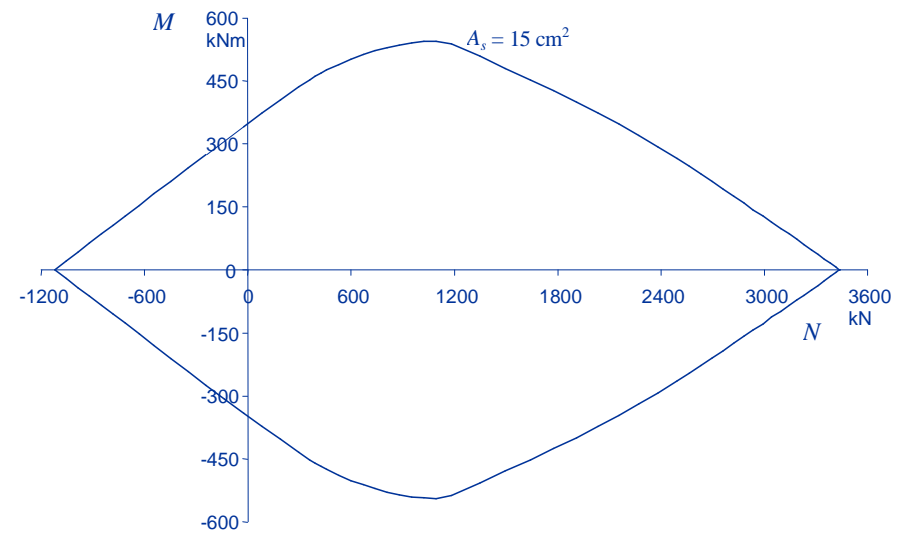
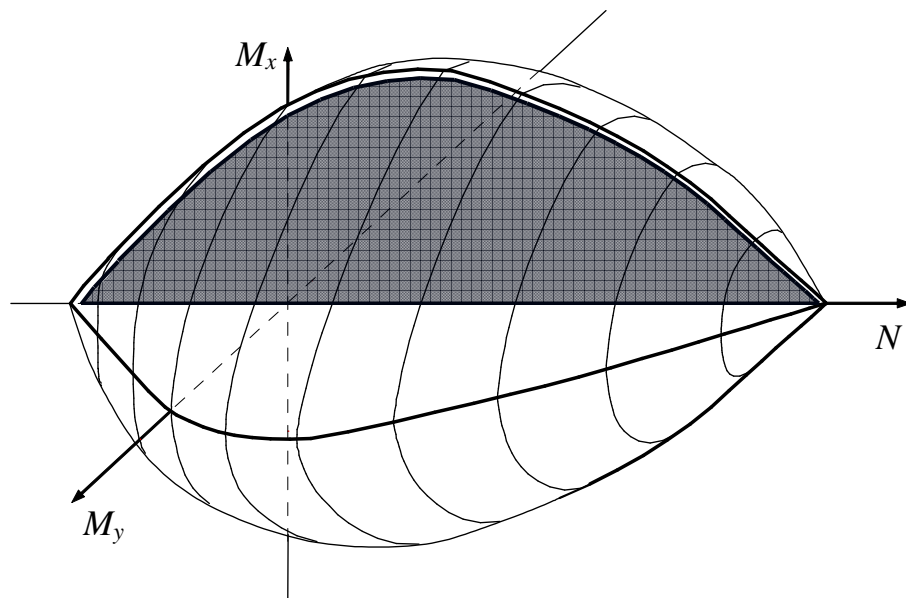
- analogo a quello descritto per pressoflessione retta
- più complicato per l'inclinazione dell'asse neutro



