

Corso di laurea in Ingegneria civile strutturale e geotecnica

# Tecnica delle costruzioni

## modulo A

### 14 – Flessione (SLU)

Aurelio Gheresi

3/11/2020

# Flessione

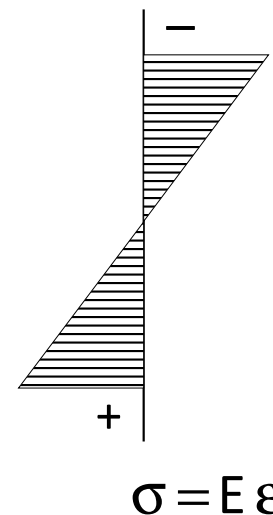
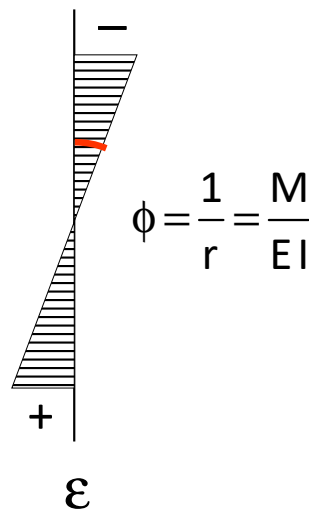
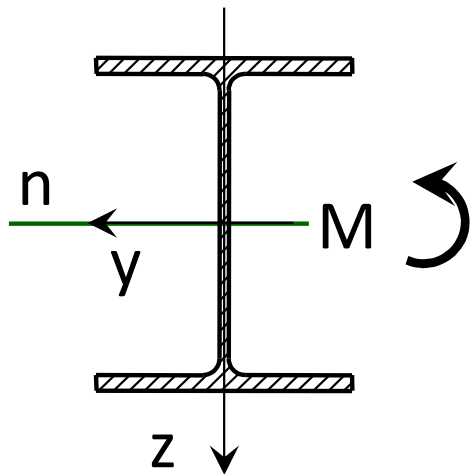
## modello elastico lineare

- Il diagramma delle  $\varepsilon$  e delle  $\sigma$  è lineare
  - Le tensioni si determinano mediante la formula di Navier

$$\sigma = \frac{M}{I_y} z$$

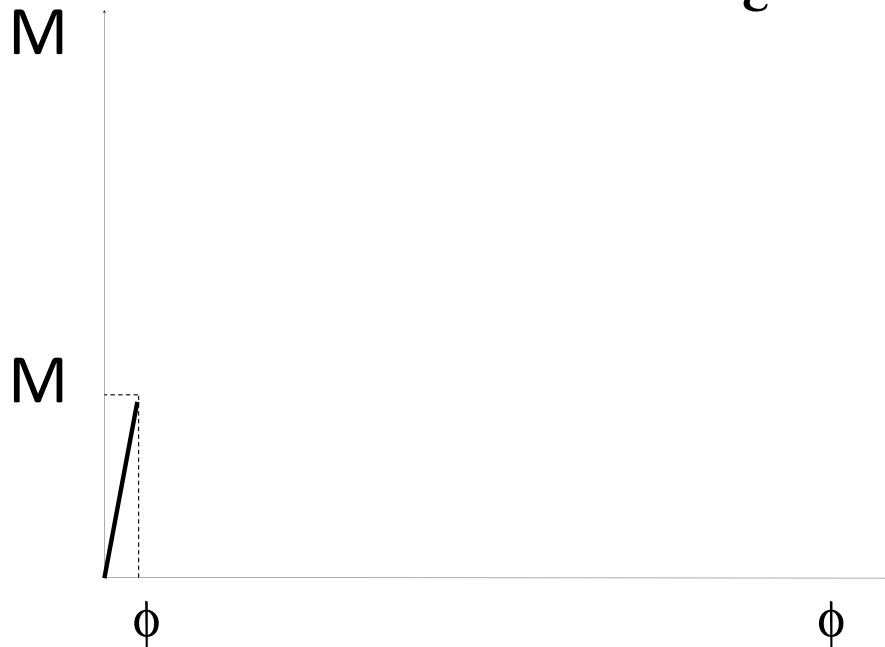
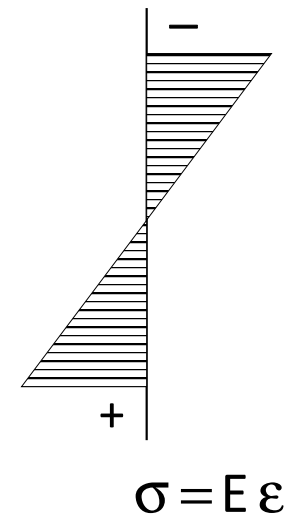
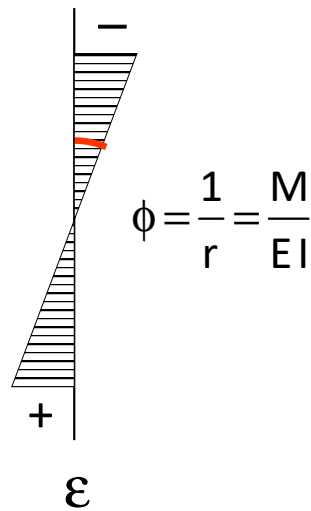
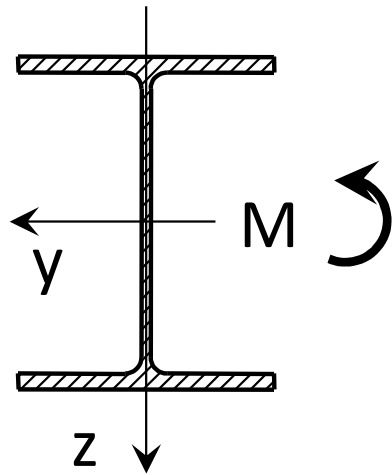
- Le tensioni massima vale

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{I_y} z_{\max} = \frac{M}{W_y} \quad \text{con} \quad W_y = \frac{I_y}{z_{\max}}$$



L'asse  
neutro  
passa per il  
baricentro

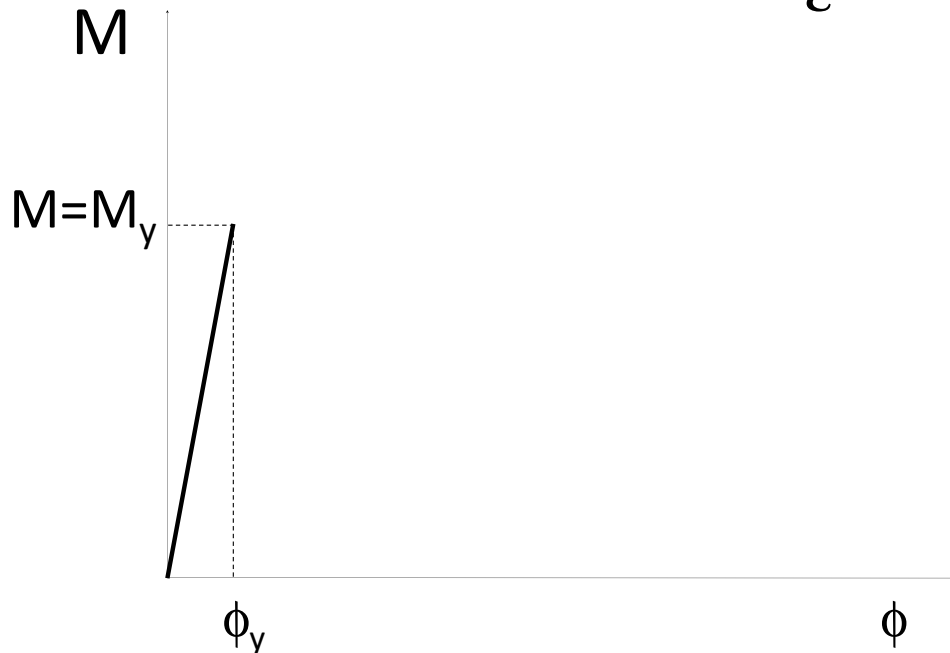
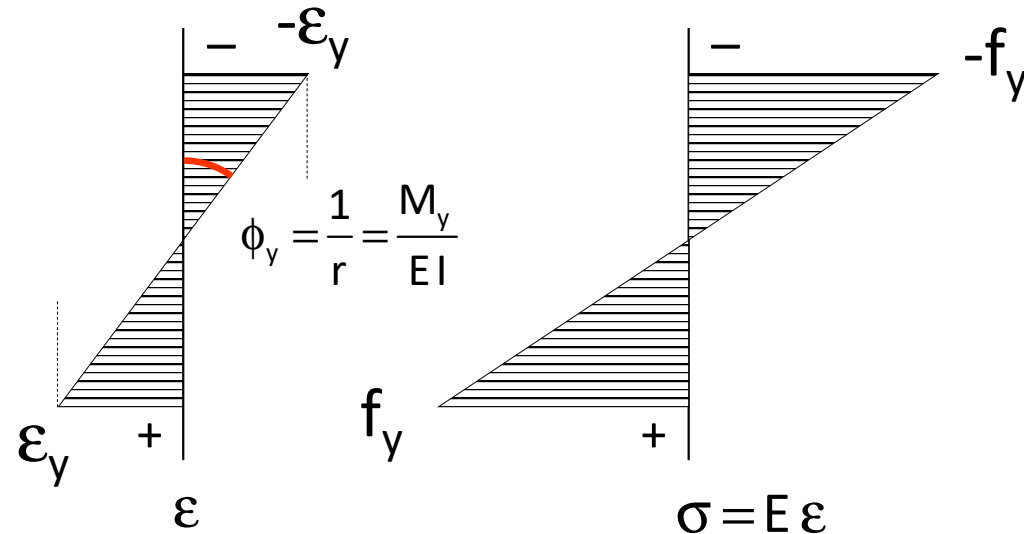
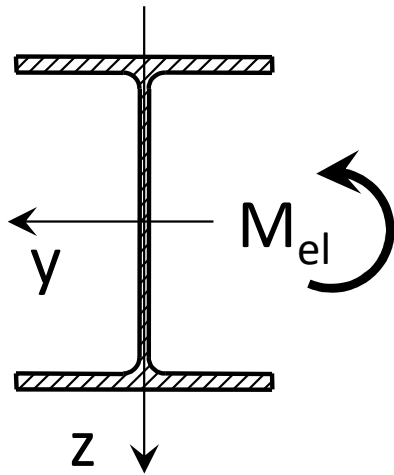
# Comportamento a flessione al crescere della curvatura



$$M = \int \sigma z \, dA$$

$$\phi = \frac{1}{r} = \frac{M}{EI}$$

# Comportamento a flessione al crescere della curvatura

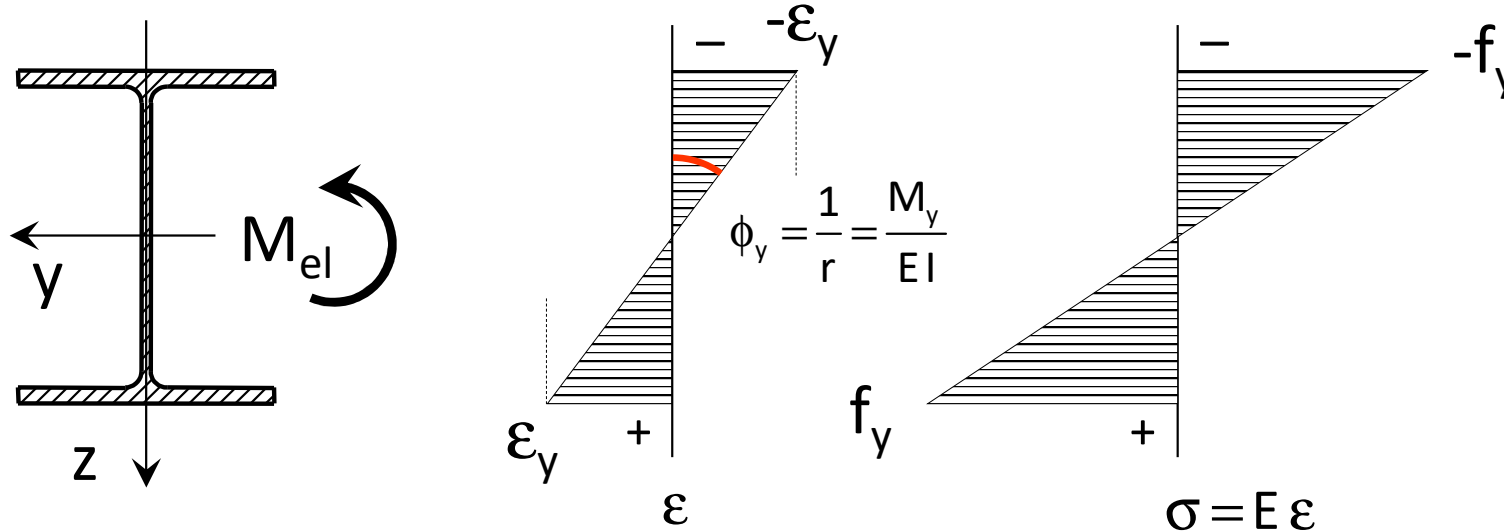


$$M_y = \int \sigma z dA = W_{el} f_y$$

Momento di prima plasticizzazione  
(o di fine comportamento elastico)

$$W_{el} = \frac{I}{h/2} \quad h = \text{altezza sezione}$$

# Comportamento a flessione al crescere della curvatura



Esempio:

