

## CARATTERISTICHE DEGLI ACCIAI

# ACCIAI PER IMPIEGHI STRUTTURALI: CARATTERISTICHE, NORMALIZZAZIONE, CORROSIONE

Scheda N°:  
**5**

### **1** Caratteristiche meccaniche – Tipi e qualità – Trattamenti

La norma definisce le caratteristiche meccaniche, i tipi, le qualità e i trattamenti degli acciai comunemente impiegati per le strutture in acciaio degli edifici:

- UNI EN 10025, *Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali*;

La normalizzazione ha fatto molti progressi da qualche anno a questa parte per effetto dell'armonizzazione europea.

La designazione dei tipi e delle qualità degli acciai è codificata e definita dalla seguente norma:

- EN 10027-1, "Sistema di designazione degli acciai, Parte 1, Designazione simbolica, Simboli principali"

Nell'ambito di applicazione della direttiva europea relativa ai "prodotti della costruzione" e del conferimento del marchio CE, le norme "acciai" summenzionate stanno per essere riunite in una sola norma, suddivisa in più parti corrispondenti alle norme attuali.

#### **Limite di elasticità**

La prova di trazione, codificata dalla norma UNI EN 10002-1:2004, fornisce le istruzioni necessarie al controllo delle caratteristiche meccaniche degli acciai.

Va osservato che le vecchie norme facevano riferimento al limite convenzionale di elasticità dello 0,2%  $R_{p0,2}$  mentre le nuove norme si richiamano al limite superiore di snervamento  $R_{eH}$ .

Le curve registrate nel corso della prova di trazione hanno gli andamenti rappresentati nelle figure 1a e 1b.

La curva 1a è quella di un acciaio duttile (deformazione plastica importante), del tipo acciai per impieghi strutturali non legati. La curva 1b è quella di un acciaio fragile, con un limite di elasticità importante ma senza supporto plastico (bulloni ad alta resistenza o acciaio comune in condizioni di rottura fragile, per esempio).

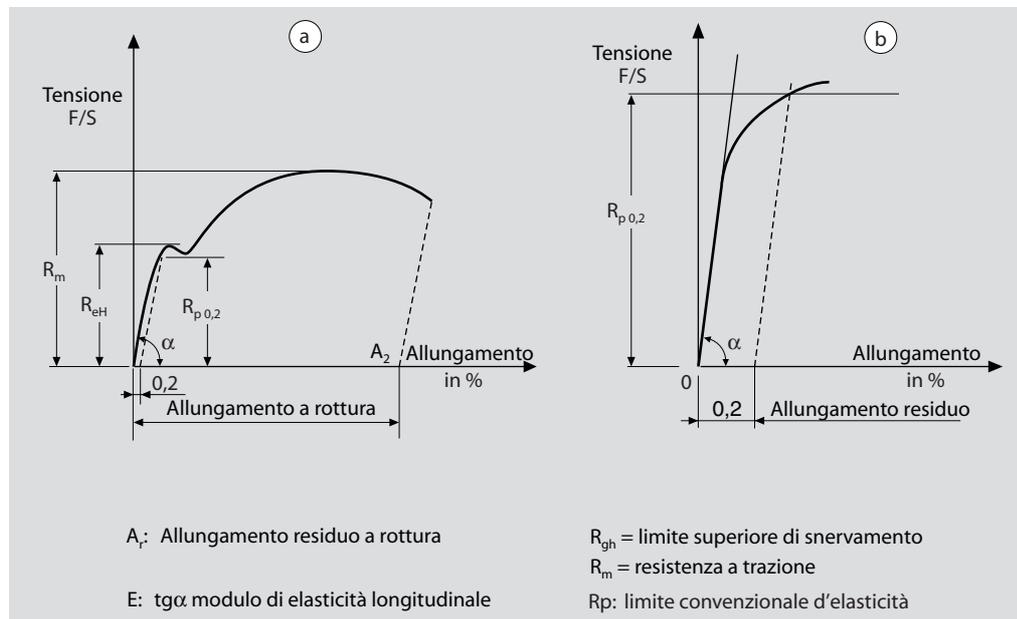


Figura 1

Andamenti generali delle curve registrate durante le prove di trazione.

