



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CZ.1.07/2.2.00/15.0426 · Posílení kvality bakalářského studijního programu Stavební Inženýrství

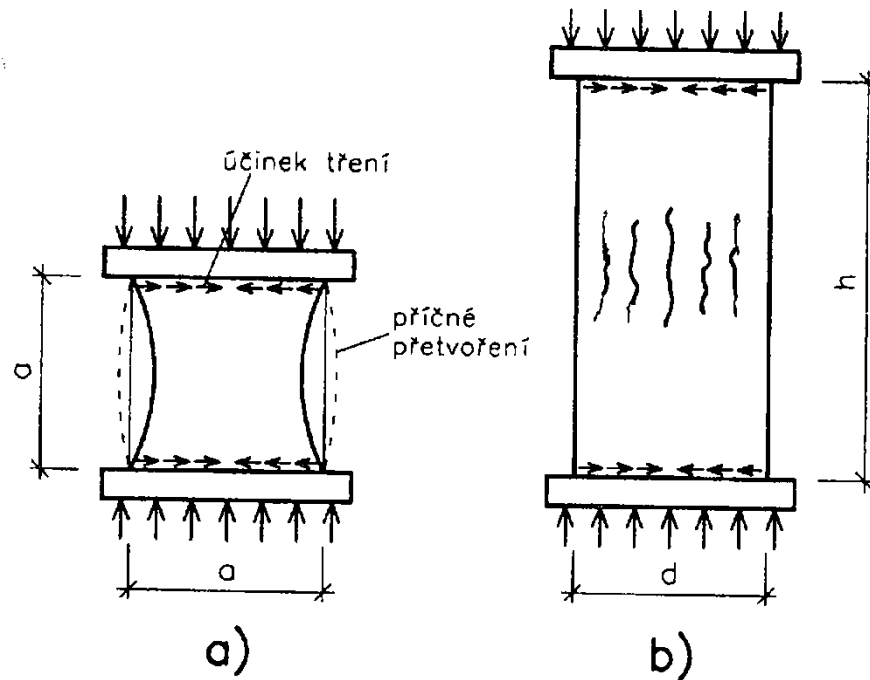
Prvky betonových konstrukcí

BL01 – 2 přednáška

- Konstrukční vlastnosti betonu (pevnost, pružnost, přetvárnost), jejich proměnnost a faktory je ovlivňující.
- Klasifikace betonu a jeho návrhové parametry.
- Konstrukční vlastnosti výztuže, její klasifikace a návrhové parametry.
- Zajištění spolupůsobení betonu a výztuže.
- Zajištění trvanlivosti betonových konstrukcí.

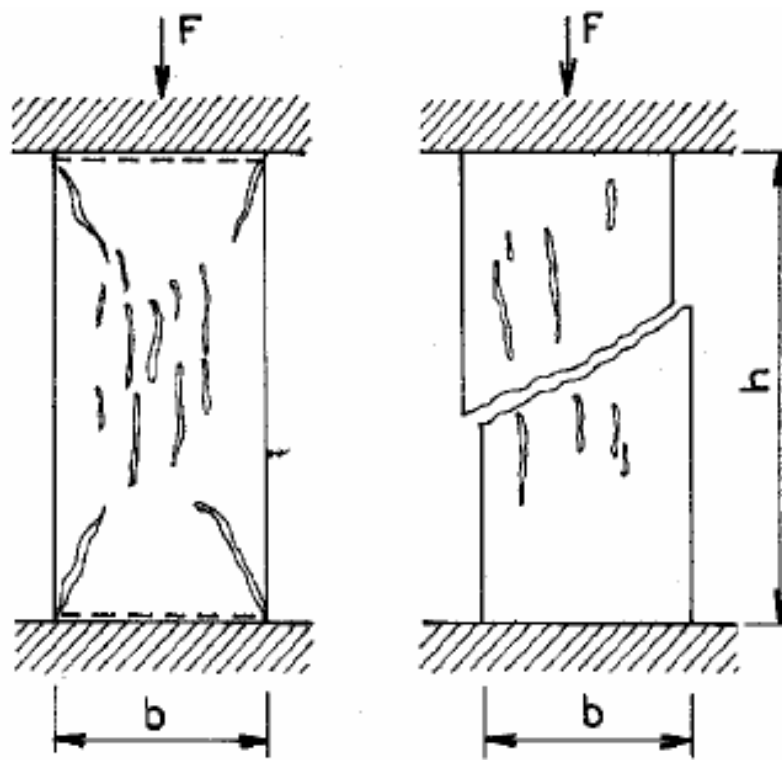
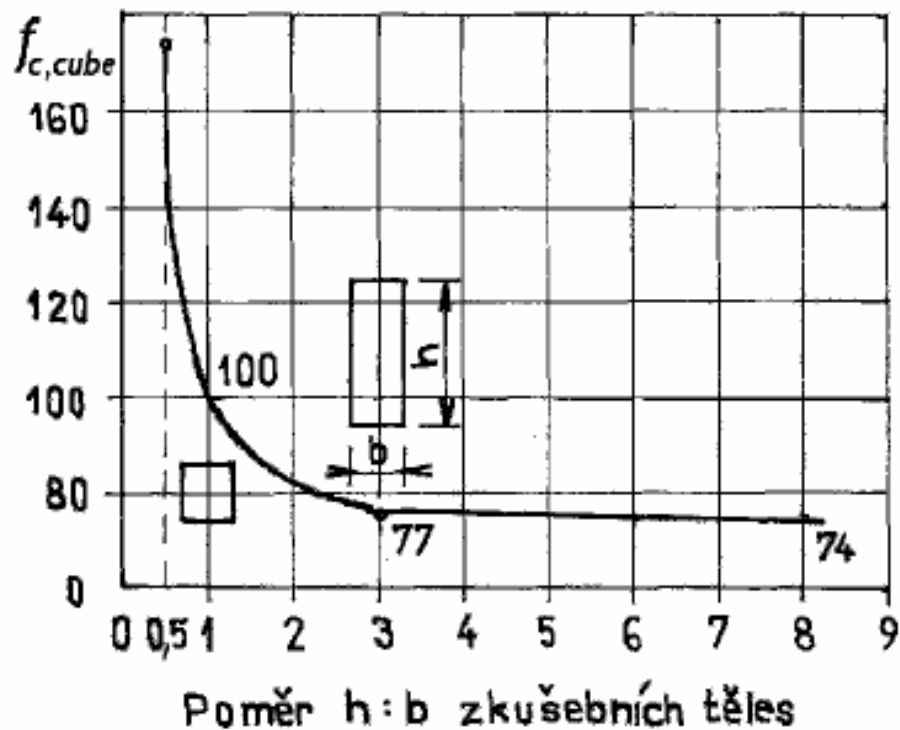
Konstrukční vlastnosti betonu