HE 300 B acciaio S235

$$W_{el} = 1678 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

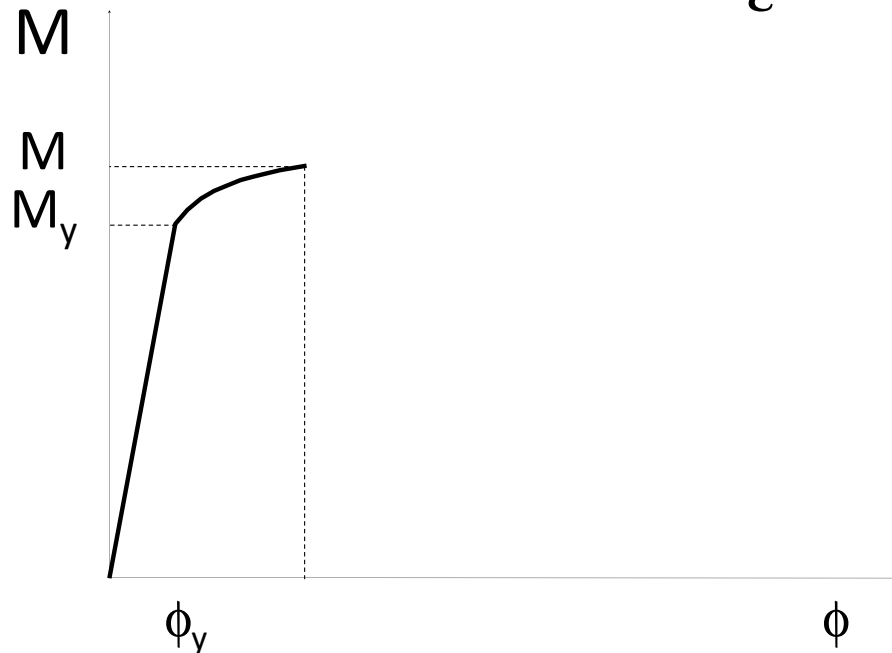
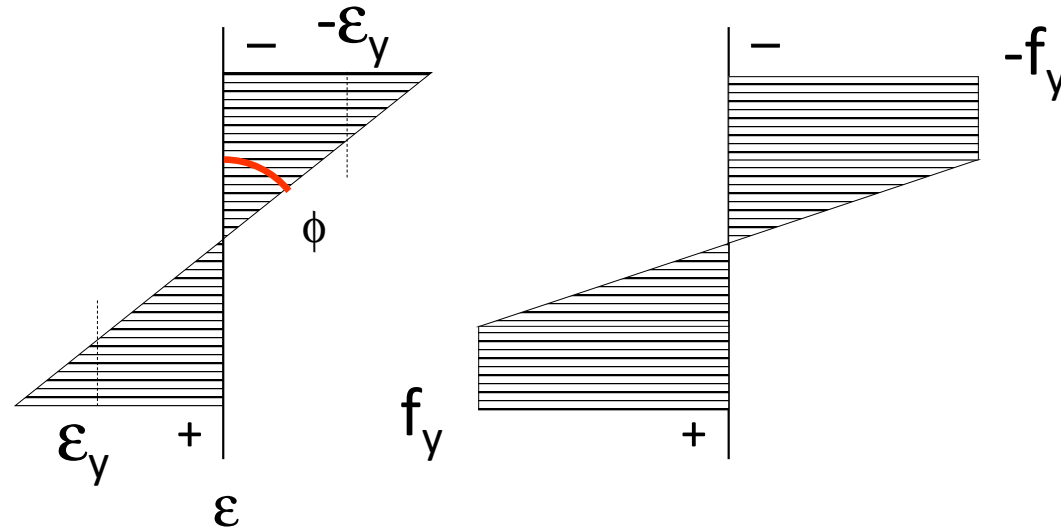
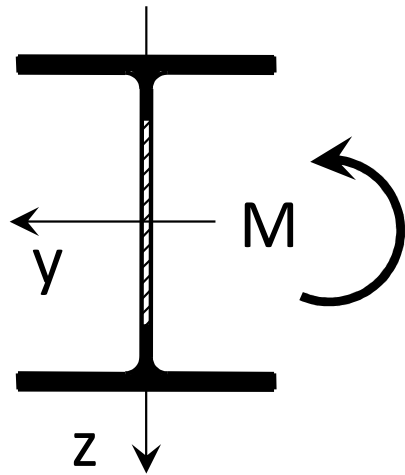
$$M_y = \int \sigma z dA = W_{el} f_y$$

$$M_{y,Rd} = W_{el} \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{y,Rd} = 1678 \times 10^3 \frac{235}{1.05} \times 10^{-6} = 375.6 \text{ kNm}$$

Questa espressione  
si usa per sezioni  
di classe 3

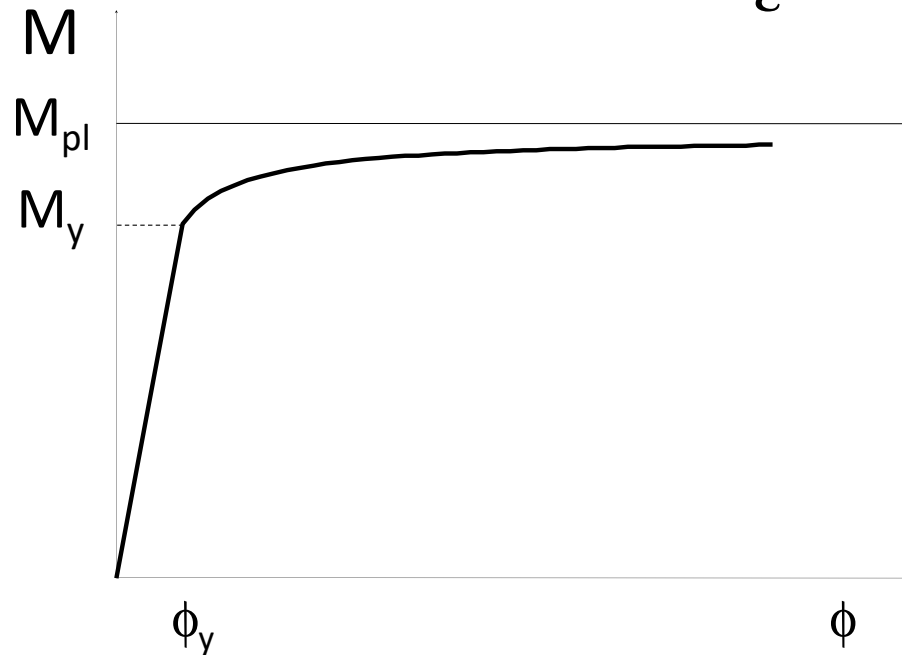
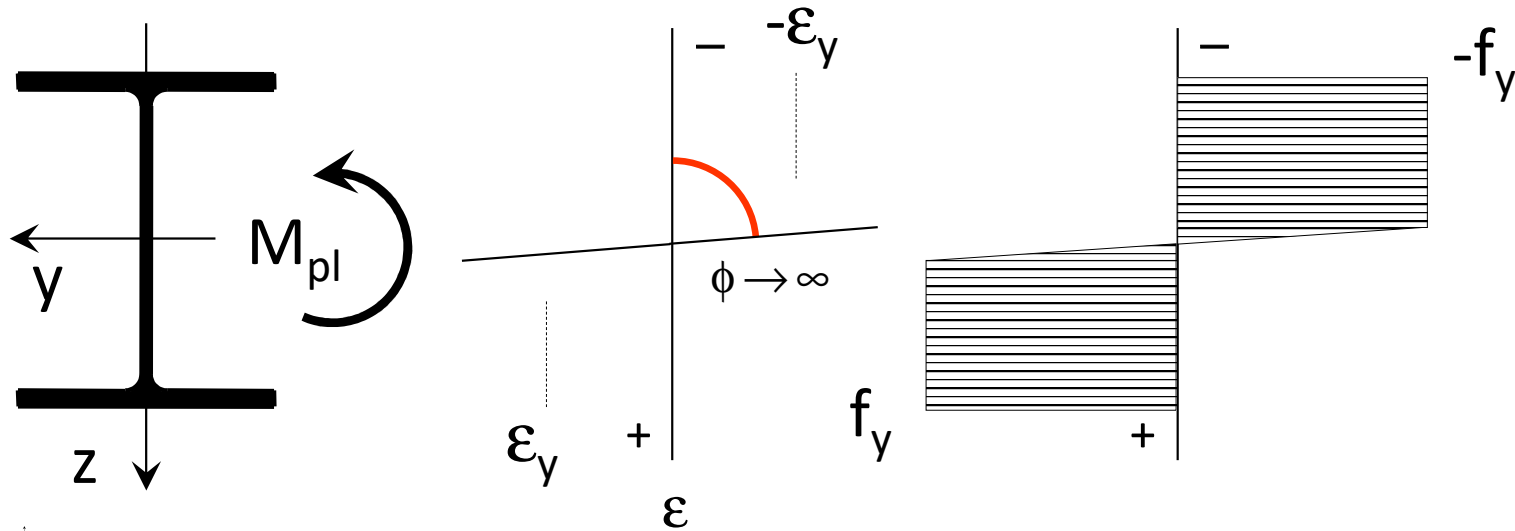
# Comportamento a flessione al crescere della curvatura



$$M = \int \sigma z \, dA > M_y$$

Momento di piena plasticizzazione

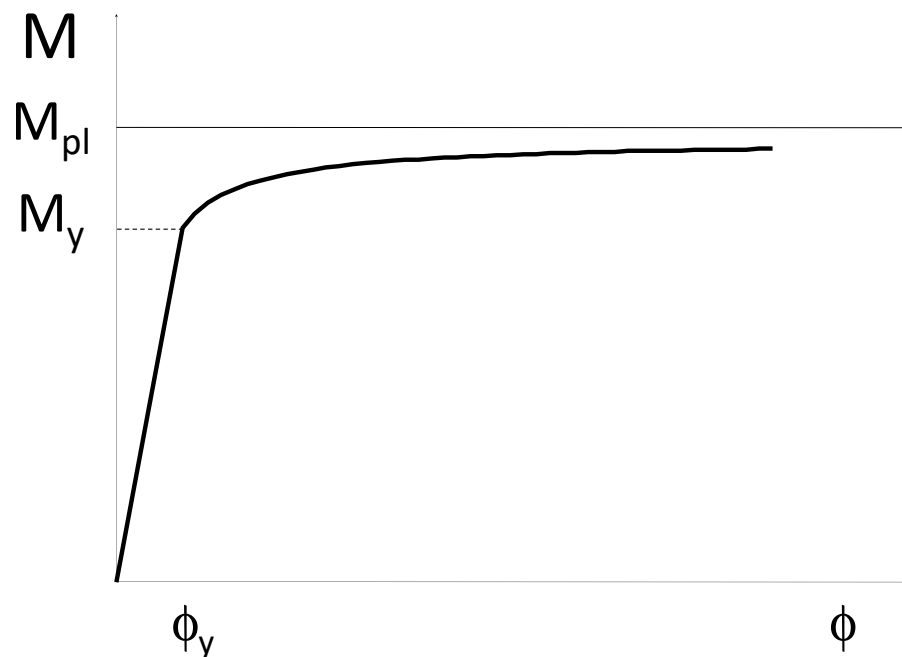
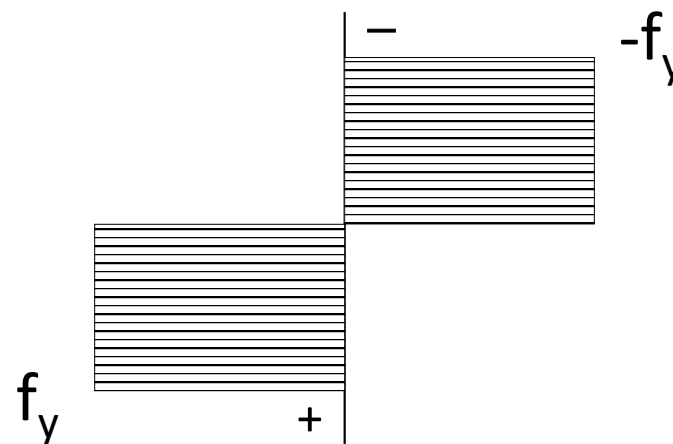
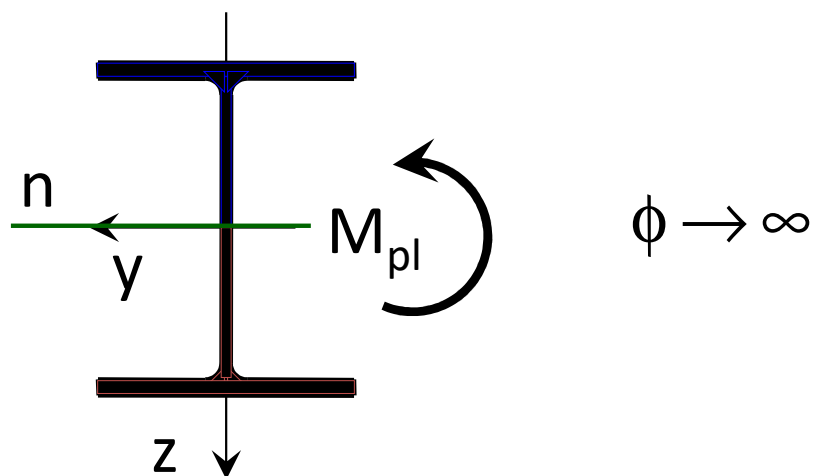
# Comportamento al crescere della curvatura



$$M = \int \sigma z dA \rightarrow M_{pl}$$

Momento di piena plasticizzazione

# Comportamento ultimo

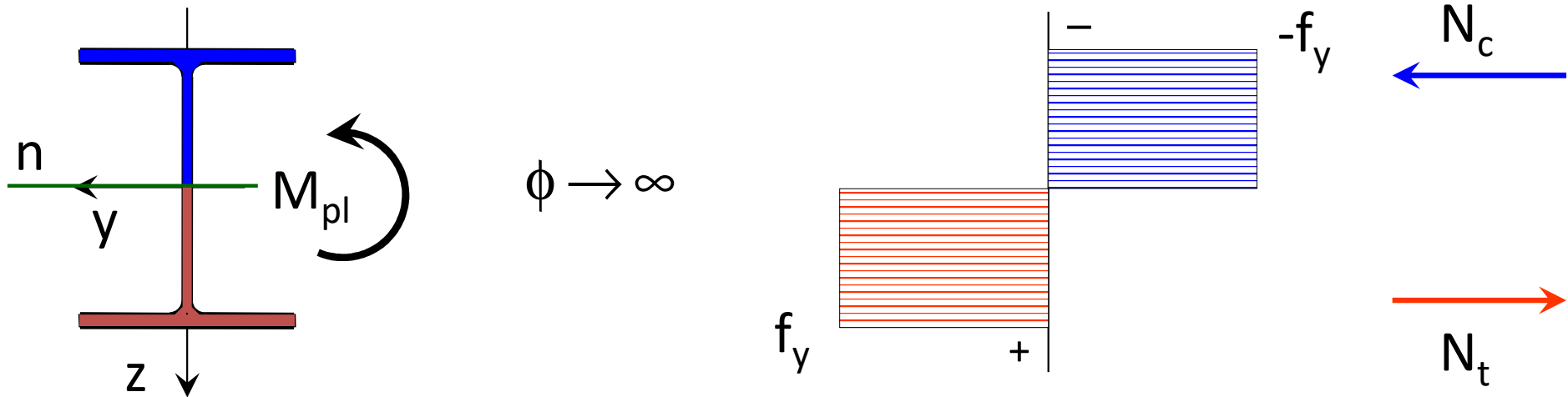


$$M_{pl,Rd} = W_{pl} \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Questa espressione  
si usa per sezioni  
di classe 1 e 2



