

# POMŮCKA 4 BETON – ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY

## 1) Pevnostní třídy betonu

Charakteristika betonu		Pevnostní třídy betonu														
		C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60	C 55/67	C 60/75	C 70/85	C 80/95	C 90/105	C 100/115
Pevnost v tlaku a tahu	$f_{ck}$ [MPa]	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
	$f_{ck,cube}$ [MPa]	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	115
	$f_{cm}$ [MPa]	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	108
	$f_{ctm}$ [MPa]	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2
	$f_{ctk;0,05}$ [MPa]	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,7
	$f_{ctk;0,95}$ [MPa]	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	6,8
$E_{cm}$ [GPa]		27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	45
Přetvoření betonu	$\epsilon_{c1}$ [‰]	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,25	2,30	2,40	2,45	2,50	2,60	2,70	2,80	2,80	2,80
	$\epsilon_{cu1}$ [‰]	3,50									3,20	3,00	2,80	2,80	2,80	2,80
	$\epsilon_{c2}$ [‰]	2,00									2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,60
	$\epsilon_{cu2}$ [‰]	3,50									3,10	2,90	2,70	2,60	2,60	2,60
	n	2,00									1,75	1,60	1,45	1,40	1,40	1,40
	$\epsilon_{c3}$ [‰]	1,75									1,80	1,90	2,00	2,20	2,30	2,40
	$\epsilon_{cu3}$ [‰]	3,50									3,10	2,90	2,70	2,60	2,60	2,60

Pozn: Pevnostní třídy betonu C 8/10 a C 100/115 uvedené v ČSN EN 206 nejsou v ČSN EN 1992-1-1 a v NA ČR uvažovány. Charakteristiky pro C 100/115 jsou převzaty z německé národní přílohy.

**Analytické vztahy pro charakteristiky** (a odvolávky na obrázek návrhového pracovního diagramu betonu):

pro  $f_{ck}$ :  $f_{ck} = f_{ck,cyl}$ , [viz EN 206]

pro  $f_{cm}$ :  $f_{cm} = f_{ck} + 8$  [MPa]

pro  $f_{ctm}$ :  $f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)}$  pro beton  $\leq C50/60$  nebo  $f_{ctm} = 2,12 \ln[1+(f_{cm}/10)]$  pro beton  $> C 50/60$

pro  $f_{ctk;0,05}$ :  $f_{ctk;0,05} = 0,7 f_{ctm}$ , [0,05 kvantil]

pro  $f_{ctk;0,95}$ :  $f_{ctk;0,95} = 1,3 f_{ctm}$ , [0,95 kvantil]

pro  $E_{cm}$ :  $E_{cm} = 22 (f_{cm}/10)^{0,3}$ , [ $f_{cm}$  v MPa]

pro  $\epsilon_{c1}$ :  $\epsilon_{c1} [\text{‰}] = 0,7 f_{cm}^{0,31} < 2,80$ , (viz obr.a))

pro  $\epsilon_{cu1}$ :  $\epsilon_{cu1} [\text{‰}] = 2,80 + 27[(98-f_{cm})/100]^4$  pro  $f_{ck} \geq 50$  MPa, (viz obr.a))

pro  $\epsilon_{c2}$ :  $\epsilon_{c2} [\text{‰}] = 2,00 + 0,085(f_{ck}-50)^{0,53}$  pro  $f_{ck} \geq 50$  MPa, (viz obr.b))

pro  $\epsilon_{cu2}$ :  $\epsilon_{cu2} [\text{‰}] = 2,60 + 35[(90-f_{ck})/100]^4$  pro  $f_{ck} \geq 50$  MPa, (viz obr.b))