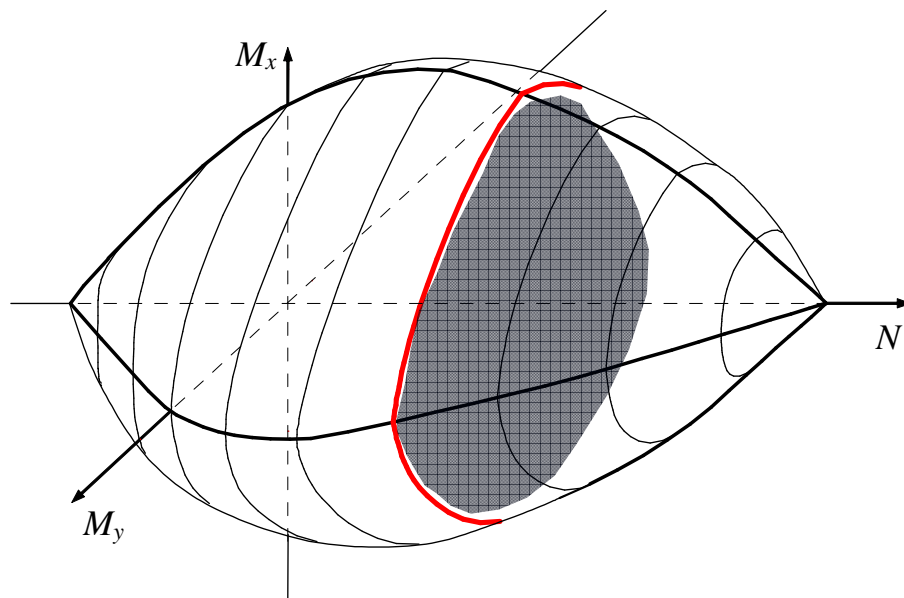
# Dominio allo SLU



# Dominio allo SLU



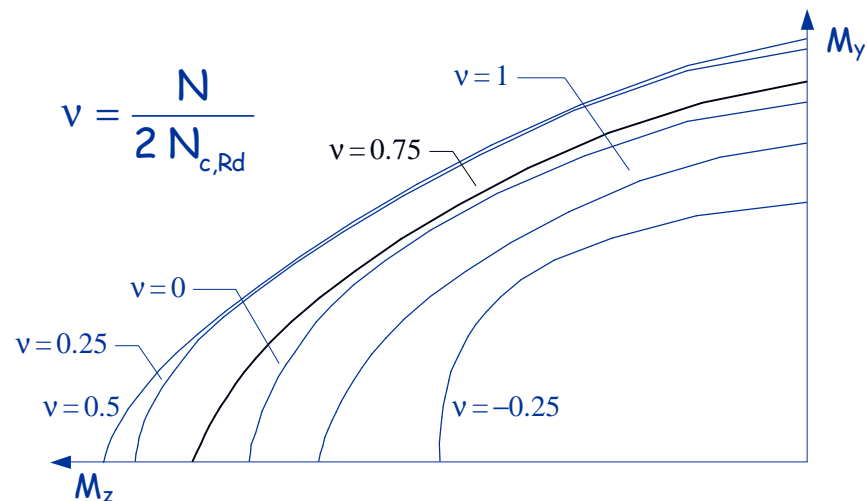
# Dominio allo SLU



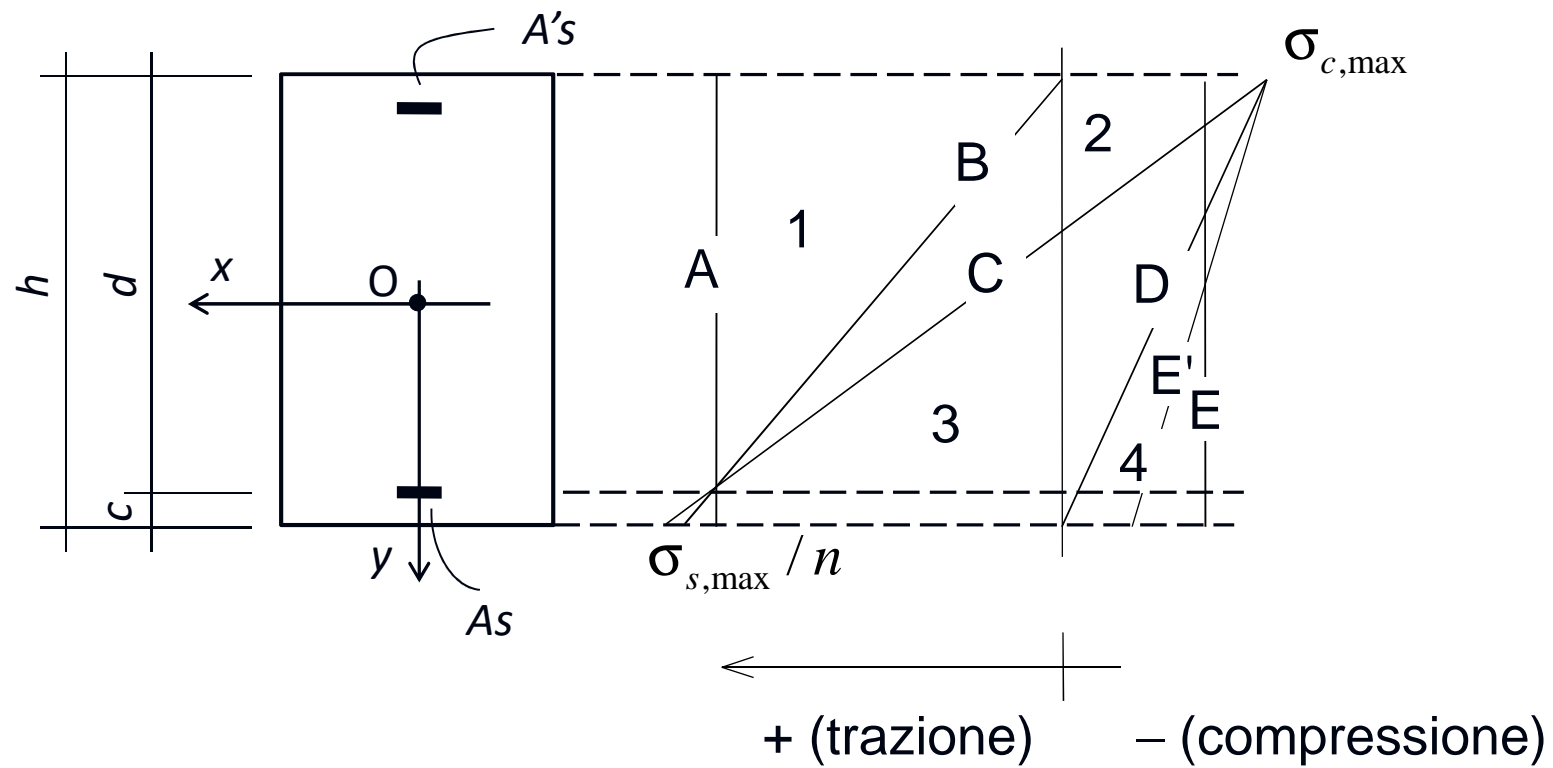
**Nota:** per  $N \cong 0$  si può usare un esponente maggiore, fino a 2