### Durezza Brinell

È definita dal rapporto tra lo sforzo esercitato sul metallo da una sfera di acciaio o carburo e la superficie dell'impronta.

La norma UNI EN ISO 6506-1:2001 definisce le modalità delle prove (Fig. 2) e il principio di calcolo della durezza.

Calcolo della durezza Brinell	
Simbolo	Designazione
D	Diametro della sfera (in millimetri)
F	Carico di prova (in newton)
d	Diametro medio dell'impronta (in millimetri) $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$
h	Profondità dell'impronta (in millimetri) $h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$
HBS o HBW	Durezza Brinell $HBS \text{ (o HBV)} = \text{costante} \times \frac{\text{carico di prova}}{\text{superficie dell'impronta}}$ $= 0,102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$

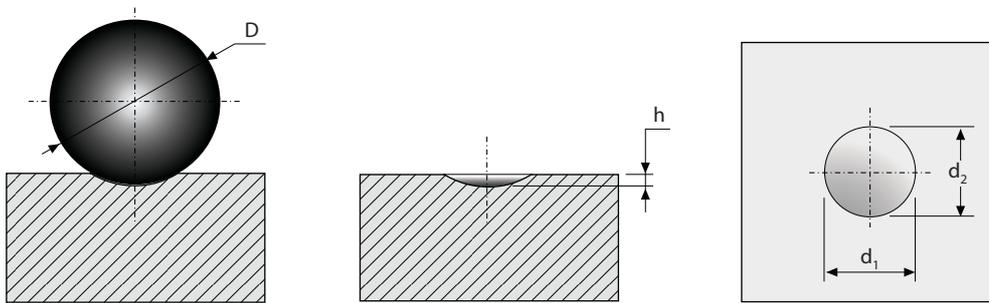


Figura 2

**Modalità delle prove di durezza.**

### Rischio di rottura fragile

La rottura fragile può verificarsi quando la deformazione plastica dell'acciaio viene impedita (bloccaggio dell'elemento o di un collegamento, per esempio).

#### Cause della rottura fragile

Possono essere di varia natura:

- impiego dell'acciaio a bassa temperatura;
- velocità di carico (effetto dinamico);
- effetti d'intagli meccanici (angoli vivi, filettatura, scanalature, saldature ecc.);
- elementi spessi;
- effetti d'intagli metallurgici (ingrossamento del grano, inclusioni, incrudimento ecc.);
- stato di tensione triassiale.

#### Prove di rottura fragile – Resilienza – Temperatura di transizione

- Le prove di rottura fragile sono prove di impatto su provini intagliati a forma di U o V. La norma UNI EN 10045-1, *Prova di resilienza su provetta Charpy*, definisce le modalità di queste prove.
- La resilienza (in daJ/cm<sup>2</sup>) è l'energia, ricondotta all'unità di superficie, impiegata per rompere la provetta intagliata.
- La temperatura di transizione  $T_t$  è definita nella figura 3: è la temperatura per la quale la resistenza è uguale al limite di elasticità. Al di sotto di questa temperatura, la provetta si rompe per effetto di una tensione chiamata "tensione di rottura fragile".