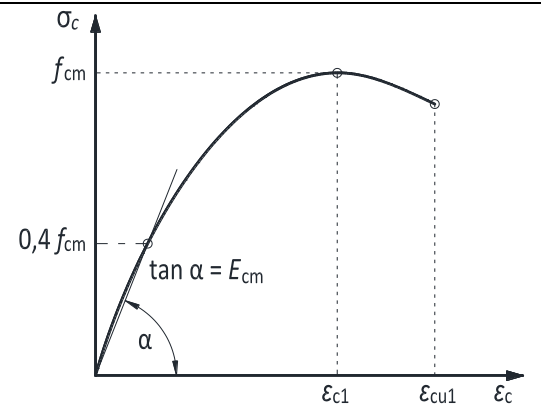
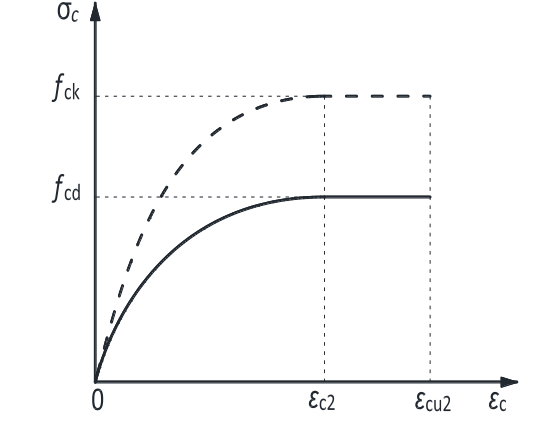
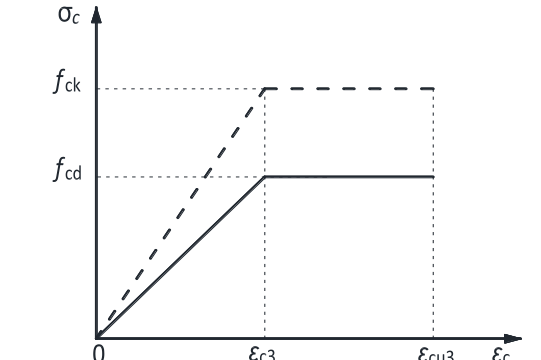
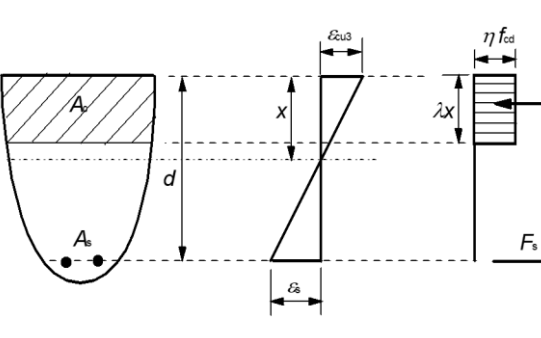
pro  $n$ :  $n = 1,40 + 23,4[(90-f_{ck})/100]^4$  pro  $f_{ck} \geq 50$  MPa

pro  $\epsilon_{c3}$ :  $\epsilon_{c3} [\text{‰}] = 1,75 + 0,55[(f_{ck}-50)/40]$  pro  $f_{ck} \geq 50$  MPa, (viz obr.c))

pro  $\epsilon_{cu3}$ :  $\epsilon_{cu3} [\text{‰}] = 2,60 + 35[(90-f_{ck})/100]^4$  pro  $f_{ck} \geq 50$  MPa, (viz obr.c) a d))

Pozn.: Některé analytické vztahy neplatí pro pevnostní třídu betonu C 100/115 (vyplývá z tabulky).