# Comportamento ultimo



Per trovare l'asse neutro:

$$N_c = \int_{\text{compr}} \sigma dA = -f_y A_c$$

$$N_t = \int_{\text{tesa}} \sigma dA = f_y A_t$$

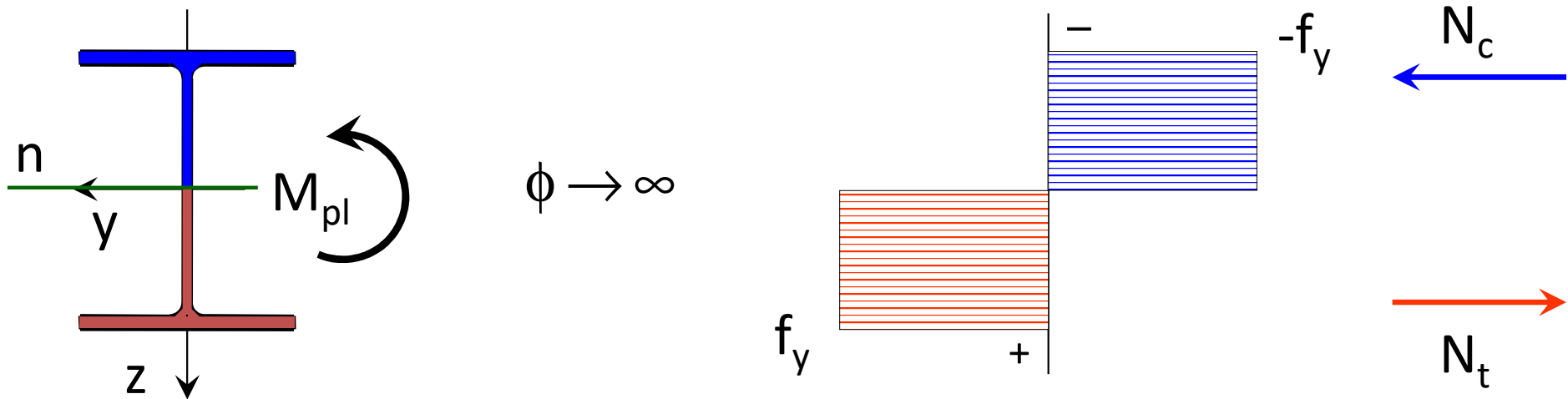
Equilibrio alla traslazione

$$N_c + N_t = 0 \quad \Rightarrow \quad -f_y A_c + f_y A_t = 0$$

$$A_c = A_t$$

L'asse neutro divide la sezione in due parti di area uguale

# Comportamento ultimo



Per trovare il valore di  $M_{pl}$ :

$$M_{pl} = \int \sigma z dA = \int_{A_c} -f_y z dA + \int_{A_t} f_y z dA$$

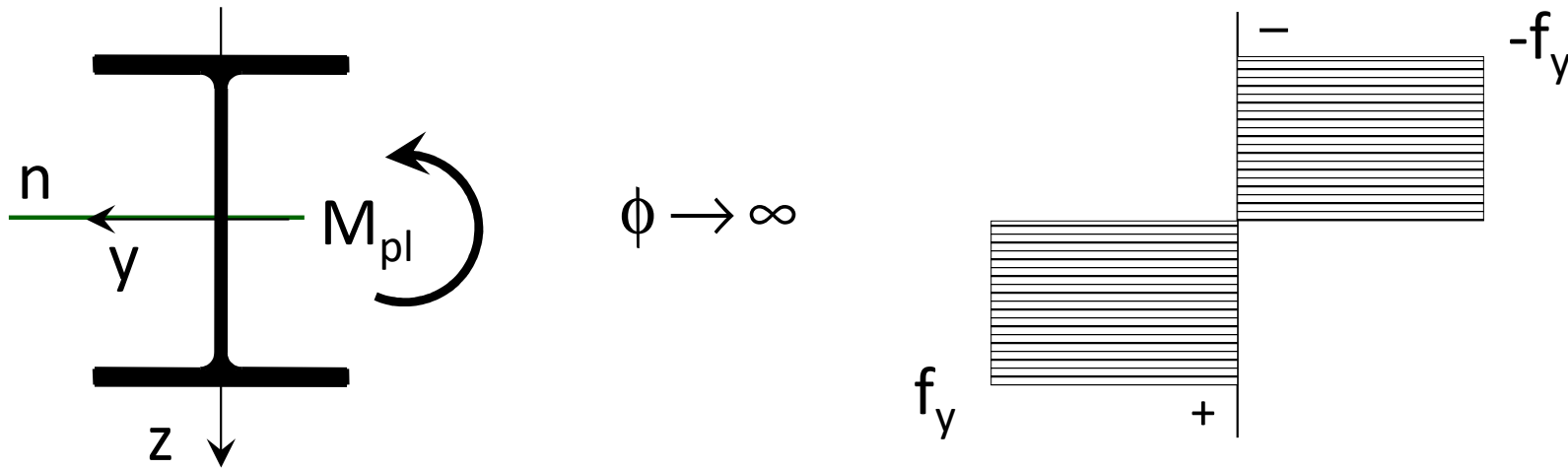
$$\int_{A_c} -f_y z dA = -f_y \int_{A_c} z dA$$

$$\int_{A_t} f_y z dA = f_y \int_{A_t} z dA$$

$$-\int_{A_c} z dA = \int_{A_t} z dA = S_{1/2 \text{ sez}}$$

$$M_{pl} = 2 f_y \int_{A_t} z dA = 2 S_{1/2 \text{ sez}} f_y$$

# Comportamento ultimo



$$M_{pl} = 2 f_y \int_{A_t} z \, dA = 2 S_{1/2 \text{ sez}} f_y$$

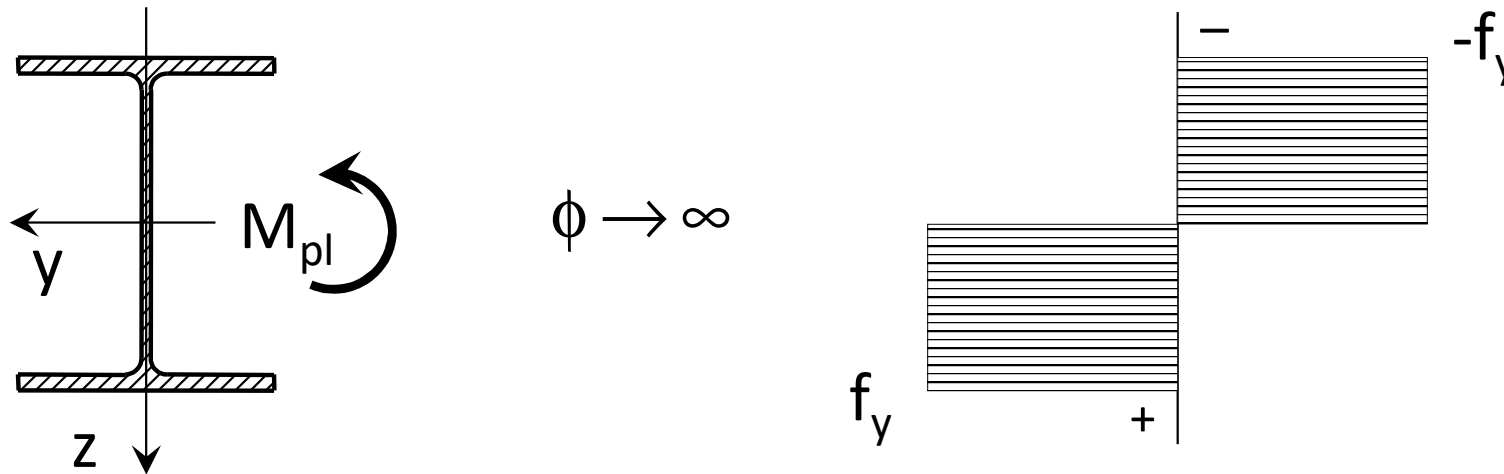
Momento di piena plasticizzazione

$S_{1/2 \text{ sez}}$  momento statico di mezza sezione

$$2 S_{1/2 \text{ sez}} = W_{pl}$$

$$M_{pl} = W_{pl} f_y$$

# Comportamento ultimo



Esempio:

HE 300 B acciaio S235

$$W_{pl} = 1869 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$M_{pl} = \int \sigma z dA = W_{pl} f_y$$

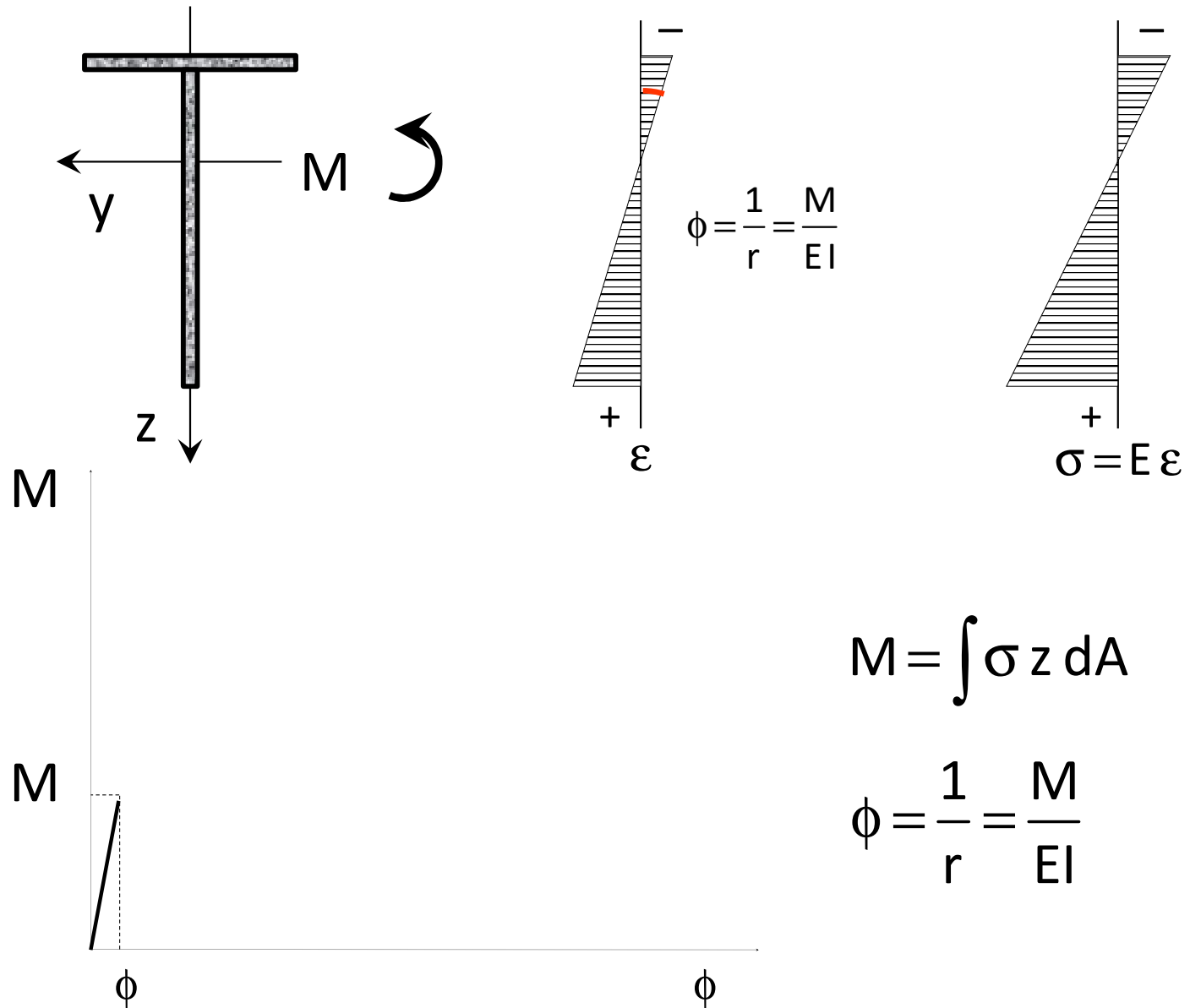
$$M_{pl,Rd} = W_{pl} \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd} = 1879 \times 10^3 \frac{235}{1.05} \times 10^{-6} = 420.5 \text{ kNm}$$