- **Pevnost:** mezní napětí při kterém se beton poruší.
 - v tlaku krychelná $f_{c,cube}$
 - v tlaku prostém (válcová) f_c nebo $f_{c,cyl}$



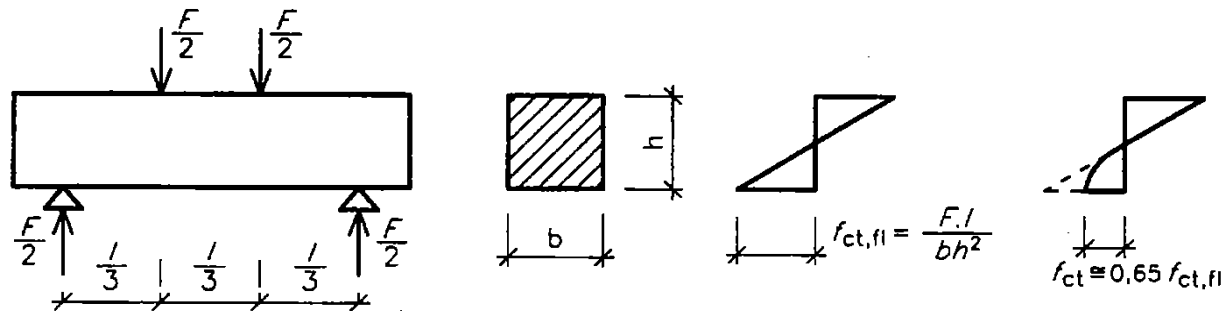
Válcová pevnost f_c nebo $f_{c,cyl}$

- tvar vzorku je válec vysoký 300 mm o průměru 150 mm.
- k porušení tlačeneho vzorku dojde svislými trhlinami, které vzniknou uprostřed výšky vzorku.
- válcová pevnost se považuje za základní pevnost betonu (proto se užívá častěji zkrácené označení f_c) a ostatní pevnosti se od válcové pevnosti odvozují
- válcová pevnost betonu je menší než krychelná pevnost betonu $f_c = (0,8 - 0,85) f_{c,cube}$