## 2) Pracovní diagramy betonu

<p><b>a) Schéma pracovního diagramu betonu pro analýzu konstrukce</b> (použití <math>0,4 f_{cm}</math> pro definici <math>E_{cm}</math> je přibližné)</p> $\frac{\sigma_c}{f_{cm}} = \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta} \quad \text{pro } 0 \leq  \varepsilon_c  \leq  \varepsilon_{cu1} $ <p>kde <math>\eta = \varepsilon_c / \varepsilon_{c1}</math></p> <p><math>\varepsilon_{c1}</math> je poměrné přetvoření při maximálním napětí podle tabulky</p> $k = 1,05 E_{cm}  \varepsilon_{c1}  / f_{cm}$	
<p><b>b) Parabolicko-rektangulární pracovní diagram pro beton namáhaný tlakem</b></p> $\sigma_c = f_{cd} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \quad \text{pro } 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$ $\sigma_c = f_{cd} \quad \text{pro } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$ <p>kde je <math>n</math> exponent podle tabulky</p> <p><math>\varepsilon_{c2}</math> poměrné přetvoření při dosažení maximální pevnosti podle tabulky</p> <p><math>\varepsilon_{cu2}</math> mezní poměrné přetvoření podle tabulky</p>	
<p><b>c) Bilineární pracovní diagram</b></p> $\sigma_c = f_{cd} \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c3}} \quad \text{pro } 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c3}$ $\sigma_c = f_{cd} \quad \text{pro } \varepsilon_{c3} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu3}$ <p>kde je</p> <p><math>\varepsilon_{c3}</math> poměrné přetvoření při dosažení maximální pevnosti podle tabulky</p> <p><math>\varepsilon_{cu3}</math> mezní poměrné přetvoření podle tabulky</p>	
<p><b>d) Obdélníkové rozdělení napětí</b></p> <p><math>\lambda = 0,8</math> pro <math>f_{ck} \leq 50</math> MPa</p> <p><math>\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400</math> pro <math>50 &lt; f_{ck} \leq 90</math> (100) MPa</p> <p><math>\eta = 1,0</math> pro <math>f_{ck} \leq 50</math> MPa</p> <p><math>\eta = 1,0 - (f_{ck} - 50)/200</math> pro <math>50 &lt; f_{ck} \leq 90</math> (100) MPa</p> <p>kde hodnota (100) platí pro C 100/115.</p> <p>Pozn.: Pokud se šířka tlačené oblasti zmenšuje směrem k nejvíce tlačným vláknům, má se hodnota <math>\eta f_{cd}</math> zmenšit o 10%.</p>	

**Návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku:**  $f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ , kde  $\alpha_{cc} = 1,0$

**Návrhová hodnota pevnosti betonu v tahu:**  $f_{ctd} = \alpha_{ct} \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c}$ , kde  $\alpha_{ct} = 1,0$

# POMŮCKA 5 BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ – ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY

## 1) Požadované vlastnosti betonářské výztuže (podle EN 1992-1-1)<sup>1)</sup>

Vlastnost	Výrobek	Tyče a vyrovnané svitky			Svařované sítě			Požadavek Kvantil %
	Třída tažnosti <sup>2)</sup>	A	B	C	A	B	C	
Charakteristická mez kluzu $f_{yk}$ , nebo $f_{0,2k}$ (MPa)		400 až 600						5
Minimální hodnota $k = (f_t/f_y)_k$		≥1,05	≥1,08	≥1,15	≥1,05	≥1,08	≥1,15	10
				<1,35			<1,35	
Charakteristická hodnota $\epsilon_{uk}$ (%)		≥2,5	≥5,0	≥7,5	≥2,5	≥5,0	≥7,5	10
Rozsah únavového napětí pro $N \geq 2 \cdot 10^6$ cyklů s horní mezí $\beta \cdot f_{yk}$ <sup>3)</sup>		≥ 150 MPa			≥ 100 MPa			10
Pevnost svaru ve střihu		-			0,3 A <sup>4)</sup> $f_{yk}$			minimum
Obývatelnost (ověřena zkouškami)		ohybem / zpětným ohybem			-			
Soudržnost: Minimální vztažná plocha žebírek $f_{R,min}$	Vložka $\varnothing$ (mm): 5 - 6 6,5 - 12 > 12	0,035 0,040 0,056						5
Max. odchylka hmotnosti pro jednotlivou vložku (%)	Vložka $\varnothing$ (mm): ≤ 8 > 8	± 6,0 ± 4,5						5

1) Platí pro teploty výztuže -40 až +100 °C.  
2) Tažnost: A - normální, B - vysoká, C - velmi vysoká.

3) Doporučená hodnota  $\beta = 0,6$ .  
4) A = průřezová plocha drátu.

1) Platí pro teploty výztuže -40 až +100 °C.

3) Doporučená hodnota  $\beta = 0,6$ .

2) Tažnost: A - normální, B - vysoká, C - velmi vysoká.

4) A = průřezová plocha drátu.