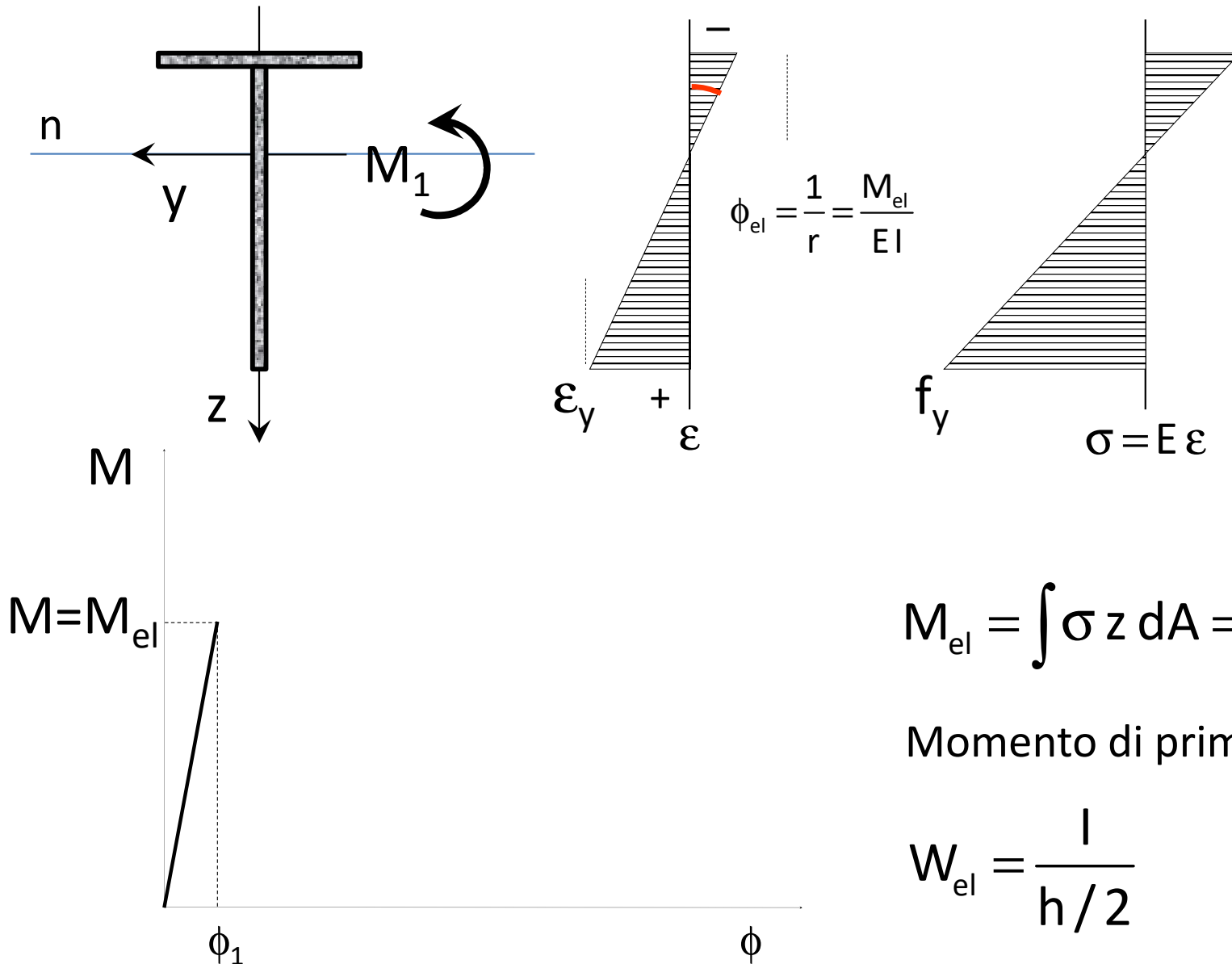
era  $M_{el,Rd} = 375.6 \text{ kNm}$

# Comportamento

al crescere della curvatura – asta non simmetrica



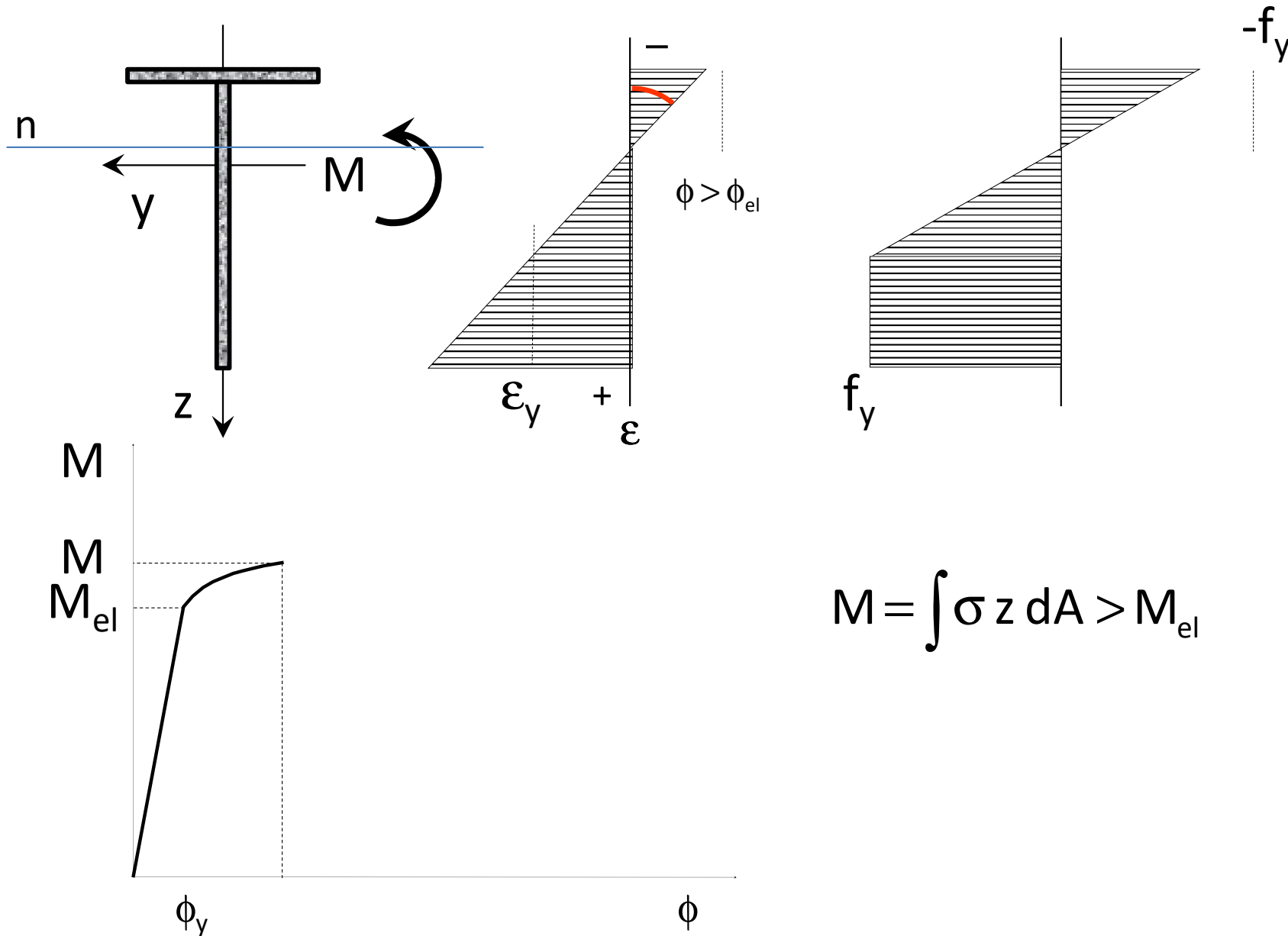
# Comportamento al crescere della curvatura



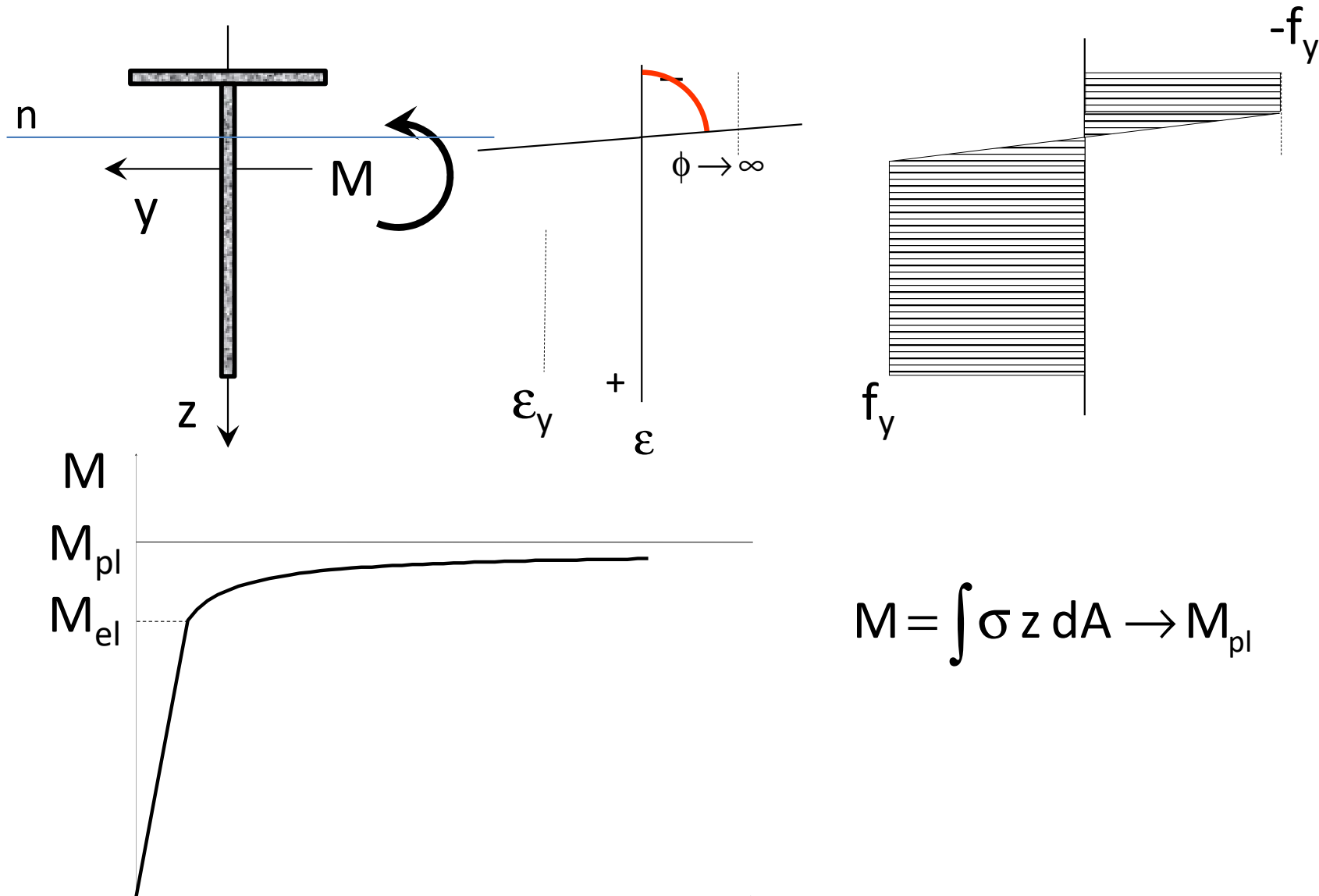
Momento di prima plasticizzazione

$$W_{el} = \frac{I}{h/2} \quad h = \text{altezza sezione}$$

# Comportamento al crescere della curvatura

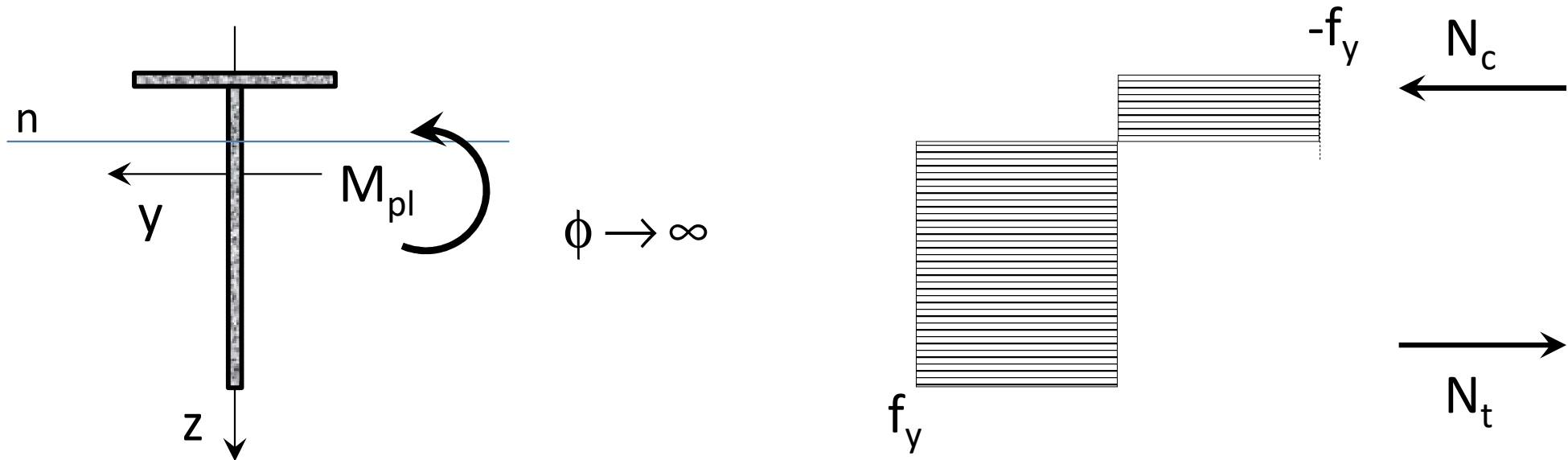


# Comportamento al crescere della curvatura





# Comportamento al crescere della curvatura



Per trovare l'asse neutro:

$$N_c = \int_{\text{compr}} \sigma dA = -f_y A_c$$

$$N_t = \int_{\text{tesa}} \sigma dA = f_y A_t$$

Equilibrio alla traslazione

$$N_c + N_t = 0 \quad \Rightarrow \quad -f_y A_c + f_y A_t = 0$$

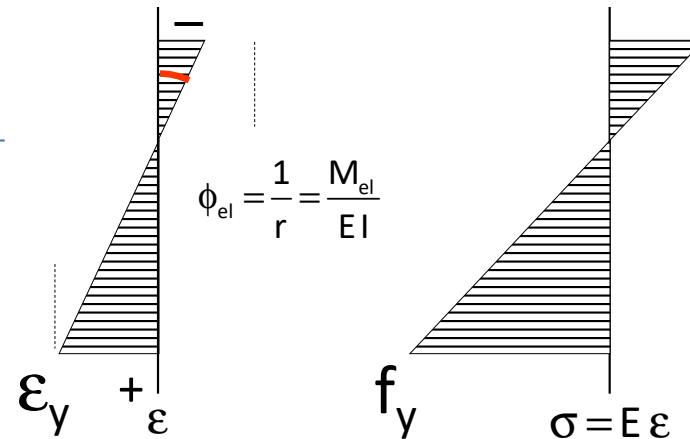
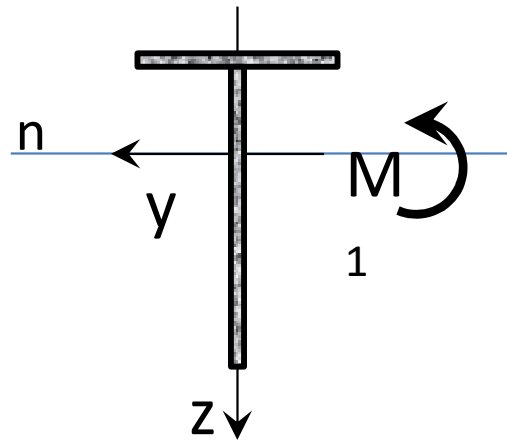
$$A_c = A_t$$