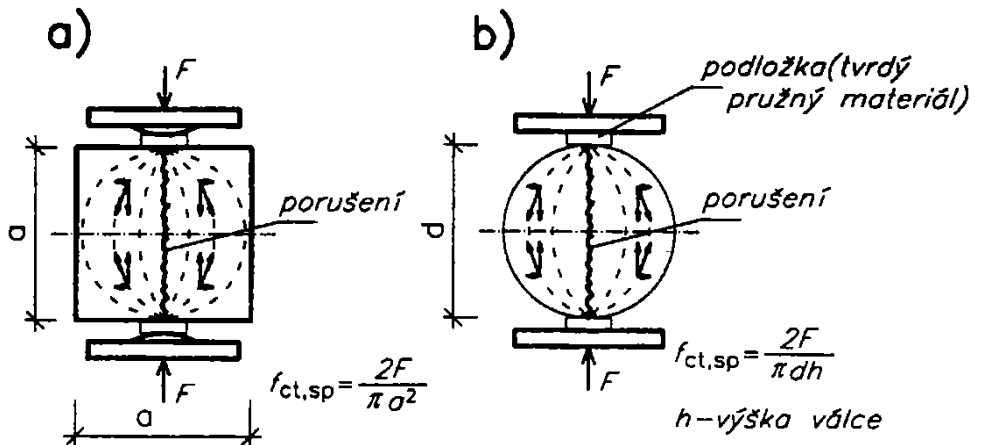


Konstrukční vlastnosti betonu

– v tlaku za ohybu



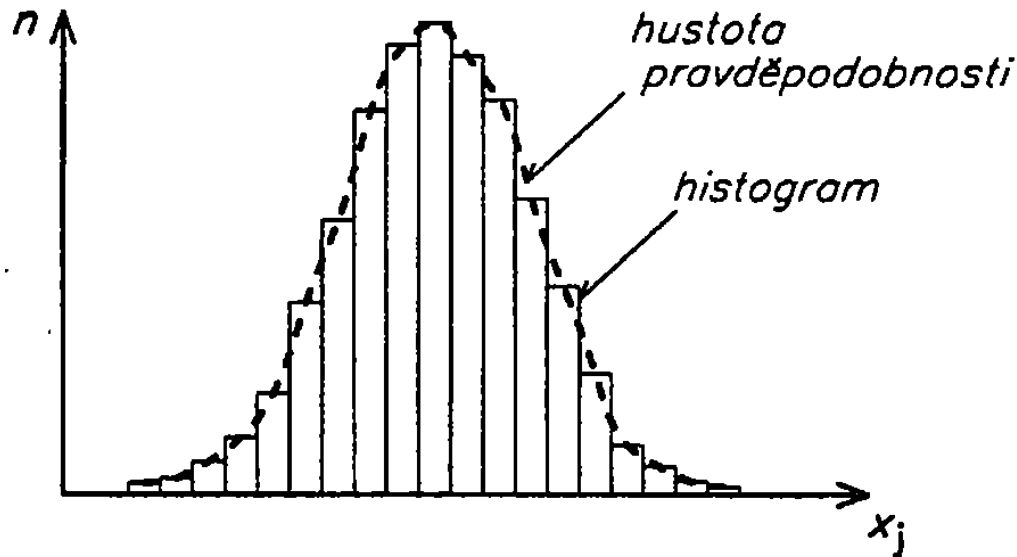
– v tahu prostém



– v tahu za ohybu popř. pevnost v tahu příčném

Konstrukční vlastnosti betonu

– Návrhová proměnnost pevnosti betonu – náhodná veličina → výběrový soubor

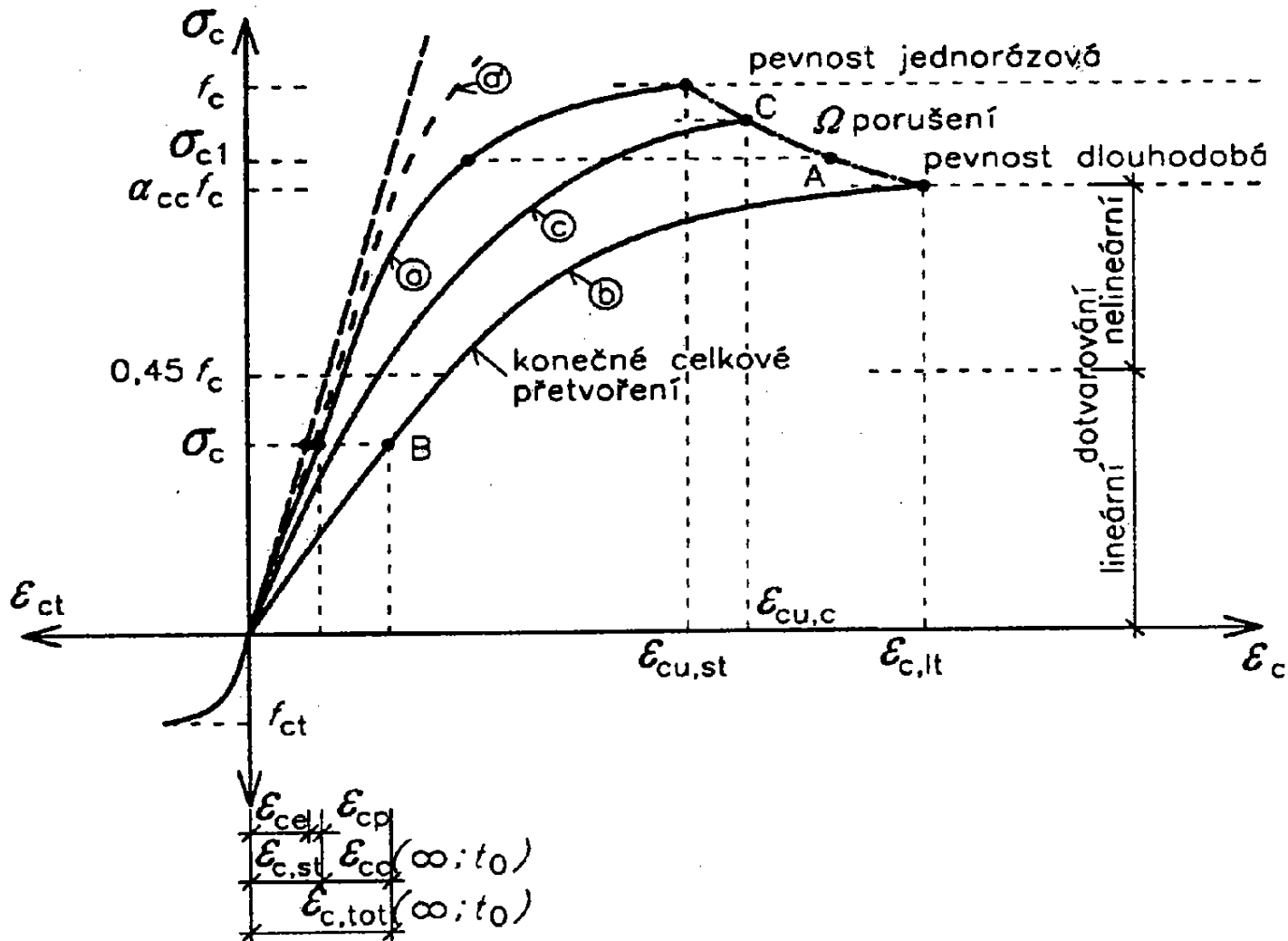


• 5% kvantil – např. charakteristická pevnost v tlaku f_{ck} , $f_{ctk,0,05}$ – MSÚ

• hodnoty průměrné – MSP, f_{ctm}

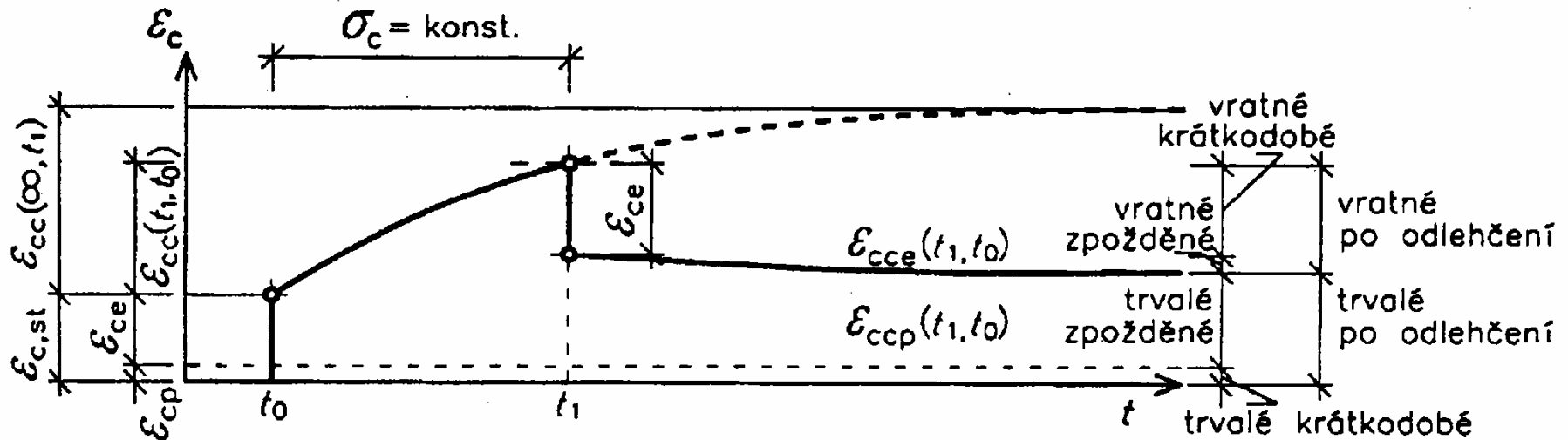
• 95% kvantil – např. charakteristická pevnost v tahu $f_{ctk,0,95}$