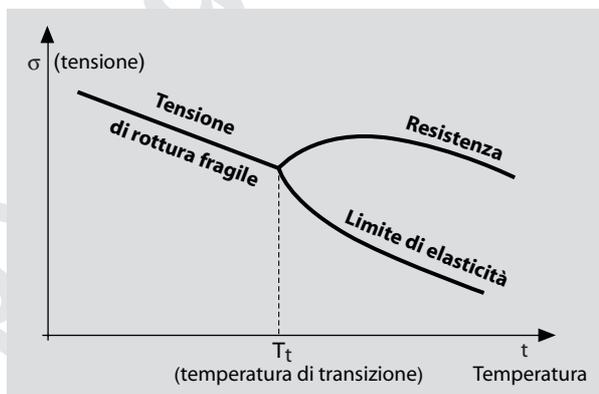


Figura 3

**Definizione della temperatura di transizione.**

*Incrudimento*

Qualunque lavoro di formatura a freddo dell'acciaio comporta il verificarsi del fenomeno d'incrudimento, che ha l'effetto di:

- aumentare la resistenza e il limite di elasticità, soprattutto nella direzione della deformazione;
- diminuire l'allungamento e la resistenza alla rottura fragile.

In queste zone di formatura, le saldature devono essere evitate.

**Resistenza a fatica**

Sotto l'effetto di azioni ripetute, un elemento in acciaio può collassare per fatica, il che corrisponde alla propagazione delle microcricche esistenti nella struttura del metallo.

La resistenza a fatica (durata di vita) è calcolata in funzione:

- del numero di cicli di carico;
- dell'ampiezza di variazione delle tensioni;
- della categoria di dettaglio cui si rapporta l'elemento strutturale particolare studiato (tale categoria prende in considerazione la concentrazione di tensione locale, la direzione della tensione, gli effetti metallurgici, le tensioni residue ecc.).

**Qualità dell'acciaio**

La tabella che segue indica i tipi di qualità dell'acciaio per le strutture saldate.

Qualità di acciaio utilizzate per le strutture saldate		
Qualità dell'acciaio	Impieghi	Sollecitazioni
JR	Strutture comuni Spessori medi	Normali
J0	Resistenza all'intaglio Resistenza alla rottura fragile	Importanti
J2 e K2	Grande resistenza all'intaglio Grande resistenza alla rottura fragile	Importanti

Il simbolo J corrisponde a 27 joule e K a 40 joule.  
Il simbolo R corrisponde a 20 °C; 0 a 0 °C e 2 a -20 °C.

Energia di rottura per diverse qualità di acciaio (spessore ≤ 150 mm)		
Qualità dell'acciaio	Energia di rottura (in joule)	Temperatura dell'acciaio (in °C)
JR	27	20
J0	27	0
J2	27	-20
K2	40	-20

Il simbolo J corrisponde a 27 joule e K a 40 joule.  
Il simbolo R corrisponde a 20 °C; 0 a 0 °C e 2 a -20 °C.

## Trattamento

L'acciaio è elaborato per decarburazione ("affinazione") della ghisa e, in una fase molto importante della sua elaborazione, deve essere privato dell'ossigeno che contiene in eccesso.

Secondo il grado di disossidazione applicato, si ottengono acciai moderatamente disossidati (detti effervescenti) o più ampiamente disossidati (detti non effervescenti e calmati).

La norma UNI EN 10025 definisce, per ogni tipo e qualità di acciaio, la modalità di disossidazione imposta con i seguenti simboli:

- G4, modalità facoltativa a scelta del produttore;
- G1 (o FU), acciaio effervescente;
- G2 (o FN), acciaio effervescente non ammesso;
- FF, acciaio totalmente calmato;
- G3, stato normalizzato.

### Nota

Nella modalità FN, si tratta di acciai non effervescenti.

L'invecchiamento dell'acciaio è direttamente legato alla modalità di disossidazione.

Gli acciai di qualità JR, JO, J2G3, J2G4, K2G3, K2G4 sono idonei alla saldatura. La saldabilità aumenta da JR a K2.

Per l'acciaio S235JR, è preferibile utilizzare gli acciai non effervescenti o calmati.

La tabella seguente precisa i trattamenti impiegati sull'acciaio.