L'asse neutro divide la sezione in  
due parti di area uguale

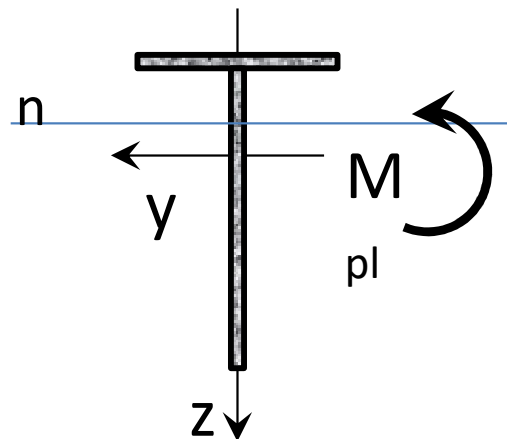
# Comportamento

## sezione completamente plasticizzata

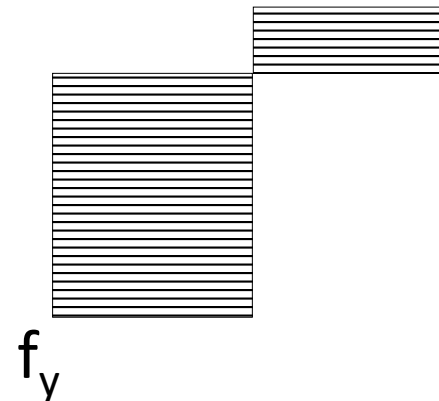
- Si noti la differenza tra modello lineare e modello non lineare



Modello lineare  
L'asse neutro passa  
per il baricentro



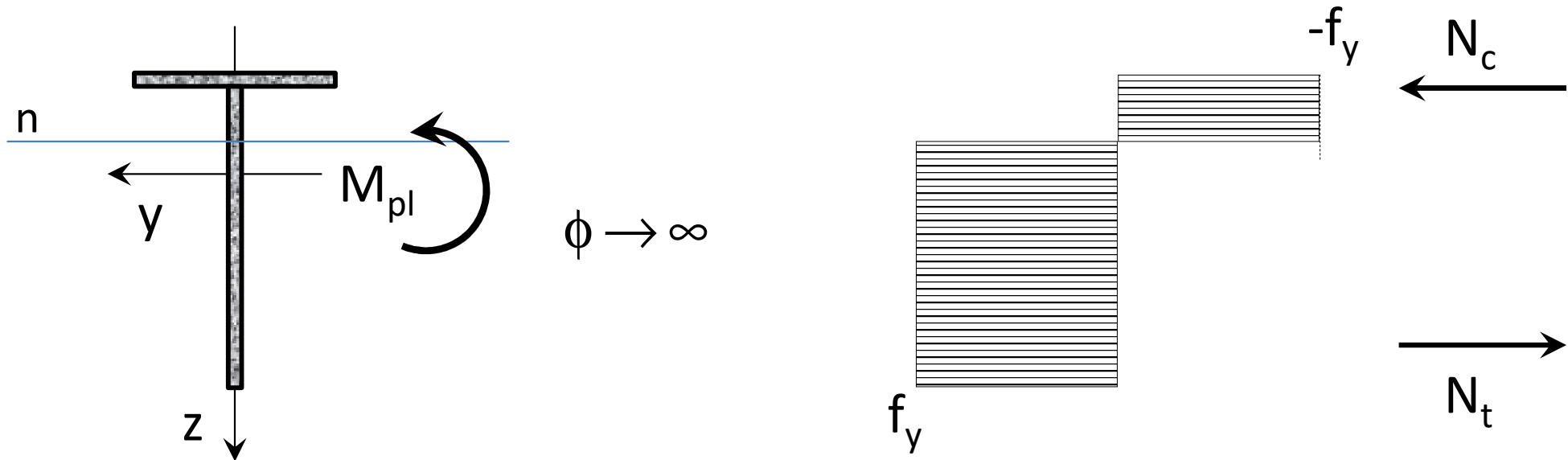
$$\phi \rightarrow \infty$$



Modello non lineare  
L'asse neutro divide  
la sezione in due  
parti di area uguale

# Comportamento

## sezione completamente plasticizzata



Per trovare il valore di  $M_{pl}$ :

$$M_{pl} = \int \sigma z dA = \int_{A_c} -f_y z dA + \int_{A_t} f_y z dA$$

$$\int_{A_c} -f_y z dA = -f_y \int_{A_c} z dA$$

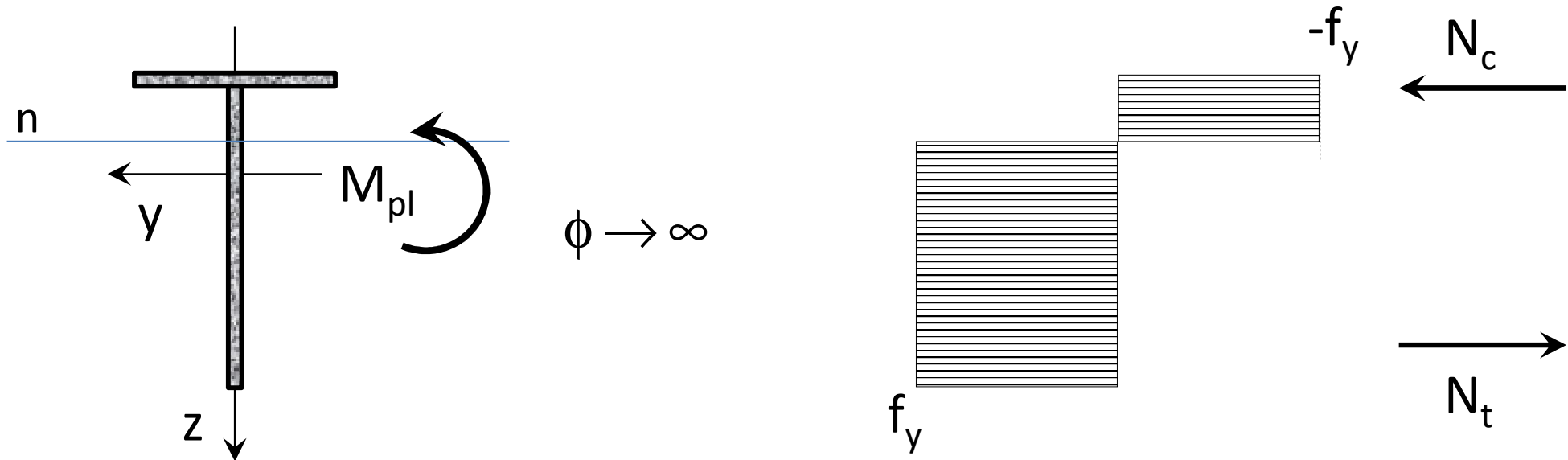
$$\int_{A_t} f_y z dA = f_y \int_{A_t} z dA$$

$$-\int_{A_c} z dA = \int_{A_t} z dA = S_{1/2 \text{ sez}}$$

$$M_{pl} = 2 f_y \int_{A_t} z dA = 2 S_{1/2 \text{ sez}} f_y$$

# Comportamento

## sezione completamente plasticizzata



$$M_{pl} = 2 f_y \int_{A_t} z dA = 2 S_{1/2 \text{ sez}} f_y$$

Momento di piena plasticizzazione

$S_{1/2 \text{ sez}}$  momento statico di mezza sezione

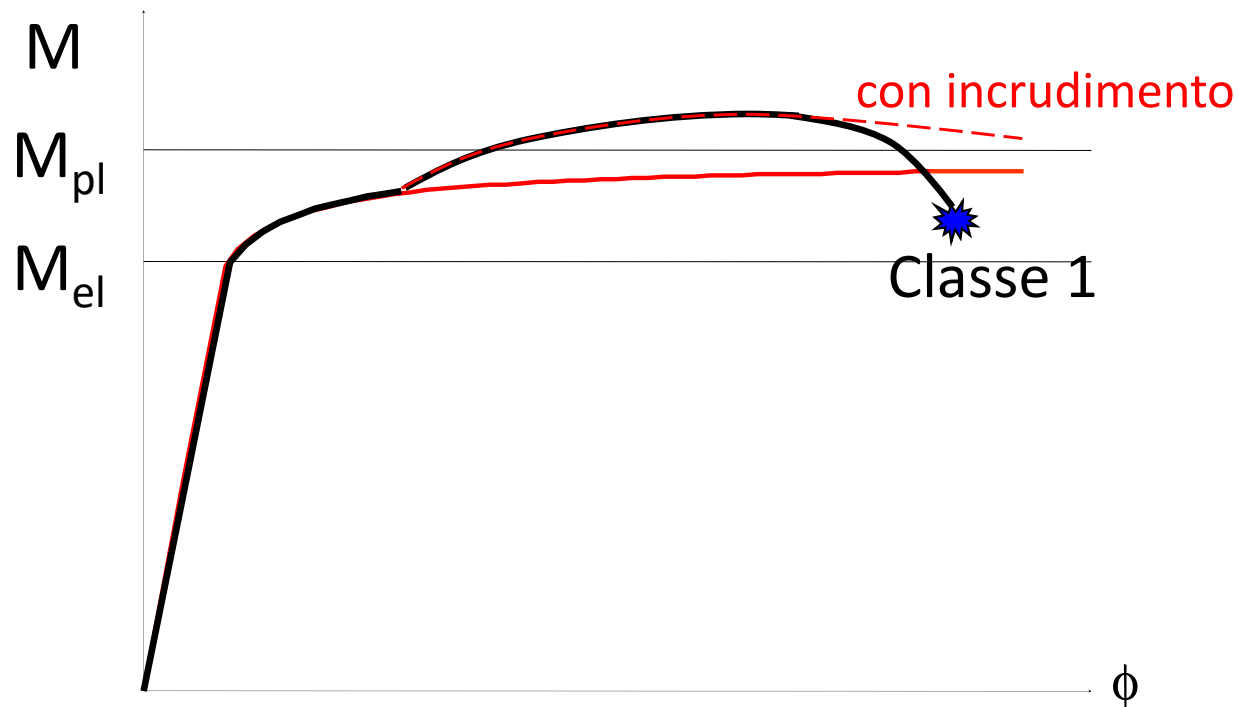
$$2 S_{1/2 \text{ sez}} = W_{pl}$$

$$M_{pl} = W_{pl} f_y$$

# Comportamento di aste reali

Classe 1 – L'instabilità locale avviene molto tardi, dopo forti deformazioni plastiche

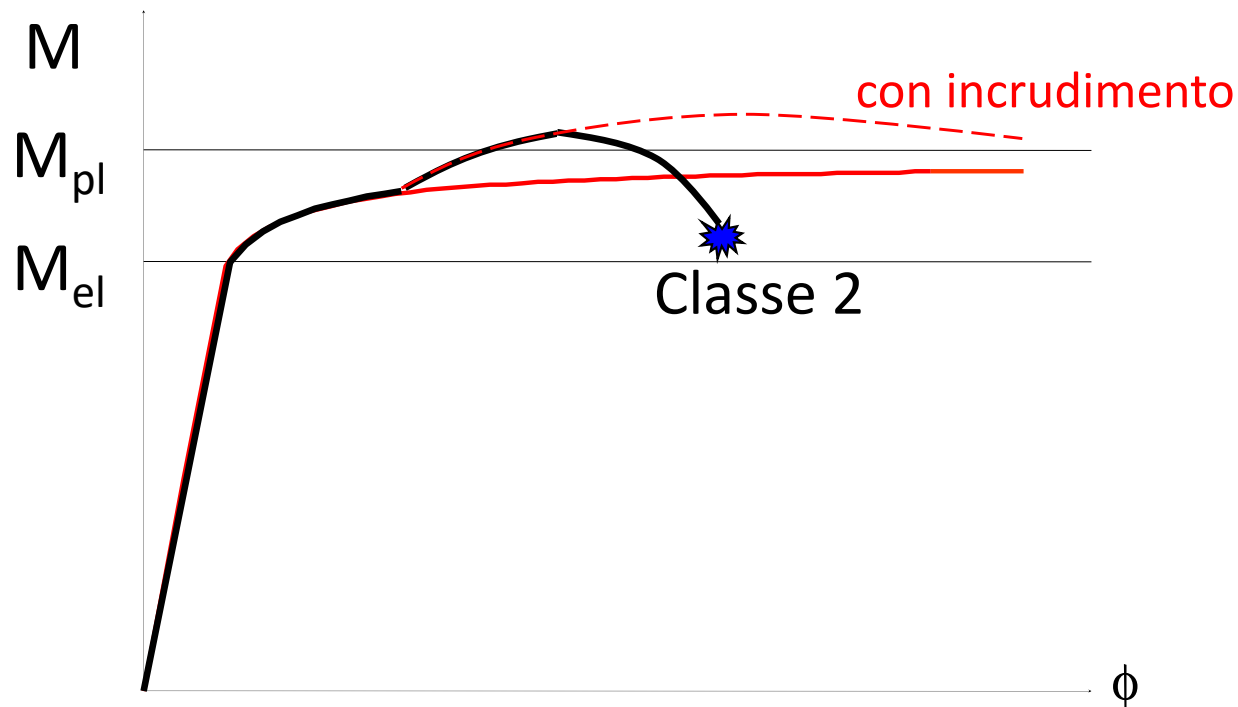
$M$  supera  $M_{pl}$  e la sezione è molto duttile



# Comportamento di aste reali

Classe 1 –  $M$  supera  $M_{pl}$  e la sezione è molto duttile

Classe 2 – L'instabilità locale avviene abbastanza tardi, dopo deformazioni plastiche non particolarmente alte  
 $M$  supera  $M_{pl}$  ma la sezione è meno duttile