Pracovní diagram betonu

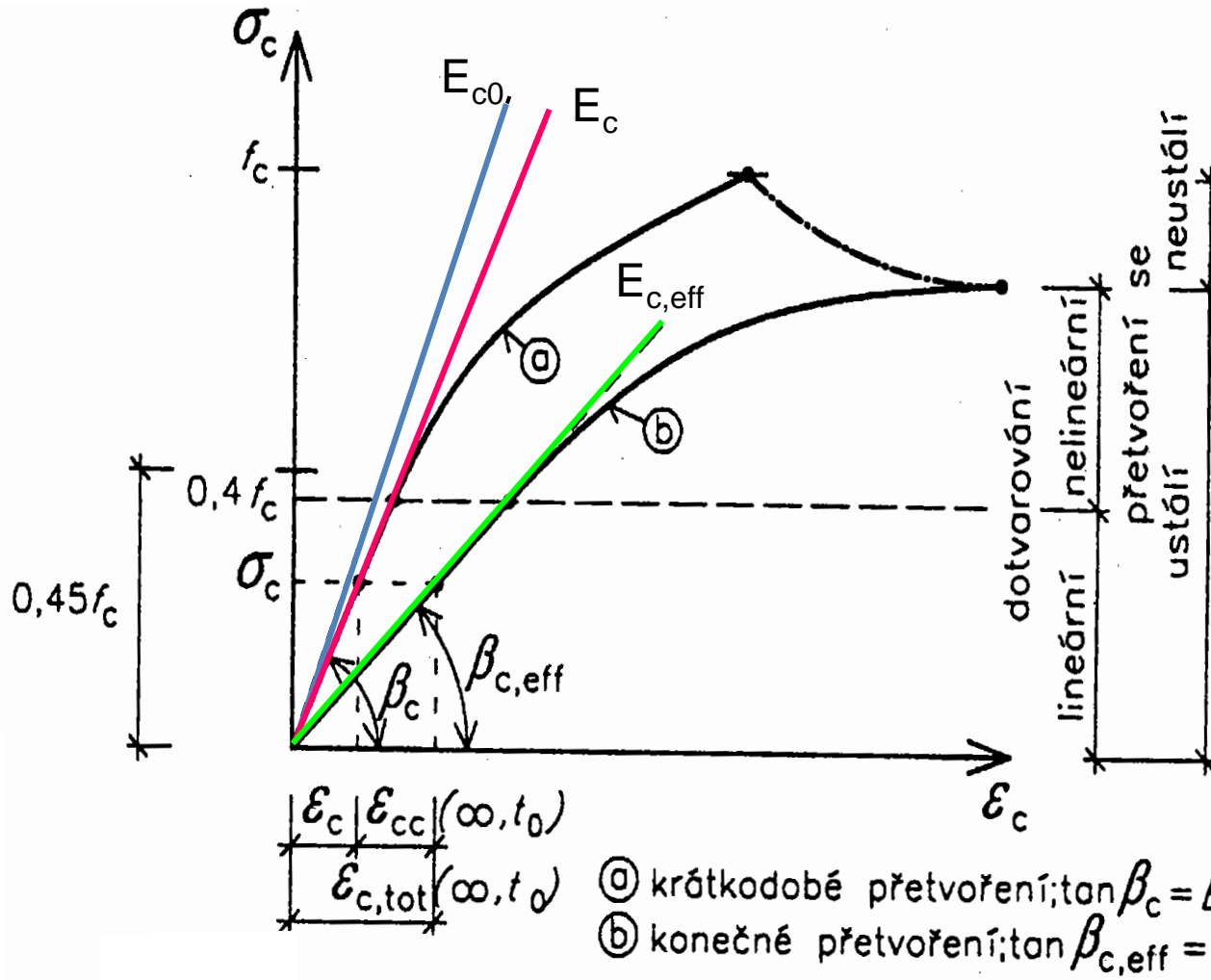


Přetvoření betonu

- Krátkodobé poměrné přetvoření $\varepsilon_{c,st}$
 - Část vratná (pružné) ε_{ce}
 - Část nevratná (nepružné, plastické) ε_{cp}
- Poměrné přetvoření zpožděné - **dotvarování** ε_{cc}
 - Část vratná ε_{cce}
 - Část nevratná ε_{ccp}