Trattamento degli acciai		
Tipo di trattamento	Modalità operativa	Conseguenze del trattamento
Normalizzazione	Riscaldamento a 900 °C, poi raffreddamento con aria ferma	Affinazione del grano
Incrudimento	Deformazione a freddo	Aumento di $R_{eH}$ e $R_m$ Diminuzione della durezza HBS e della duttilità
Ritiro	Deformazione a caldo (per passate successive)	Eliminazione dell'incrudimento Correzione delle deformazioni
Ricottura	Riscaldamento a 1.000 °C, poi raffreddamento lento	Omogeneizzazione degli elementi
Rinvenimento	Riscaldamento moderato, poi raffreddamento lento	Eliminazione delle tensioni interne
Invecchiamento	Variazione delle proprietà a temperatura ambiente	Aumento di $R_{eH}$ e $R_m$ Diminuzione della durezza HBS e della duttilità
Tempra	Riscaldamento a 900 °C, poi raffreddamento veloce	Aumento della durezza HBS

## 2 Vari tipi di acciaio

### Caratteristiche comuni a tutti gli acciai

Gli acciai di uso comune nelle strutture in acciaio presentano le seguenti caratteristiche:

- massa volumica, 7,8 kg/dm<sup>3</sup>;
- coefficiente di dilatazione lineare, da  $0,11 \cdot 10^{-4}$  a  $0,135 \cdot 10^{-4}$  (questo coefficiente può essere più elevato per un acciaio inox austenitico);

- modulo di elasticità longitudinale, 206 010 N/mm<sup>2</sup> (questo valore può essere meno elevato per un acciaio inox);
- modulo di elasticità trasversale, 79 500 N/mm<sup>2</sup>;
- coefficiente di Poisson, 0,30.

**Acciai per impieghi strutturali non legati**

Sono denominati anche “acciai da costruzione di uso generale”  
Sono definiti dalla norma UNI EN 10025.

La tabella che segue, estratta dalla norma, riassume le caratteristiche meccaniche di questi acciai.

Caratteristiche meccaniche per prodotti piani (lamiere) e prodotti lunghi (laminati)															
Designazione		Tipo di disossidazione	Sottogruppo <sup>(1)</sup>	Limite di elasticità minima R <sub>eH</sub> <sup>(2)</sup> (in N/mm <sup>2</sup> )								Resistenza a trazione R <sub>m</sub> <sup>(2)</sup> (in N/mm <sup>2</sup> )			
Secondo EN 100027-1 e CR 10260	Secondo EN 100027-2			Spessore nominale (in mm)								Spessore nominale (in mm)			
				≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 200	> 200 ≤ 250	< 3	≥ 3 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250
S185 <sup>(3)</sup>	1,0035	A scelta	BS	185	175	—	—	—	—	—	—	310-540	290-510	—	—
S235JR <sup>(3)</sup>	1,0037	A scelta	BS	235	225	—	—	—	—	—	—	360-510	340-470	—	—
S235JRG1 <sup>(3)</sup>	1,0036	FU	BS	235	225	—	—	—	—	—	—	360-510	340-470	—	—
S235JRG2	1,0038	FN	BS	235	225	215	215	215	195	185	175	360-510	340-470	340-470	320-470
S235J0	1,0114	FN	QS	235	225	215	215	215	195	185	175	360-510	340-470	340-470	320-470
S235J2G3	1,0116	FF	QS	235	225	215	215	215	195	185	175	360-510	340-470	340-470	320-470
S235J2G4	1,0117	FF	QS	235	225	215	215	215	195	185	175	360-510	340-470	340-470	320-470
S275JR	1,0044	FN	BS	275	265	255	245	235	225	215	205	430-580	410-560	400-540	380-540
S275J0	1,0143	FN	QS												
S275J2G3	1,0144	FF	QS												
S275J2G4	1,0145	FF	QS												
S355JR	1,0045	FN	BS	355	345	335	325	315	295	285	275	510-680	490-630	470-630	450-630
S355J0	1,0553	FN	QS												
S355J2G3	1,0570	FF	QS												
S355J2G4	1,0577	FF	QS												
S355K2G3	1,0595	FF	QS												
S355K2G4	1,0596	FF	QS												
E295 <sup>(4)</sup>	1,0050	FN	BS	295	285	175	265	255	245	235	225	490-660	470-610	450-610	440-610
E335 <sup>(4)</sup>	1,0060	FN	BS	335	325	315	305	295	275	265	255	590-770	570-710	550-710	640-710
E360 <sup>(4)</sup>	1,0070	FN	BS	360	355	345	335	325	305	295	285	690-900	670-830	650-830	640-830