## 2) Charakteristiky betonářské výztuže (podle EN 10080 a ČSN 42 0139)<sup>8)</sup>

Značka podle EN <sup>1)</sup>	Značky v národní normě <sup>2)</sup>	Min. $R_m/R_e$ <sup>9)</sup>	Prod. $A_{gt}$ <sup>9)</sup> [%]	Třída tažn. <sup>3)</sup>	Sortiment profilů <sup>4)</sup>	Min. mez kluzu $R_e$ <sup>9)</sup> [MPa]	Min. pevn. v tahu $R_m$ <sup>9)</sup> [MPa]
<b>B420</b> <sup>7)</sup>	A 400 NR	1,08	5	<b>B</b>	Základní sortiment pro tyče: <b>6-8-10-12-14-16-18-20-22-25-28-30<sup>5)</sup>-32-36<sup>5)</sup>-40<sup>5)</sup>-50<sup>5)</sup></b>	400	460
	BSt 420 S	1,08	5	<b>B</b>		420	500
<b>B500</b>	BSt 500 M	1,05 (1,03)	2,5 (2,0)	<b>A</b>	Sortiment pro svitky, sítě <sup>6)</sup> , příhradové nosníky: 4-4,5-5-5,5-6-6,5-7-7,5-8-8,5-9-9,5-10-10,5-11-11,5-12-14-16  U některých výztuží mohou výrobci dodávat i jiné profily. Profily mimo základní sortiment (pro tyče) jsou vyráběné výhradně tvářením za studena (hodnoty vlastností v tab. jsou v závorce; problematičtější svařitelnost). Profily základní řady jsou většinou podle třídy tažnosti.	500	550
	BSt 500 KR	1,06	3	<b>A</b>		510	550
	M 500	1,05 (1,03)	2,5 (2,0)	<b>A</b>		500	560
	BSt 500 S	1,08	5	<b>B</b>		500	550
	BSt 500 WR	1,08	5	<b>B</b>		500	550
	A 500 NR	1,08	5	<b>B</b>		500	550
	10505.9	1,08	5	<b>B</b>		500	550
	B500SP	1,15 - 1,35	8	<b>C</b>		500	575
<b>B 550</b>	M 550	1,05 (1,03)	2,5 (2,0)	<b>A</b>		550	620
	BSt 550	1,10	5 (4)	<b>B</b>		550	620

1) Uvedenou značku podle EN 10027-1 je nutno doplnit o třídu tažnosti – např. B500B, pro hladkou výztuž B500B+G.

2) Platí pro výztuže vyráběné a používané v ČR (např. ze zemí Rakousko, Německo, Portugalsko, Slovinsko, Polsko a ČR). Pro jiné výztuže je nutno vycházet z požadovaných vlastností – viz tabulka výše (dle EN 1992-1-1).

3) Ocel třídy tažnosti C se v ČR nevyrábí, i když v ČSN 42 0139 je uvedena i výztuž B500C - výztuž B500SP se vyrábí v Polsku.

4) Sortiment profilů pro jednotlivé značky ocelí je nutno ověřit podle výrobních programů jednotlivých výrobců.

5) Profil dodávaný jen některými výrobci nebo po dohodě.

6) Pro svařované sítě se používají dráty žebírkované (KARI) nebo dráty s vtisky (neplatí pro ně ČSN 42 0139) – sortiment podle výrobců.

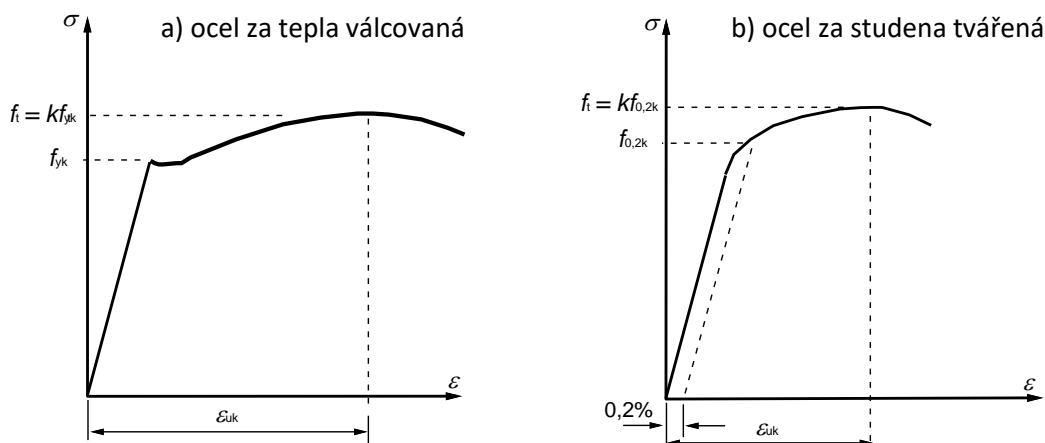
7) Není uvedena v ČSN 42 0139.