Modul pružnosti



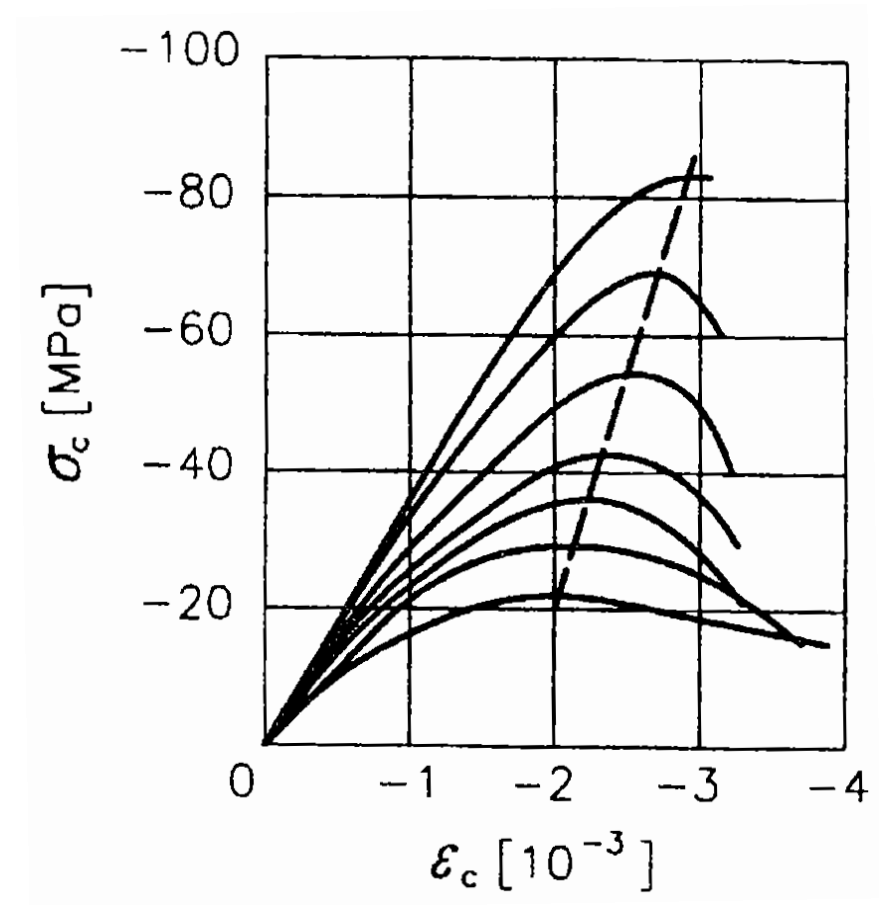
Tečnový modul pružnosti – E_{c0}

Sečnový modul pružnosti – E_c (E_{cm})

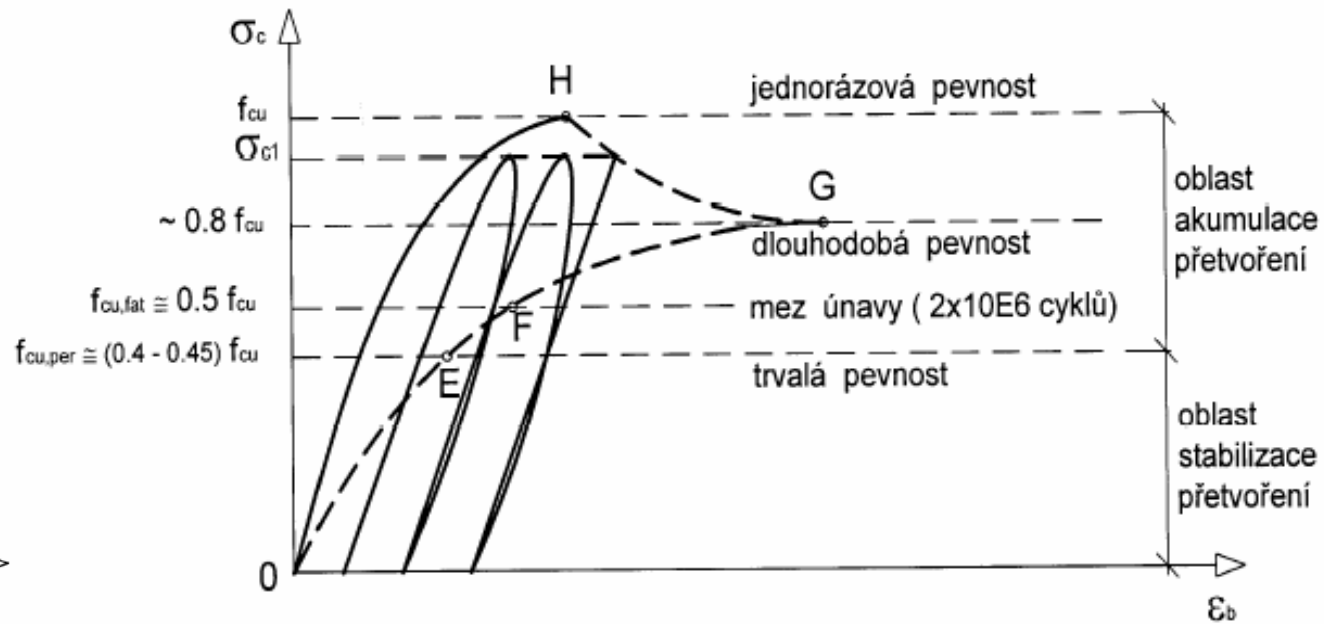
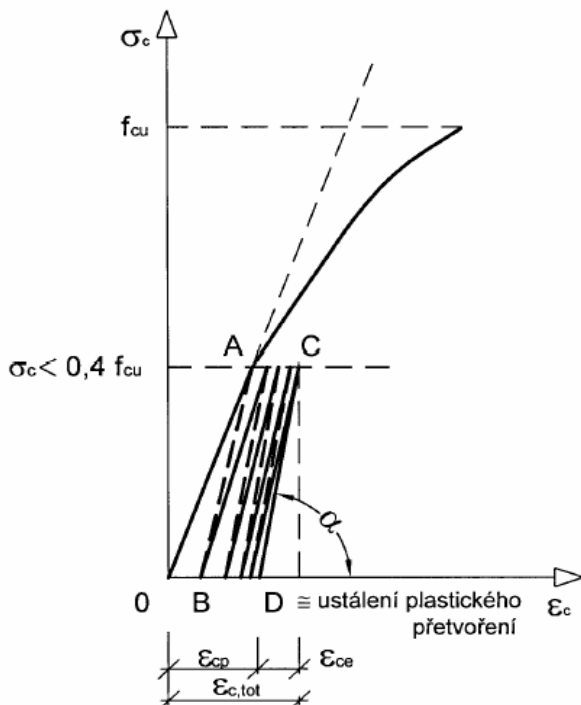
Účinný modul pružnosti – $E_{c,eff}$