(1) BS: acciai di base; QS: acciai di qualità.  
 (2) I valori indicati in tabella si applicano unicamente a provini longitudinali per la prova di trazione. Per le lamiere, i nastri e i piatti larghi, di larghezza ≥ 600 mm, si utilizzano provette trasversali.  
 (3) Disponibile solo con spessori nominali ≤ a 25 mm.  
 (4) Questi acciai non sono impiegati, di solito, per profilati a U, profili a L.

### Acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica

Sono definiti dalla norma EN 10155. La tabella che segue, estratta dalla norma, riassume le caratteristiche meccaniche di questi acciai.

Caratteristiche meccaniche degli acciai con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica															
Designazione		Limite di elasticità minima $R_{eH}^{(1)}$ (in N/mm <sup>2</sup> )					Resistenza a trazione $R_m^{(1)}$ (in N/mm <sup>2</sup> )		Orientamento del provino <sup>(1)</sup>	Allungamento minimo a rottura <sup>(1)</sup> (in %)					
Secondo EN 100027-1 e CR 10260	Secondo EN 100027-2	Spessore nominale (in mm)					Spessore nominale (in mm)			$L_0 = 80$ mm Spessore nominale (in mm)			$L_0 = 5,65\sqrt{S_0}$ Spessore nominale (in mm)		
		$\leq 16$	$> 16 \leq 40$	$> 40 \leq 63$	$> 63 \leq 80$	$> 80 \leq 100$	$< 3$	$\geq 3 \leq 100$	$> 1,5 \leq 2$	$> 2 \leq 2,5$	$> 2,5 \leq 3$	$> 3 \leq 40$	$> 40 \leq 63$	$> 63 \leq 100$	
S235J0W	1,8958	235	225	215	215	215	360-510	340-470	l	19	20	21	26	25	24
S235J2W	1,8961								t	17	18	19	24	23	22
S355J0WP	1,8945	355	345 <sup>(2)</sup>	—	—	—	510-680	490-630	l	16	17	18	22	—	—
S355J2WP	1,8946								t	14	15	16	20	—	—
S355J0W	1,8959	355	345	335	325	315	510-680	490-530							
S355J2G1W	1,8963								l	16	17	18	22	21	20
S355J2G2W	1,8965														
S355K2G1W	1,8966								t	14	15	16	20	19	18
S355K2G2W	1,8967														

<sup>(1)</sup> I valori indicati in tabella si applicano unicamente a provini longitudinali l per la prova di trazione. Per le lamiere, i nastri e i piatti larghi, di larghezza  $\geq 600$  mm, si utilizzano provini trasversali t.

<sup>(2)</sup> Tale valore si applica solo ai profilati e alle aste (si veda la tabella del prospetto 2 della norma UNI EN 10155).

Questi acciai sono detti "autopatinabili". Si forma uno strato protettivo durante un periodo che va da 18 mesi a 6 anni.

Se ne consiglia l'impiego in zone climatiche con alternanza giornaliera di periodi secchi e umidi, mentre è sconsigliato per i climi sempre umidi.

Questo acciaio non deve entrare in contatto con l'alluminio, i prodotti zincati e i materiali che non possono macchiarsi.

### Acciai per impieghi strutturali con caratteristiche di deformazione migliorate nella direzione perpendicolare alla superficie del prodotto

Sono definiti dalla norma EN 10164.