8) Svařitelnost oceli je určena specifikací od výrobce (podmínky v ČSN EN ISO 17660-1 a 2).

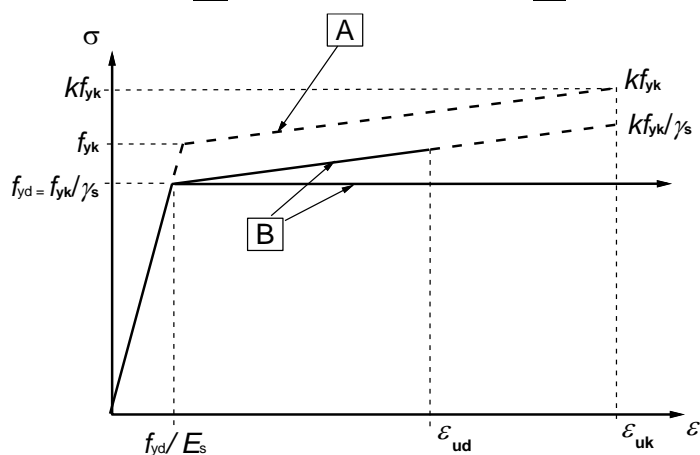
9) Modul pružnosti oceli  $E_s = 200$  GPa;  $R_e$  odpovídá  $f_{yk}$ ,  $R_m$  odpovídá  $f_{tk}$ ,  $A_{gt}$  odpovídá  $\epsilon_{uk}$  a  $R_m/R_e$  odpovídá  $(f_t/f_y)_k$ .

### 3) Pracovní diagramy betonářských ocelí

a) Skutečné pracovní diagramy typických betonářských ocelí  
(napětí a poměrná přetvoření jsou znázorněny v absolutních hodnotách)



b) Idealizovaný pracovní diagram betonářské výztuže pro tah i tlak (podle EN 1992-1-1)  
(označení: **A** idealizovaný diagram, **B** návrhový diagram)



$k = (f_t / f_y)_k$  – viz tabulka požadovaných vlastností výztuže

$\epsilon_{uk}$  viz tabulka požadovaných vlastností výztuže

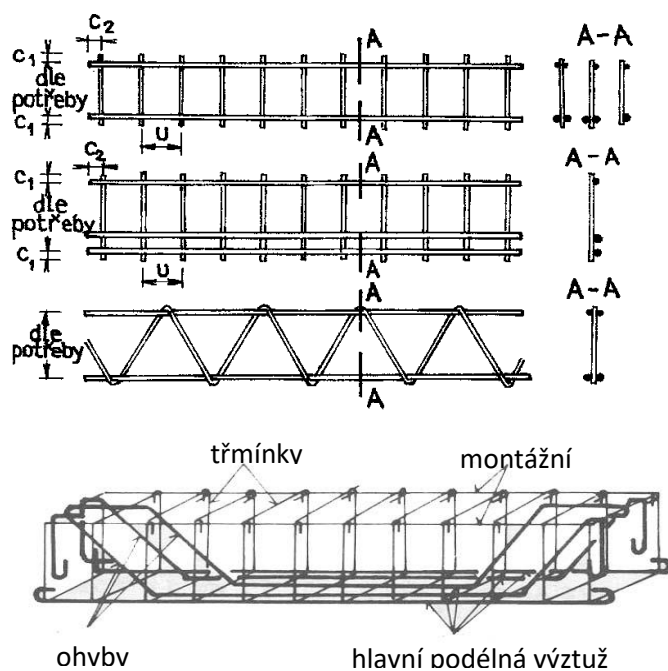
$\gamma_s$  je dílčí součinitel spolehlivosti pro betonářskou ocel

$\epsilon_{ud} = 0,9 \cdot \epsilon_{uk}$

$E_s = 200 \text{ GPa}$

Pracovní diagram s vodorovnou resp. se stoupající plastickou větví.