Tvar pracovního diagramu

- Způsob řízení zkoušky
- Tvar pracovního diagramu v závislosti na pevnosti v tlaku
 - Plastická oblast se zkracuje – beton se stává křehčí



Opakovaná zatížení



Objemové změny betonu

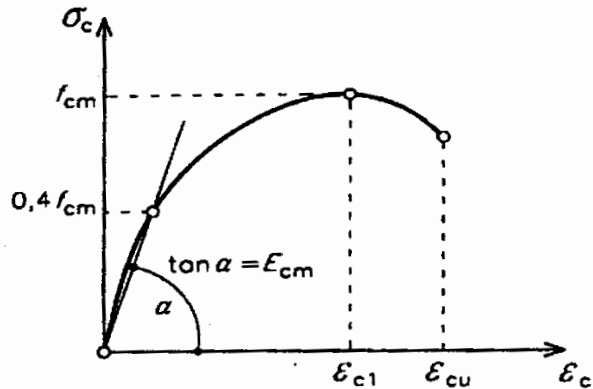
- **Dotvarování** – změna mikrostruktury cementového gelu účinkem **dlouhodobě působícího napětí** v betonu je chemicky volná voda vytlačována do kapilár, odkud vysychá
 - Lineární a nelineární
- **Smršťování**
 - z vysychání chemicky nevázané vody (nezávisí na napětí)
 - autogenní (pokračující hydratace)
- **Teplotní změny**
 - součinitel teplotní roztažnosti $\alpha = 1,0 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$

Materiálové a deformační charakteristiky betonu

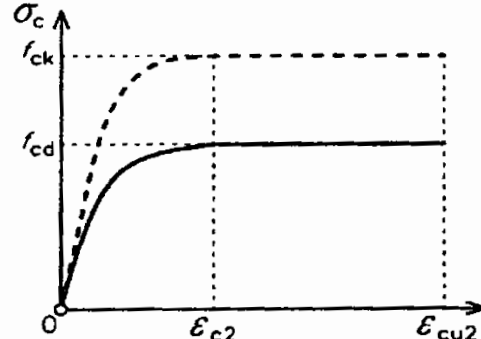
- *Značení* - třída betonu **C 25/30**
 - **C** – jedná se o materiál BETON (CONCRETE)
 - **25** – f_{ck} – charakteristická pevnost betonu v tlaku - válcová
 - **30** – $f_{ck,cube}$ – charakteristická pevnost betonu v tlaku- krychlená
- *Návrhové hodnoty pevnosti betonu*
 - - v tlaku $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$ kde
 α_{cc} – součinitel uvažující dlouhodobé účinky na tlakovou pevnost betonu
 - - v tahu $f_{ctd} = \alpha_{ct} f_{ctk,0,05} / \gamma_c$
 α_{ct} – součinitel uvažující dlouhodobé účinky na takovou pevnost betonu
 - $\gamma_c = 1,5$ mezní stav únosnosti - dočasné a trvalá návrhové situace
 - 1,2 mezní stav únosnosti - mimořádná návrhová situace
 - 1,0 mezní stav použitelnosti, účinky požárů

Pracovní diagramy

a)



b)



$$\lambda = 0,8 \quad \text{pro } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\text{pro } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

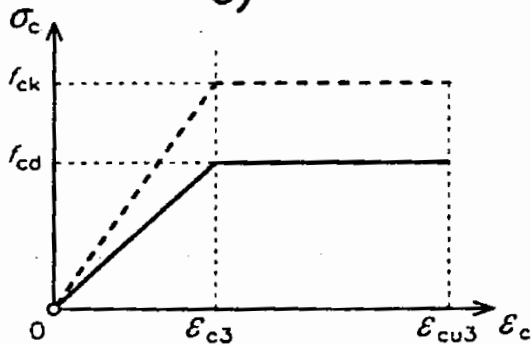
$$\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400 \quad \text{pro } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$$

$$\eta = 1,0 \quad \text{pro } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

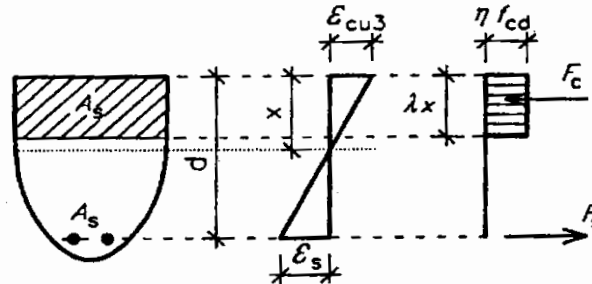
$$\text{pro } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\eta = 1,0 - (f_{ck} - 50)/200 \quad \text{pro } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$$

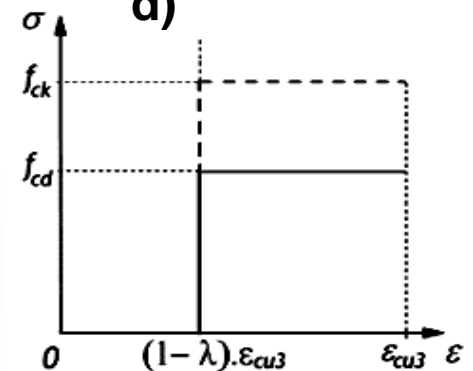
c)



d)



d)