Le lamiere e i profilati in acciaio di fabbricazione ordinaria hanno caratteristiche di deformazione diverse nella direzione di laminazione e nella direzione perpendicolare, il che provoca strappi lamellari nelle strutture saldate o sollecitate nella direzione dello spessore.

Tale norma specifica e stabilisce le caratteristiche nella direzione dello spessore come pure i metodi di prova corrispondenti.

Viene utilizzata come complemento di tutte le norme di qualità relative alle lamiere e ai profilati di acciai calmati.

Le classi di qualità complementari sono indicate nella tabella in basso, estratta dalla norma EN 10164. Questi acciai sono anche chiamati "acciai Z".

Classi di qualità complementari per gli "acciai Z"		
Classe di qualità	Strizione (in %)	
	Valore medio minimo di tre prove	Valore minimo individuale
Z 15	15	10
Z 25	25	15
Z 35	35	25

È opportuno fare attenzione anche alle disposizioni costruttive, alle condizioni di saldatura e di controllo.

### Documenti di fornitura degli acciai

UNI EN 10204; UNI EN 10021

#### *Controlli non specifici*

- Attestato di conformità all'ordine (senza menzione dei risultati delle prove) o attestato 2.1.
- Rapporto di controllo (con risultati di prove non specifiche) o rapporto 2.2.

#### *Controlli specifici*

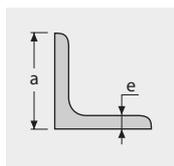
Viene fornito un certificato di controllo dello stabilimento o il certificato 3.1B. Contiene i risultati delle prove specifiche richieste al momento dell'ordine.

### **3** Protezione contro la corrosione atmosferica

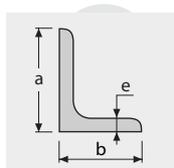
La protezione contro la corrosione mediante zincatura per immersione o verniciatura è definita in diverse norme nazionali. Si rimanda al catalogo delle norme UNI ([www.uni.com](http://www.uni.com)) e ai riferimenti normativi alla fine di questo testo.

## 4 Dimensioni geometriche e caratteristiche meccaniche dei prodotti siderurgici correnti

### Profili a L

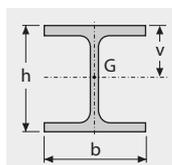


Profili a L ad ali uguali		
a (in mm)	e (in mm)	Sezione (in cm <sup>2</sup> )
30	3	1,74
40	4	3,08
50	5	4,80
60	6	6,91
70	7	9,40
80	8	12,27
90	9	15,52
100	10	19,15
120	12	27,54
150	15	43,02
200	18	69,11



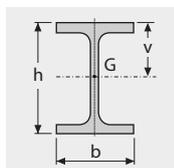
Profili a L ad ali disuguali			
a (in mm)	b (in mm)	e (in mm)	Sezione (in cm <sup>2</sup> )
30	20	3	1,43
40	25	4	2,46
50	30	5	3,78
60	40	5	4,79
70	50	6	6,88
80	60	7	9,38
90	70	8	12,23
100	80	9	15,5
120	80	10	19,1
150	90	10	23,2

**Profilati a I**



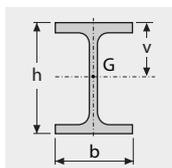
Profilati IPN		
h (in mm)	b (in mm)	$\frac{I}{V}$ (in cm <sup>3</sup> )
80	42	19,5
100	50	34,2
120	58	54,7
140	66	81,9
160	74	117
180	82	161
200	90	214
220	98	278
240	106	354
260	113	442
280	119	542
300	125	653
320	131	782
340	137	923
360	143	1.090
380	149	1.260
400	155	1.460
450	170	2.040
500	185	2.750
600	215	4.630

$\frac{I}{V}$  = modulo di flessione.