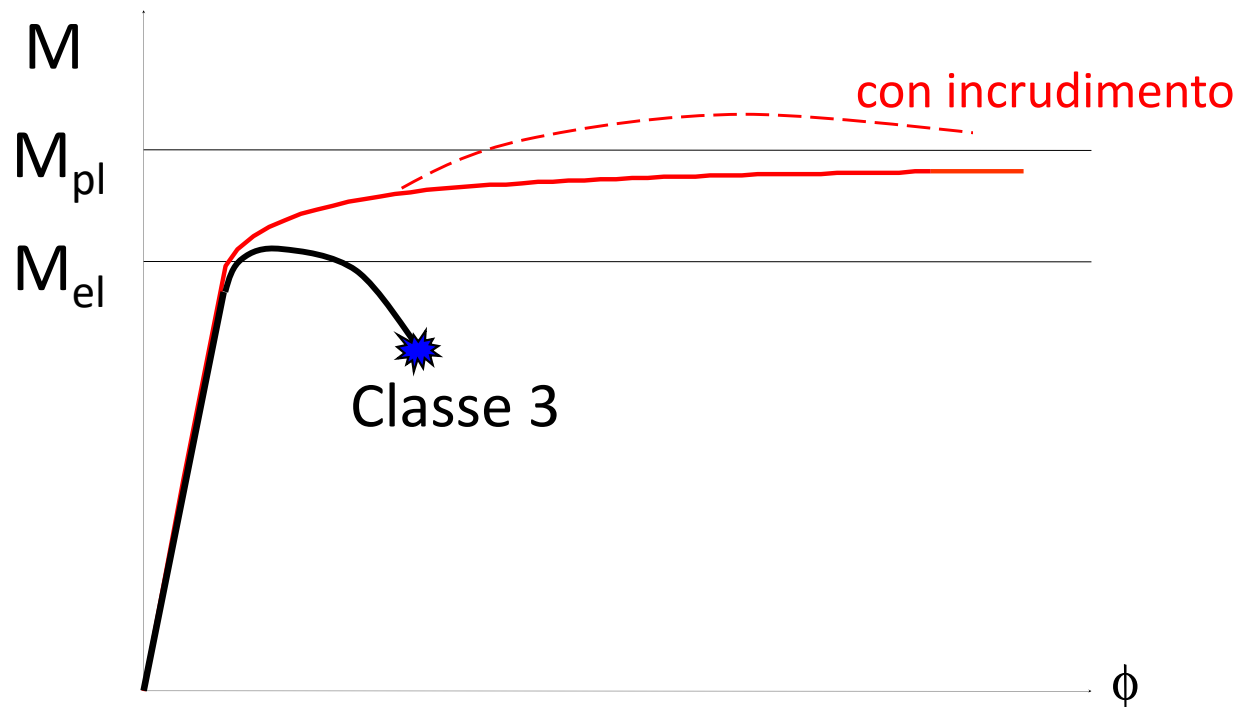


# Comportamento di aste reali

Classe 1 –  $M$  supera  $M_{pl}$  e la sezione è molto duttile

Classe 2 –  $M$  supera  $M_{pl}$  ma la sezione è meno duttile

Classe 3 – La rottura avviene per  $M \approx M_{el}$



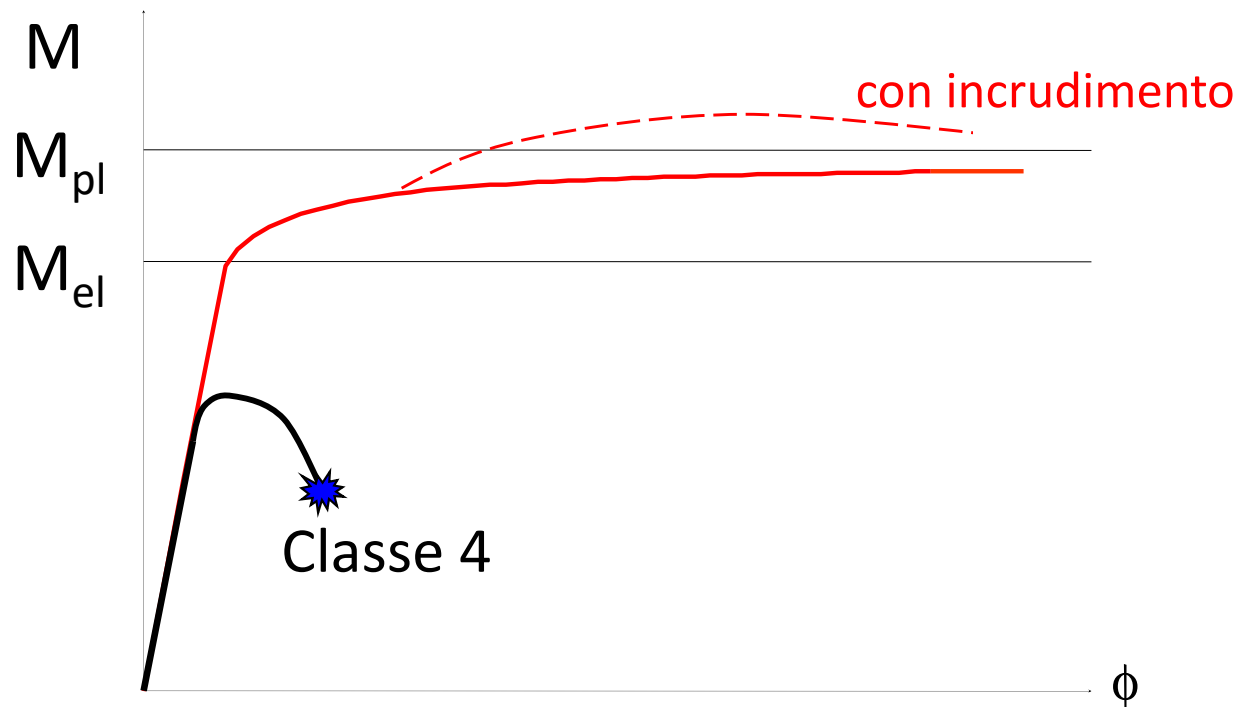
# Comportamento di aste reali

Classe 1 –  $M$  supera  $M_{pl}$  e la sezione è molto duttile

Classe 2 –  $M$  supera  $M_{pl}$  ma la sezione è meno duttile

Classe 3 – La rottura avviene per  $M \approx M_{el}$

Classe 4 – La rottura avviene per  $M < M_{el}$





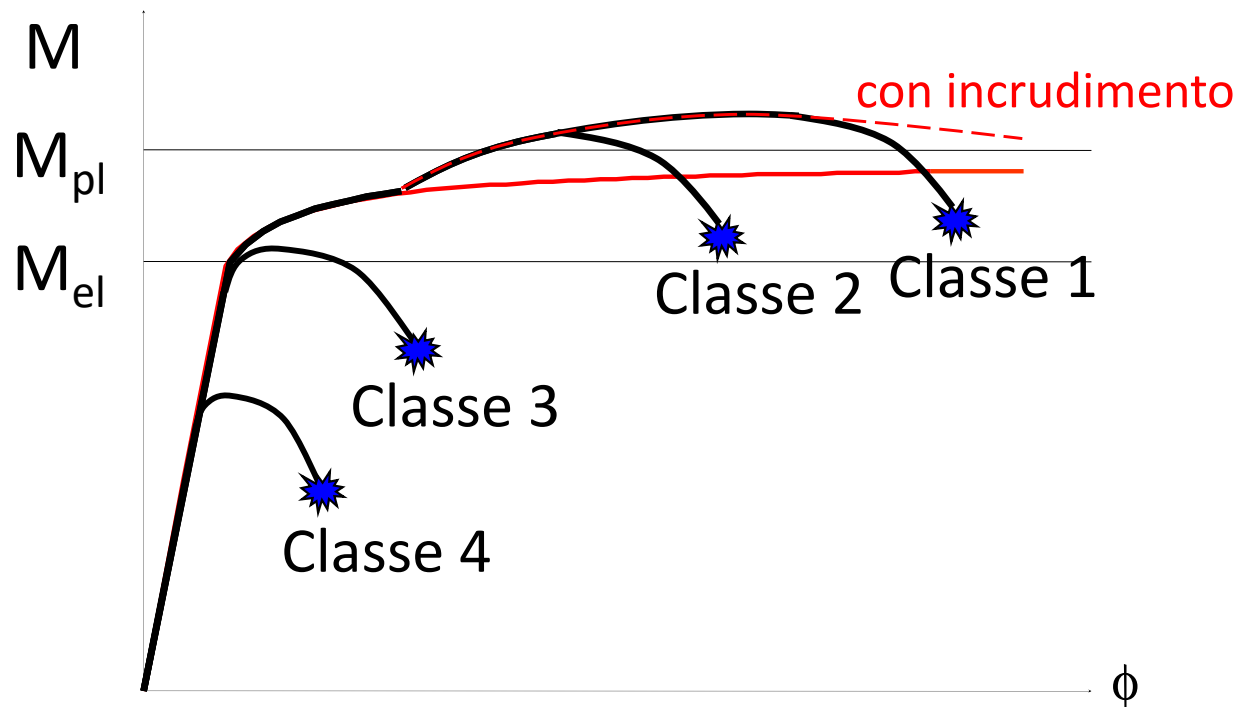
# Comportamento di aste reali

Classe 1 –  $M$  supera  $M_{pl}$  e la sezione è molto duttile

Classe 2 –  $M$  supera  $M_{pl}$  ma la sezione è meno duttile

Classe 3 – La rottura avviene per  $M \approx M_{el}$

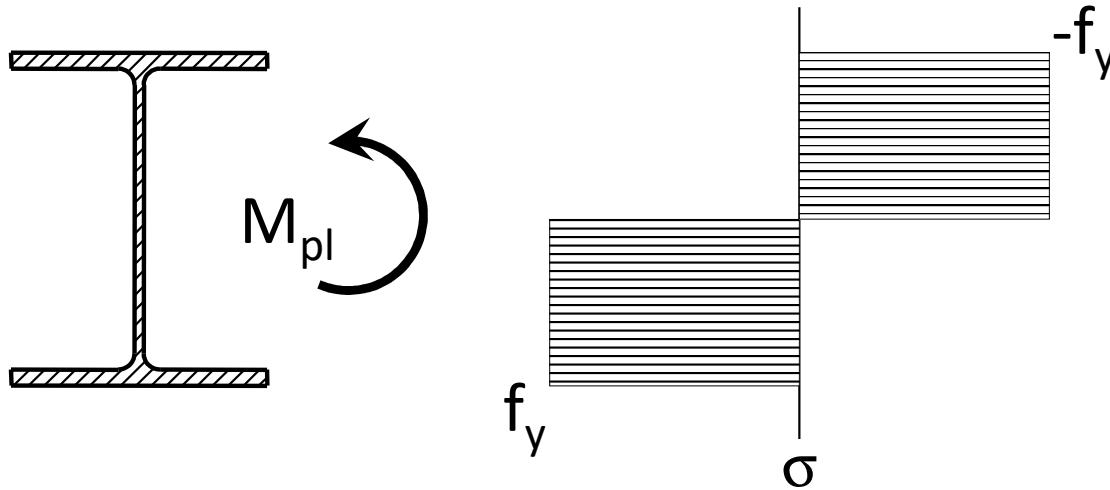
Classe 4 – La rottura avviene per  $M < M_{el}$



# Verifica – stato limite ultimo

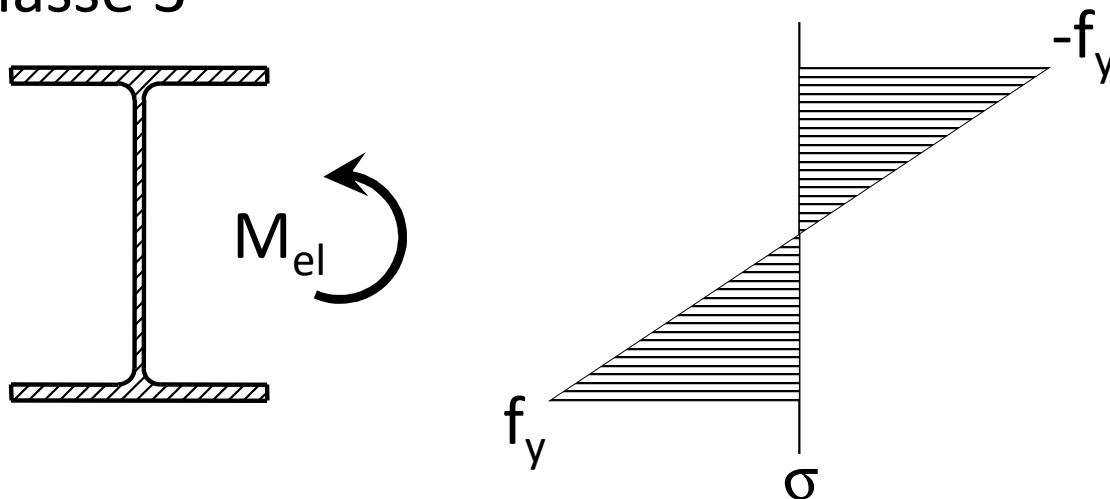
il momento resistente dipende dalla classe del profilo

Classe 1 e 2



$$M_{pl} = W_{pl} f_y$$

Classe 3

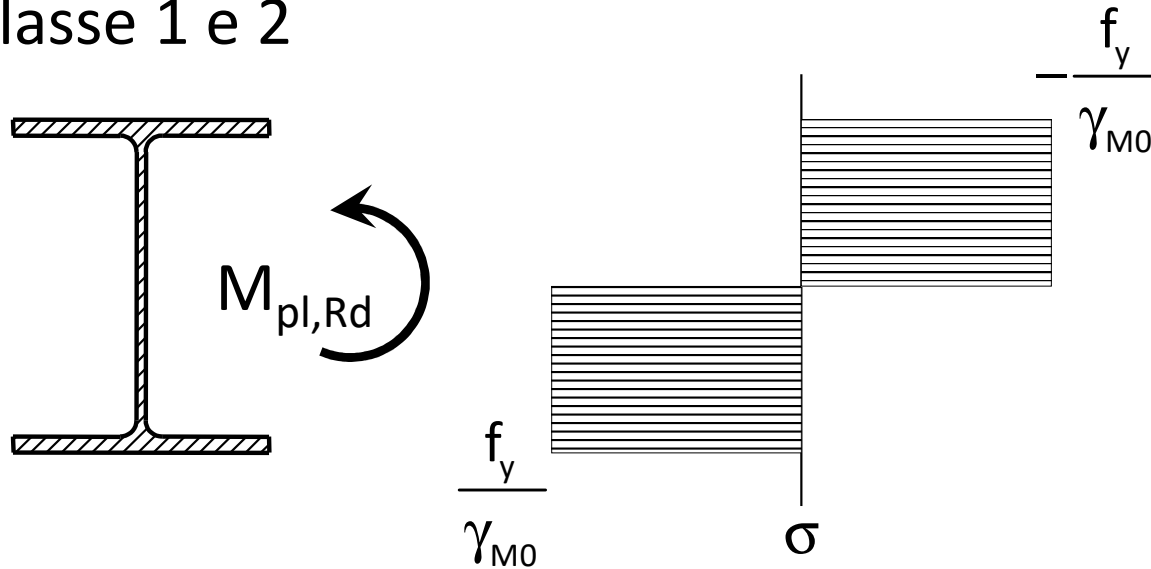


$$M_{el} = W_{el} f_y$$

# Verifica – stato limite ultimo

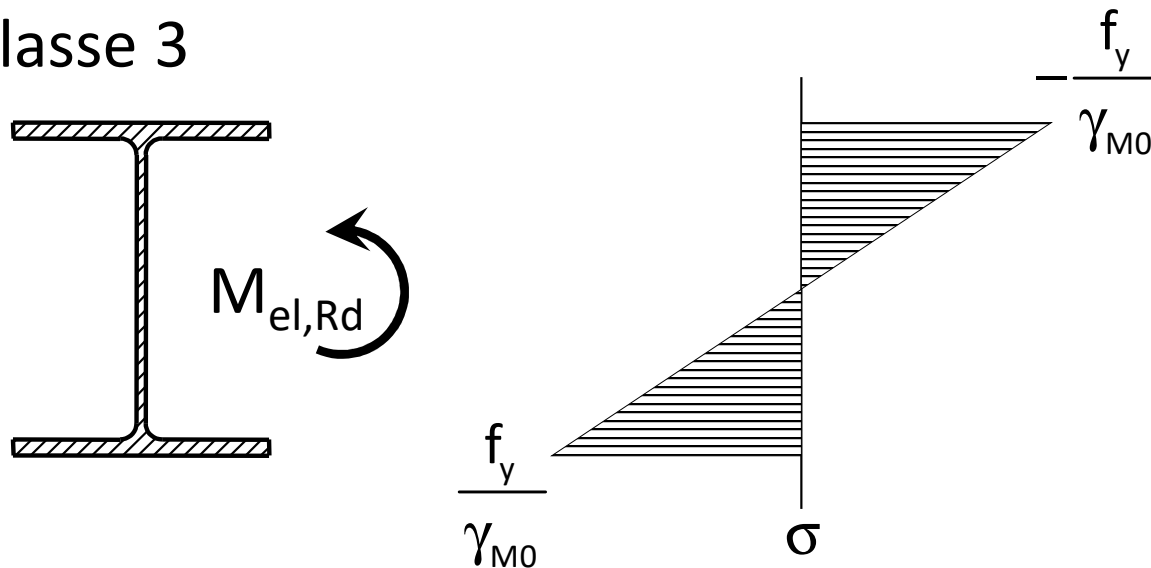
il momento resistente dipende dalla classe del profilo