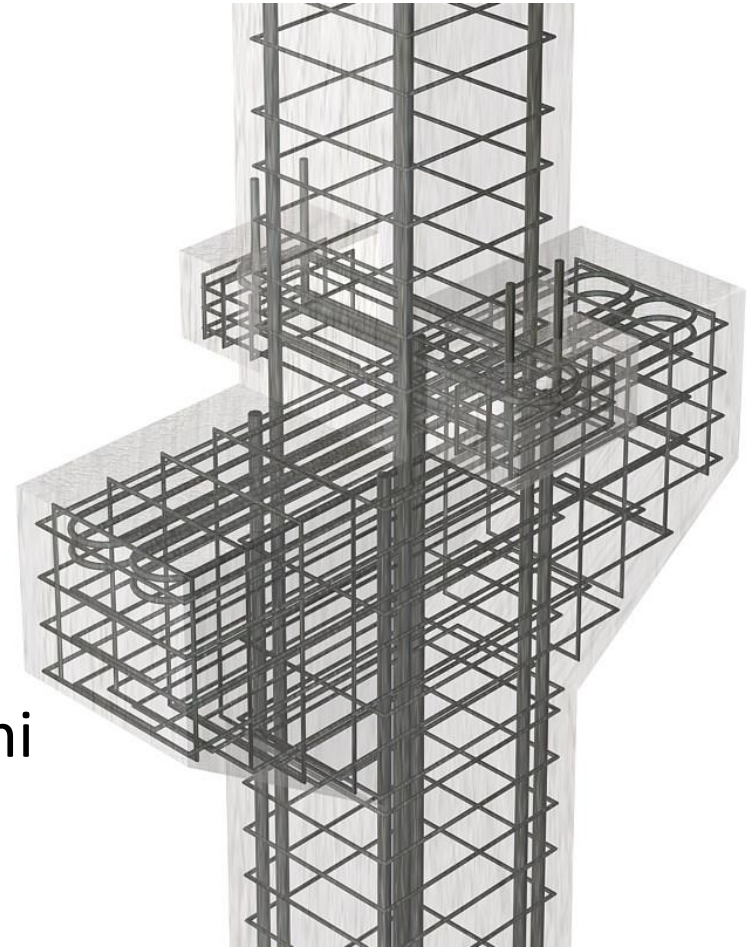


- a) Pracovní diagram betonu v tlaku pro výpočet účinků zatížení
- b) Návrhový parabolicko-rektangulární pracovní diagram betonu v tlaku
- c) Návrhový bilineární pracovní diagram betonu v tlaku
- d) Rovnoměrné rozdělení napětí v tlačené oblasti betonu – MSÚ

	Pevnostní třídy betonu														Analytické vztahy/ vysvětlivky
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
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	$f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln(1+(f_{cm}/10)) > C50/60$
$f_{ctk,0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,7	2,9	3	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0,05} = 0,7 \times f_{ctm}$ 5% kvantil
$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	2	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6	6,3	6,6	$f_{ctk,0,95} = 1,3 \times f_{ctm}$ 95% kvantil
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22(f_{cm}/10)^{0,3}$ (f_{cm} v MPa)
ε_{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	viz obrázek 3.2 $\varepsilon_{c1} (‰) = 0,7 f_{cm}^{0,31} < 2,8$
ε_{cu1} (‰)	3,50									3,20	3,00	2,80	2,80	2,80	viz obrázek 3.2 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu1} (‰) = 2,8 + 27[(98 - f_{cm})/100]^4$
ε_{c2} (‰)	2,00									2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	viz obrázek 3.3 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{c2} (‰) = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$
ε_{cu2} (‰)	3,50									3,10	2,90	2,70	2,60	2,60	viz obrázek 3.3 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu2} (‰) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$
n	2,00									1,75	1,60	1,45	1,40	1,40	pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100]^4$
ε_{c3} (‰)	1,75									1,80	1,90	2,00	2,20	2,30	viz obrázek 3.4 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{c3} (‰) = 1,75 + 0,55[(f_{ck} - 50)/40]$
ε_{cu3} (‰)	3,50									3,10	2,90	2,70	2,60	2,60	viz obrázek 3.4 pro $f_{ck} \geq 50$ MPa $\varepsilon_{cu3} (‰) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$

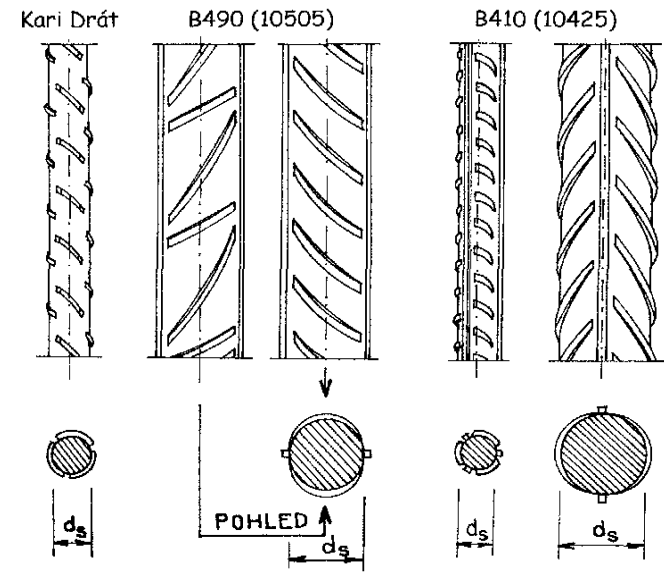
Betonářská výztuž

- souhrn všech vložek, které jsou vhodně umístěny v betonu a které zlepšují mechanické vlastnosti ŽB konstrukce.
- přebírá napětí
- množství a poloha se řídí statickým výpočtem a konstrukčními zásadami