Profilati IPE		
h (in mm)	b (in mm)	$\frac{I}{V}$ (in cm <sup>3</sup> )
80	46	20,0
100	55	34,2
120	64	53,0
140	73	77,3
160	82	109
180	91	146
200	100	194
220	110	252
240	120	324
270	135	429
300	150	557
330	160	713
360	170	904
400	180	1.160
450	190	1.500
500	200	1.930
550	210	2.440
600	220	3.070

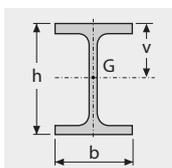
Esistono anche profilati IPE alleggeriti denominati IPE A.



Profilati IPE R							
N.	h (in mm)	b (in mm)	$\frac{I}{V}$ (in cm <sup>3</sup> )	N.	h (in mm)	b (in mm)	$\frac{I}{V}$ (in cm <sup>3</sup> )
140	142	72	86	300	306	147	686
160	162	81	122	330	336	158	874
180	183	89	170	360	366	168	1.109
200	204	98	232	400	407	178	1.418
220	225	108	309	450	458	188	1.851
240	245	118	394	500	508	198	2.360
270	276	133	530	600	608	218	3.628

Nella denominazione IPE R, R sta a indicare rinforzato. Il numero corrisponde al riferimento (per esempio: IPE R 140).

**Profilati a H**



Profilati HE A ed HE B									
N.	HE A		HE B		N.	HE A		HE B	
h (in mm)	$\frac{I}{V}$ (in cm <sup>3</sup> )	h (in mm)	$\frac{I}{V}$ (in cm <sup>3</sup> )	h (in mm)	$\frac{I}{V}$ (in cm <sup>3</sup> )	h (in mm)	$\frac{I}{V}$ (in cm <sup>3</sup> )	h (in mm)	$\frac{I}{V}$ (in cm <sup>3</sup> )
100	96	73	100	90	340	330	1.680	340	2.160
120	114	106	120	14	360	350	1.890	360	2.400
140	133	155	140	216	400	390	2.310	400	2.880
160	152	220	160	311	450	440	2.900	450	3.550
180	171	294	180	426	500	490	3.550	500	4.290
200	190	389	200	570	550	540	4.150	550	4.970
220	210	515	220	736	600	590	4.790	600	5.700
240	230	675	240	938	650	640	5.470	650	6.480
260	250	836	260	1.150	700	690	6.240	700	7.340
280	270	1.010	280	1.380	800	790	7.680	800	8.980
300	290	1.260	300	1.680	900	890	9.480	900	10.980
320	310	1.480	320	1.930	1.000	990	11.190	1.000	12.890

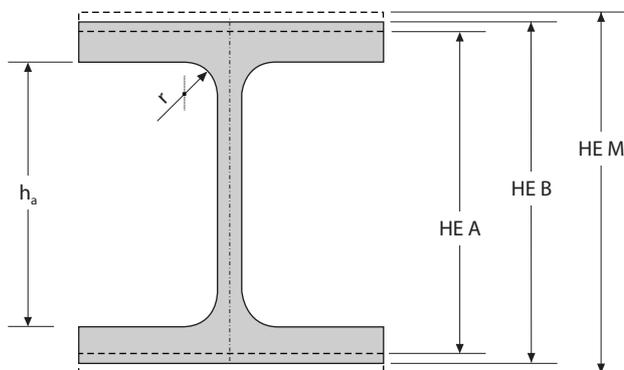


Figura 4

**Definizione dell'altezza dell'anima  $h_a$  di un profilato.**

Il numero corrisponde al riferimento  $\frac{I}{V}$  = modulo di flessione.  
Esistono profili a H rinforzati denominati HE M.

**Importante**

I profilati HE A, HE B, HE M di una stessa serie hanno la stessa altezza dell'anima  $h_a$  (Fig. 4).

**Profili cavi**

I profili cavi possono essere formati a caldo (norma EN 10210) o formati a freddo (norma EN 10219).

La modalità di elaborazione dei profili cavi influisce sulla resistenza all'instabilità flessionale.