$$\left( \frac{M_x}{M_{x,Rd(N)}} \right)^p + \left( \frac{M_y}{M_{y,Rd(N)}} \right)^q = 1$$

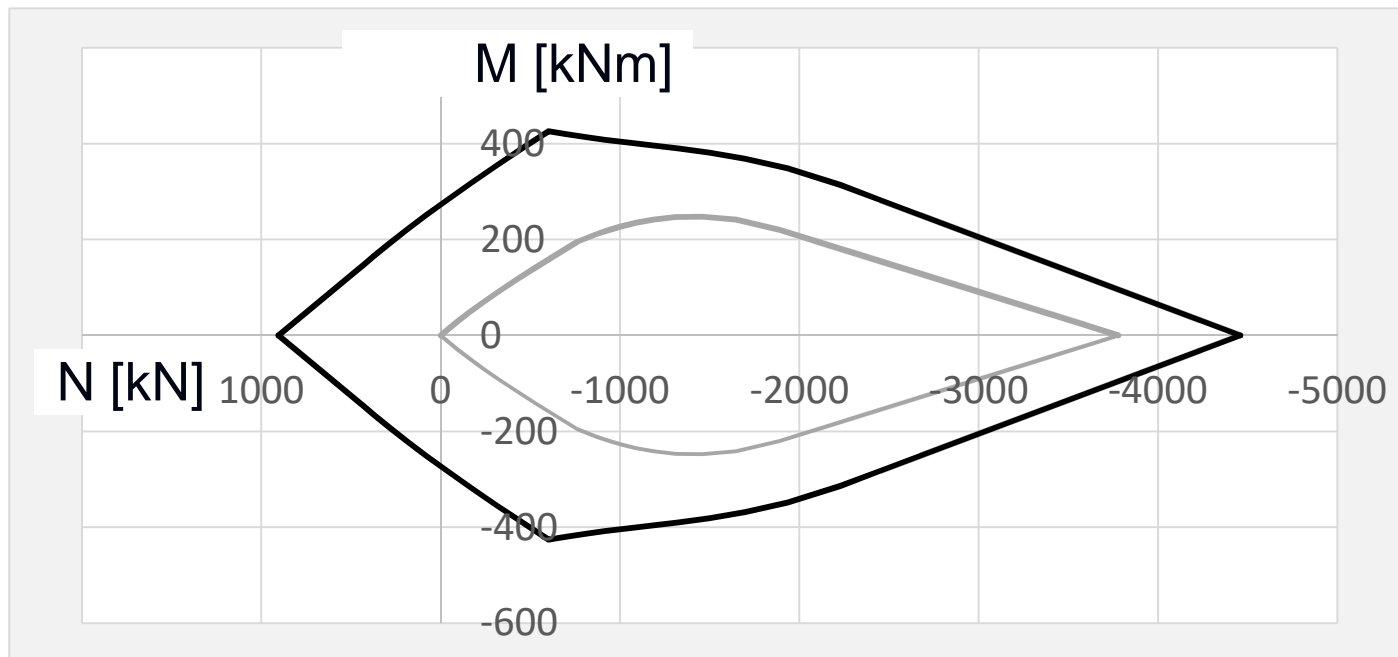
Consiglio:  
usare  $p = q = 1.5$



# Dominio allo SLE



# Dominio allo SLE



FINE