### 4) Příklady svařovaných mřížovin (příhradovin)



### **Pevnost v tahu za ohybu**

Průměrná hodnota pevnosti v tahu za ohybu vyztužených betonových prvků závisí na průměrné hodnotě pevnosti v dostředném tahu a na výšce průřezu, lze použít následující vztah:

$$f_{ctm,fi} = \max \{ (1,6 - fh/1\,000) f_{ctm}; f_{ctm} \} \text{ kde } h \text{ je celková výška prvku v mm;}$$

$f_{ctm}$  průměrná hodnota pevnosti v dostředném tahu

Vztah platí též pro charakteristické hodnoty pevnosti v tahu

### **Ovinutý beton**

V důsledku ovinutí betonu dochází k modifikaci pracovního diagramu; je dosaženo vyšší pevnosti a vyšších kritických poměrných přetvoření. Ostatní základní materiálové charakteristiky lze pro návrh považovat za neovlivněné.

Pokud nejsou k dispozici přesnější údaje, lze použít pracovní diagram znázorněný na obrázku 3.6 (poměrné stlačení je znázorněno jako kladné) se zvětšenou charakteristickou pevností a poměrným stlačením,

**stanovenými podle vztahů:**

$$f_{ck,c} = f_{ck} (1,000 + 5,0 \sigma_2 / f_{ck}) \quad \text{pro } \sigma_2 \leq 0,05 f_{ck}$$

$$f_{ck,c} = f_{ck} (1,125 + 2,50 \sigma_2 / f_{ck}) \quad \text{pro } \sigma_2 > 0,054 f_{ck}$$

$$\varepsilon_{c2,c} = \varepsilon_{c2} (f_{ck,c} / f_{ck})$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = \varepsilon_{cu2} + 0,2 \sigma_2 / f_{ck}$$

kde  $\sigma_2 (= \sigma_3)$  je efektivní příčné tlakové napětí v MSÚ v důsledku ovinutí;

$\varepsilon_{c2}$  a  $\varepsilon_{cu2}$  jsou uvedeny v tabulce 3.1.

Ovinutí může být vytvořeno náležitě uzavřenými třmínky nebo šroubovicí, ve kterých je dosažen plastický stav v důsledku příčného roztažení betonu.

Průměrná hodnota objemové hmotnosti se předpokládá 7 850 kg/m<sup>3</sup>.

Návrhová hodnota modulu pružnosti  $E_s$  se předpokládá 200 GPa.

## **3.3 Předpínací ocel**

### **3.3.1 Všeobecně**

Tento článek platí pro dráty, tyče a lana používané jako předpínací vložky v betonových konstrukcích.

Předpínací vložky musí mít přijatelně nízkou úroveň citlivosti na korozi pod napětím.

Úroveň citlivosti na korozi pod napětím lze považovat za přijatelně nízkou, pokud předpínací vložky splňují kritéria stanovená v EN 10138 nebo udaná v příslušném evropském technickém schválení.

Požadavky na vlastnosti předpínacích vložek se týkají materiálů uložených v jejich konečné poloze v konstrukci. Lze předpokládat, že požadavky tohoto Eurokódu jsou splněny, pokud postupy výroby,

zkoušení a prokazování shody předpínacích vložek jsou podle EN 10138 nebo jsou dány v příslušném evropském technickém schválení.

Oceli vyhovující tomuto Eurokódu jsou specifikovány charakteristickými hodnotami pevnosti v tahu, smluvní meze kluzu 0,1 % a protažení při maximálním zatížení; tyto hodnoty jsou označeny  $f_{pk}$ ,  $f_{p0,1k}$  a  $\epsilon_{uk}$

POZNÁMKA EN 10138 uvádí charakteristické, minimální a maximální hodnoty vycházející z dlouhodobé úrovně kvality výroby. Naproti tomu  $f_{p0,1k}$  a  $f_{pk}$  jsou charakteristické hodnoty smluvní meze kluzu a pevnosti v tahu, které se týkají pouze předpínací oceli použité v konstrukci. Neexistuje přímý, vztah mezi oběma sestavami hodnot. Nicméně charakteristická hodnota smluvní síly 0,1%  $F_{p0,1k}$  dělená průřezovou plochou  $S_n$ , uvedená v EN 10138 spolu s metodami hodnocení a ověřování, poskytuje dostatečné prověření pro stanovení hodnoty  $f_{p0,1k}$ .

Pokud se použijí oceli, které neodpovídají EN 10138, mohou být jejich vlastnosti udány v příslušném evropském technickém schválení.