Classe 1 e 2



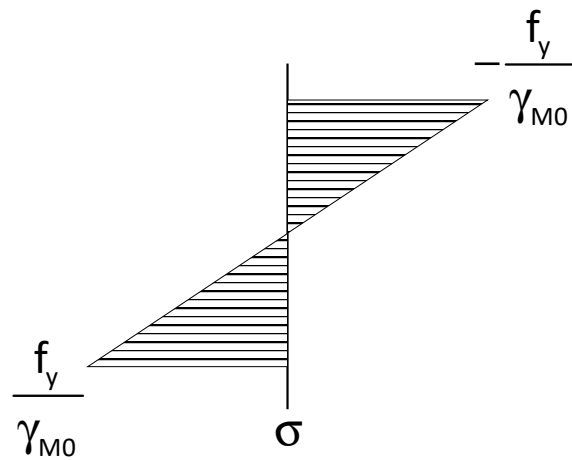
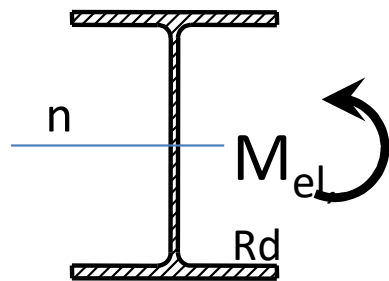
$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}}$$

Classe 3



$$M_{Ed} \leq M_{el,Rd} = \frac{W_{el} f_y}{\gamma_{M0}}$$

Classe 3



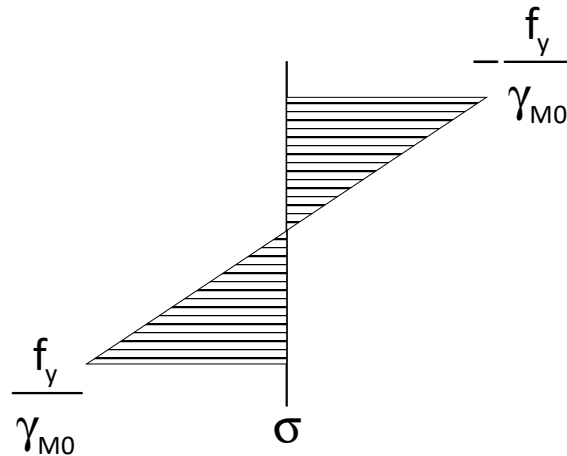
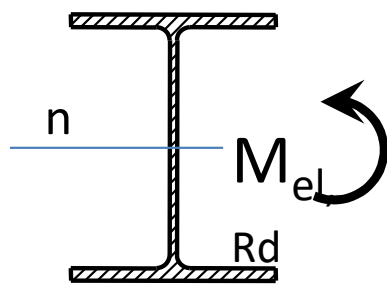
$$M_{Ed} \leq M_{el,Rd} = \frac{W_{el} f_y}{\gamma_{M0}}$$

# Verifica – stato limite ultimo

il momento resistente dipende dalla classe del profilo

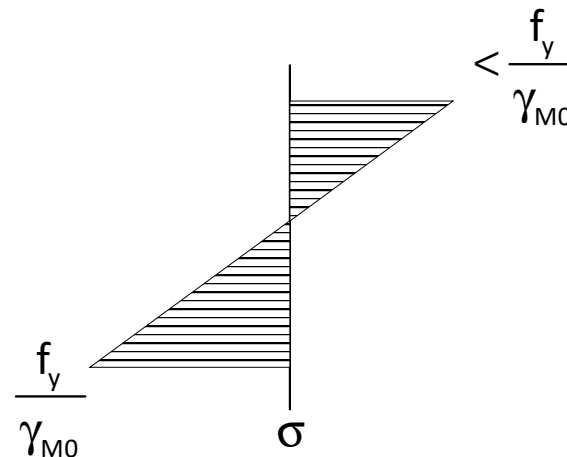
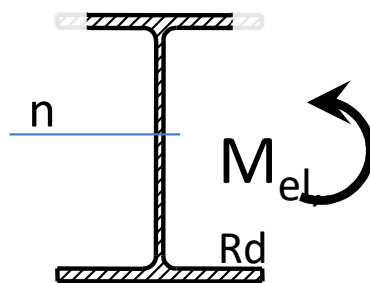
- Per profili in classe 4 occorre determinare la sezione efficace
  - Modello lineare: l'asse neutro è baricentrico (ma il baricentro si è spostato)

Classe 3



$$M_{Ed} \leq M_{el,Rd} = \frac{W_{el} f_y}{\gamma_{M0}}$$

Classe 4

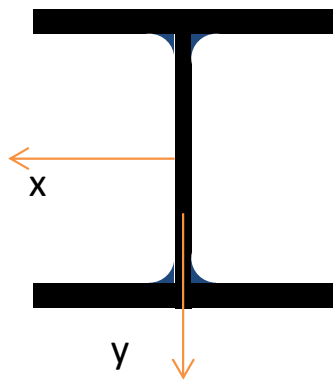


$$M_{Ed} \leq M_{el,Rd} = \frac{W_{el,eff} f_y}{\gamma_{M0}}$$

# Esempio

## profilato HE

Dati:



HE 240 A

$M_{Ed} = 125 \text{ kNm}$

Acciaio

S235



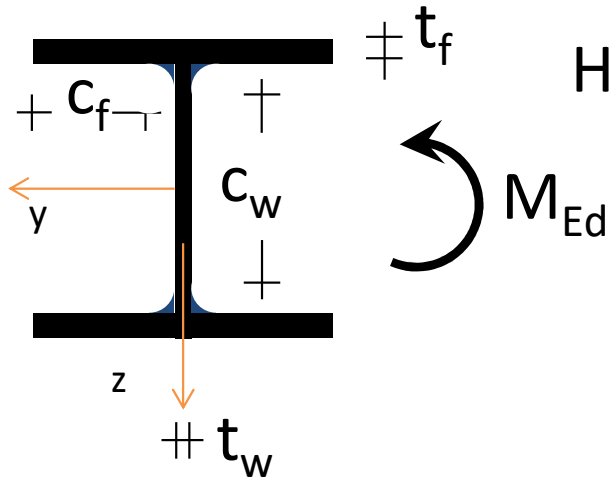
Procedura

- 1 - Si determina la classe del profilato (la peggiore tra quella dell'anima e della flangia).
- 2 - Si calcola il momento resistente  $M_{Rd}$ .
- 3 - Si verifica che  $M_{Ed} < M_{Rd}$ .

# Esempio

## profilato HE

Dati:



HE 240 A

$$M_{Ed} = 125 \text{ kNm}$$

Acciaio

S235

1 - Classe del profilato

$$c_w = 164 \text{ mm}$$

$$t_w = 7.5 \text{ mm}$$

$$c_f = 95.3 \text{ mm}$$

$$t_f = 12 \text{ mm}$$

Anima:

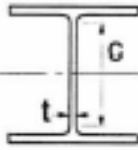
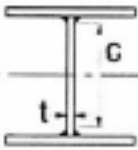
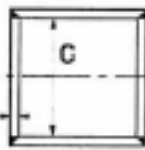
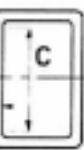
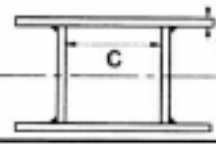
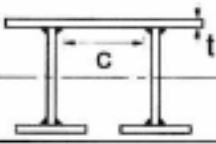
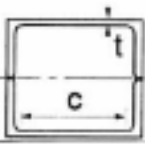
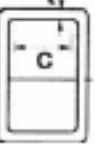
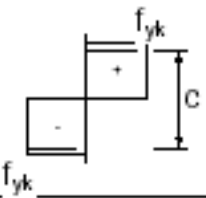
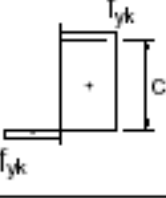
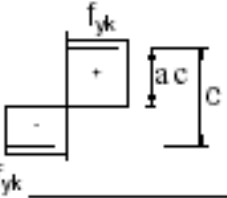
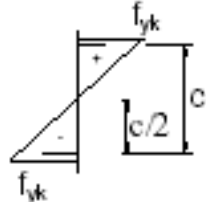
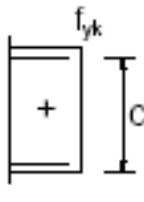
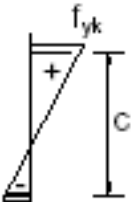
$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{164}{7.5} = 21.9$$

Ala:

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{95.3}{12} = 7.9$$

# Parti interne compresse

$$\frac{c}{t} \leq 72 \varepsilon$$

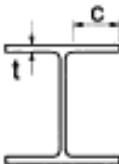

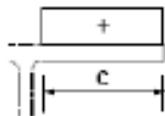
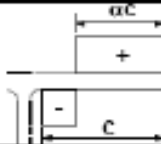
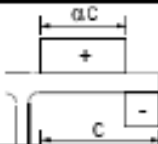
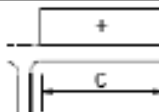
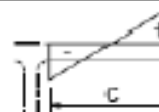
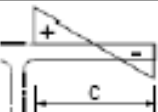
					Inflessione intorno all'asse	
					Inflessione intorno all'asse	
Parti interne compresse						
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione		Parte soggetta a flessione e a compressione		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$		quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$		
2	$c/t \leq 65\varepsilon$	$c/t \leq 38\varepsilon$		quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124\varepsilon$	$c/t \leq 42\varepsilon$		quando $\psi > -1: c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1: c/t \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$		
$\varepsilon = \sqrt{235 / f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

\*)  $\psi \leq -1$  si applica se la tensione di compressione  $\sigma \leq f_{yk}$  o la deformazione a trazione  $\varepsilon_y > f_{yk}/E$



# Parti esterne comprese

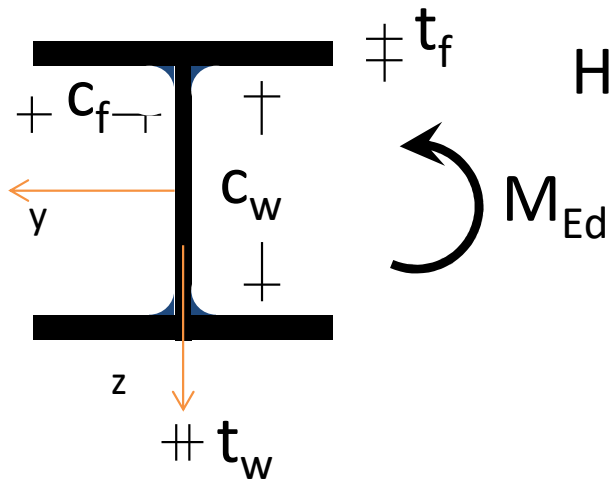
$$\frac{c}{t} \leq 9 \varepsilon$$

Piattabande esterne						
						
Profilati laminati a caldo			Sezioni saldate			
Classe	Piattabande esterne soggette a compressione	Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione				
		Con estremità in compressione		Con estremità in trazione		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
2	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 14\varepsilon$	$c/t \leq 21\varepsilon\sqrt{k_{\sigma}}$ Per $k_{\sigma}$ vedere EN 1993-1-5				
$\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

# Esempio

## profilato HE

Dati:



HE 240 A

$$M_{Ed} = 125 \text{ kNm}$$

Acciaio S235

Il profilato è di classe 1

1 - Classe del profilato

$$c_w = 164 \text{ mm}$$

$$t_w = 7.5 \text{ mm}$$

$$c_f = 95.3 \text{ mm}$$

$$t_f = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Anima: } \frac{c_w}{t_w} = \frac{164}{7.5} = 21.9 \leq 72 \varepsilon = 72$$

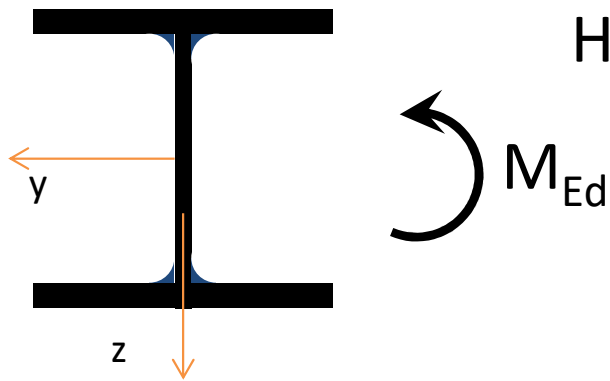
$$(\varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = 1)$$

$$\text{Ala: } \frac{c_f}{t_f} = \frac{95.3}{12} = 7.9 \leq 9 \varepsilon = 9$$

# Esempio

## profilato HE

Dati:



HE 240 A

$M_{Ed} = 125 \text{ kNm}$

Acciaio S235

Il profilato è di classe 1

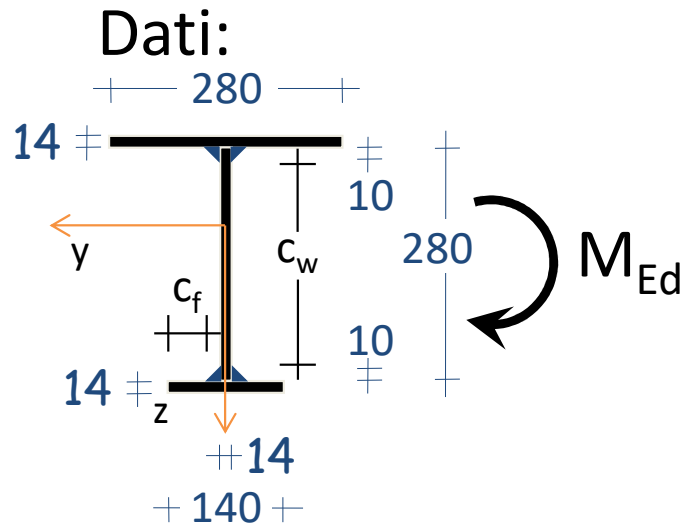
2 e 3 - Momento resistente e verifica

Dal sagomario:  $W_{pl,y} = 744.6 \text{ cm}^3$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{744.6 \times 235}{1.05 \times 10^3} = 166.6 \text{ kNm}$$

Sezione verificata

# Esempio – sezione composta



$$M_{Ed} = -250 \text{ kNm}$$

Acciaio S235

## 1 - Classe della sezione

$$c_w = 260 \text{ mm} \quad t_w = 14 \text{ mm}$$

$$c_f = 53 \text{ mm} \quad t_f = 14 \text{ mm} \quad \text{ala inferiore}$$

Anima:

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{260}{14} = 18.5$$

Ala:

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{53}{14} = 3.8$$

# Parti interne compresse

A favore di  
sicurezza



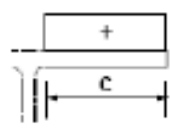
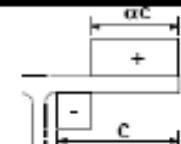
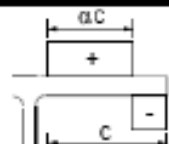
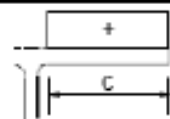
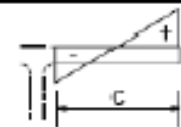
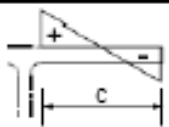
$$\frac{c}{t} \leq 33 \varepsilon$$

				Inflessione intorno all'asse		
				Inflessione intorno all'asse		
Parti interne compresse						
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\varepsilon$	$c/t \leq 38\varepsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{406\varepsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124\varepsilon$	$c/t \leq 42\varepsilon$	quando $\psi > -1: c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1: c/t \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$			
$\varepsilon = \sqrt{235 / f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

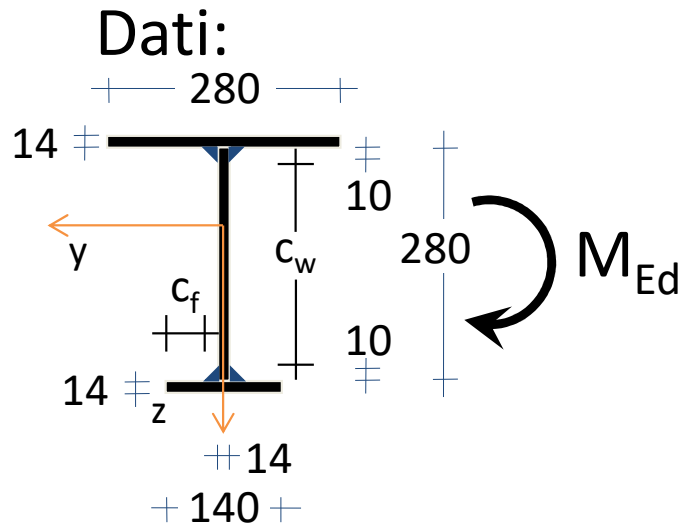
\*)  $\psi \leq -1$  si applica se la tensione di compressione  $\sigma \leq f_{yk}$  o la deformazione a trazione  $\varepsilon_y > f_{yk}/E$

# Parti esterne comprese

$$\frac{c}{t} \leq 9 \varepsilon$$

Piattabande esterne						
						
Profilati laminati a caldo			Sezioni saldate			
Classe	Piattabande esterne soggette a compressione	Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione				
		Con estremità in compressione		Con estremità in trazione		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
2	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 14\varepsilon$	$c/t \leq 21\varepsilon\sqrt{k_\sigma}$ Per $k_\sigma$ vedere EN 1993-1-5				
$\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

# Esempio – sezione composta



$$M_{Ed} = -250 \text{ kNm}$$

Acciaio S235

La sezione è di classe 1

1 - Classe della sezione

$$c_w = 260 \text{ mm} \quad t_w = 14 \text{ mm}$$

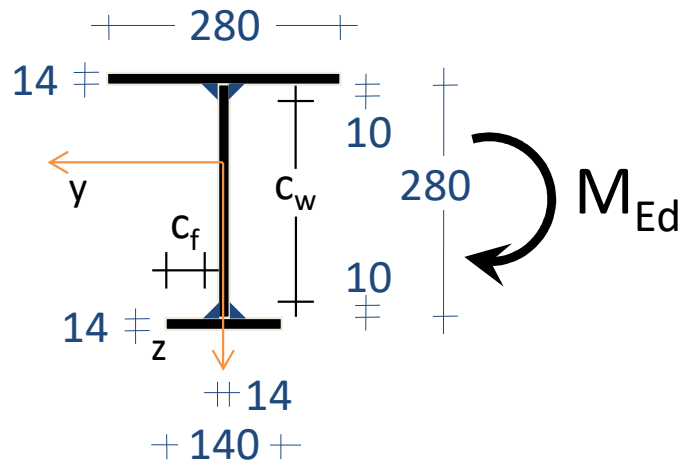
$$c_f = 53 \text{ mm} \quad t_f = 14 \text{ mm}$$

$$\text{Anima: } \frac{c_w}{t_w} = \frac{260}{14} = 18.5 < 33 \varepsilon = 33 \quad (\varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = 1)$$

$$\text{Ala: } \frac{c_f}{t_f} = \frac{53}{14} = 3.8 < 9 \varepsilon = 9$$

# Esempio – sezione composta

Dati:



$$M_{Ed} = -250 \text{ kNm}$$

Acciaio S235

La sezione è di classe 1

## 2 - Momento resistente

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}}$$

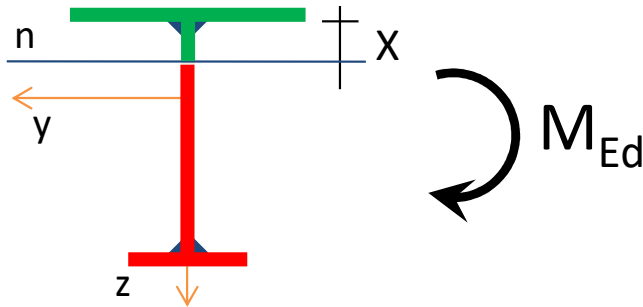
$$W_{pl} = 2 S_{1/2 \text{ sez}} \quad S_{1/2 \text{ sez}} = \text{momento statico di mezza sezione (parte tesa o compressa)}$$

Bisogna trovare l'asse neutro ed il baricentro



# Esempio – sezione composta

Dati:



$$M_{Ed} = -250 \text{ kNm}$$

Acciaio S235

La sezione è di classe 1

## 2.1 - Asse neutro

Divide la sezione in due parti di area uguale

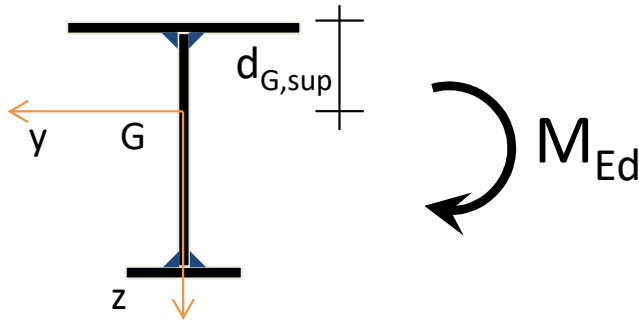
$$A_t = 14 \times 280 + 14 \times X = \frac{A}{2}$$

$$\Rightarrow X = 70 \text{ mm}$$

$$A = 9800 \text{ mm}^2$$

# Esempio – sezione composta

Dati:



$$M_{Ed} = -250 \text{ kNm}$$

Acciaio S235

La sezione è di classe 1

## 2.2 - Baricentro

Calcolo il momento statico della sezione rispetto al bordo superiore:

$$S_{\text{sup}} = 1221080 \text{ mm}^3$$

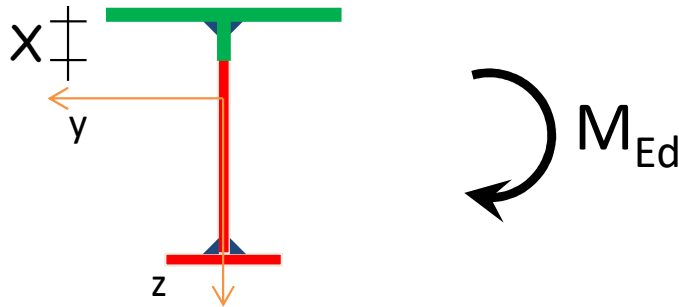


$$d_{G, \text{sup}} = 124.7 \text{ mm}$$

$$S_{\text{sup}} = A d_{G, \text{sup}}$$

# Esempio – sezione composta

Dati:



$$M_{Ed} = -250 \text{ kNm}$$

Acciaio S235

La sezione è di classe 1

## 2.3 - Modulo di resistenza

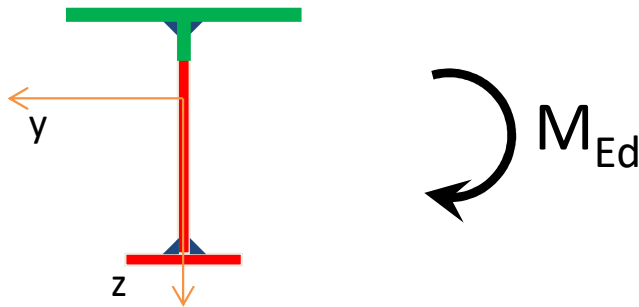
Calcolo il momento statico della parte tesa o della parte compressa rispetto all'asse baricentrico:

$$S_y = 535.1 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl} = 2 S_y = 1070.2 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

# Esempio – sezione composta

Dati:



$$M_{Ed} = -250 \text{ kNm}$$

Acciaio S235

La sezione è di classe 1

## 2.4 - Momento resistente

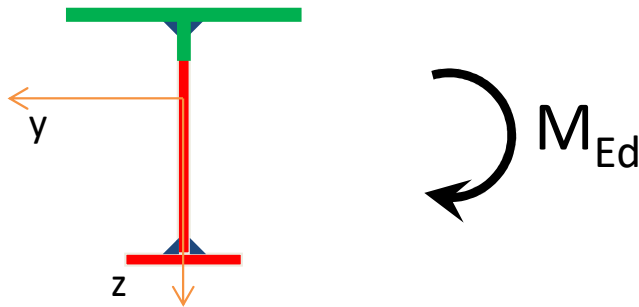
$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1070.2 \times 10^3 \times 235}{1.05} \times 10^{-6} = 239.5 \text{ kNm}$$

$$S_y = 535.1 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl} = 2 S_y = 1070.2 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

# Esempio – sezione composta

Dati:



$$M_{Ed} = -250 \text{ kNm}$$

Acciaio S235

La sezione è di classe 1

3 - Verifica

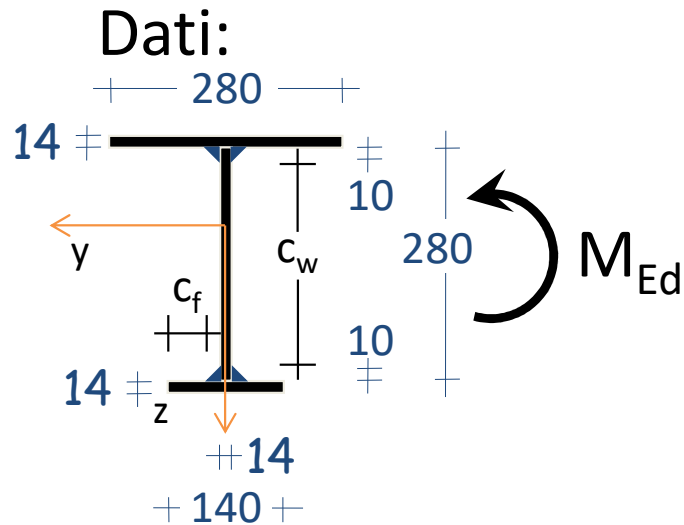
$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1070.2 \times 235}{1.05 \times 10^3} = 239.5 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 250 \text{ kNm} > M_{Rd} = 239.5 \text{ kNm}$$

La sezione non è verificata

# Esempio – sezione composta

se cambiamo il segno del momento flettente



$$M_{Ed} = +250 \text{ kNm}$$

Acciaio S235

## 1 - Classe della sezione

$$c_w = 260 \text{ mm} \quad t_w = 14 \text{ mm}$$

$$c_f = 123 \text{ mm} \quad t_f = 14 \text{ mm} \quad \text{ala superiore}$$

Anima:

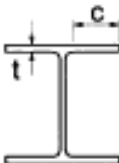
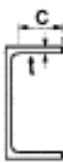
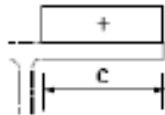
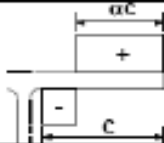
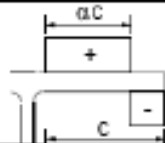
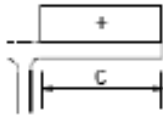
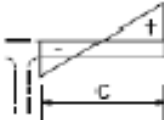
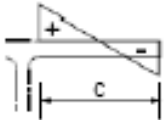
$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{260}{14} = 18.5$$

Ala:

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{123}{14} = 8.8$$

## Parti esterne comprese

$$\frac{c}{t} \leq 9 \varepsilon$$

Piattabande esterne						
						
Profilati laminati a caldo			Sezioni saldate			
Classe	Piattabande esterne soggette a compressione	Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione				
		Con estremità in compressione		Con estremità in trazione		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
2	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 14\varepsilon$	$c/t \leq 21\varepsilon\sqrt{k_\sigma}$ Per $k_\sigma$ vedere EN 1993-1-5				
$\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$\varepsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Poiché l'acciaio è S235 il profilo è ancora di classe 1

– Il momento resistente non cambia

Se l'acciaio fosse migliore cambierebbe classe