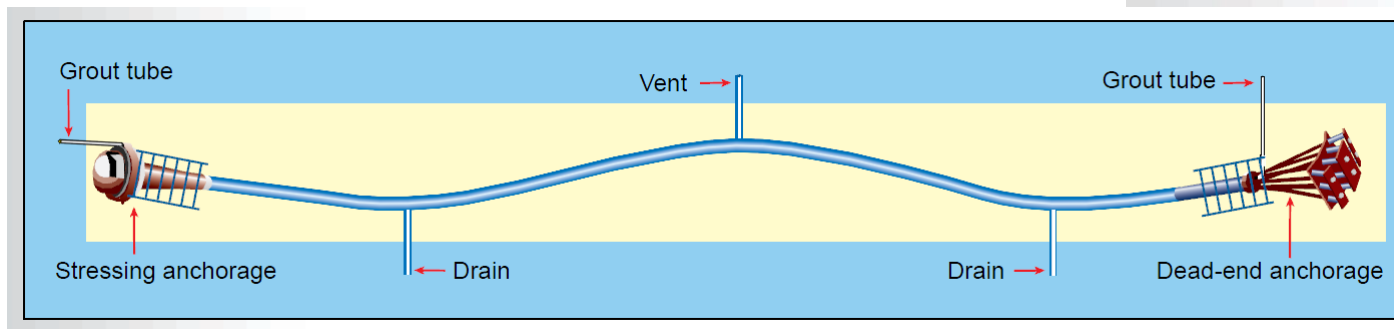
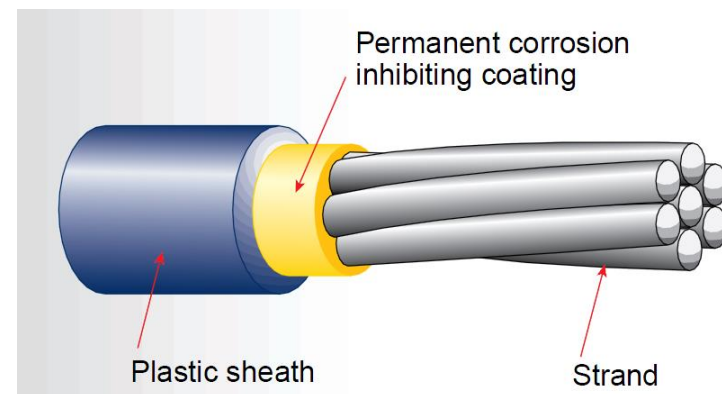
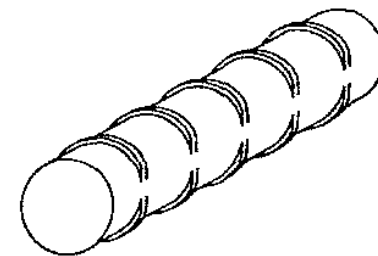
Betonářská výztuž

- výztuž nosná×konstrukční
 - betonářská – pevnost 400 – 600 MPa (200-700)
 - předpínací
 - tuhá
 - rozptýlená
- kovová×nekovová



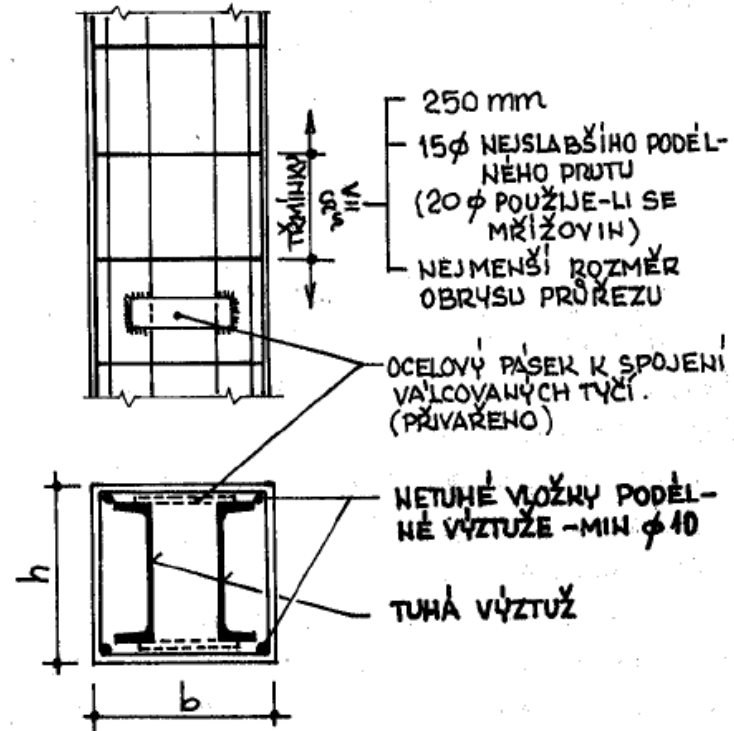
Betonářská výztuž

- výztuž nosná×konstrukční
 - betonářská
 - Předpínací – 1000 – 2000 MPa
 - tuhá
 - rozptýlená
- kovová×nekovová



Betonářská výztuž

- výztuž nosná×konstrukční
 - betonářská
 - předpínací
 - **tuhá**
 - rozptýlená
- kovová×nekovová



Betonářská výztuž

STAMIX

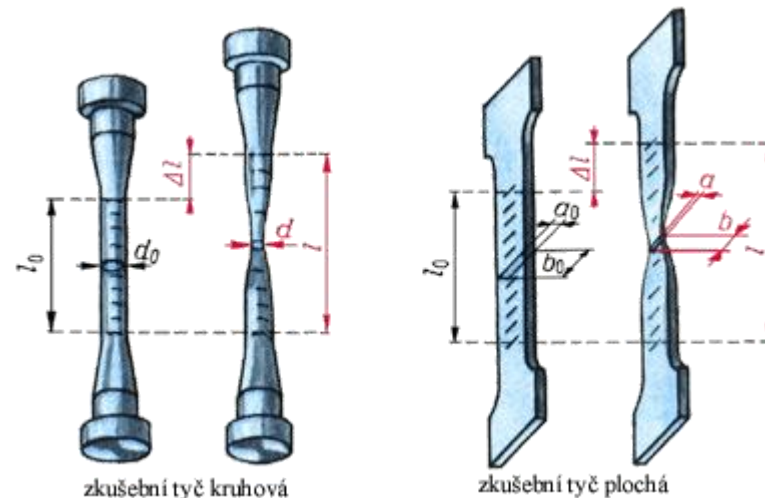
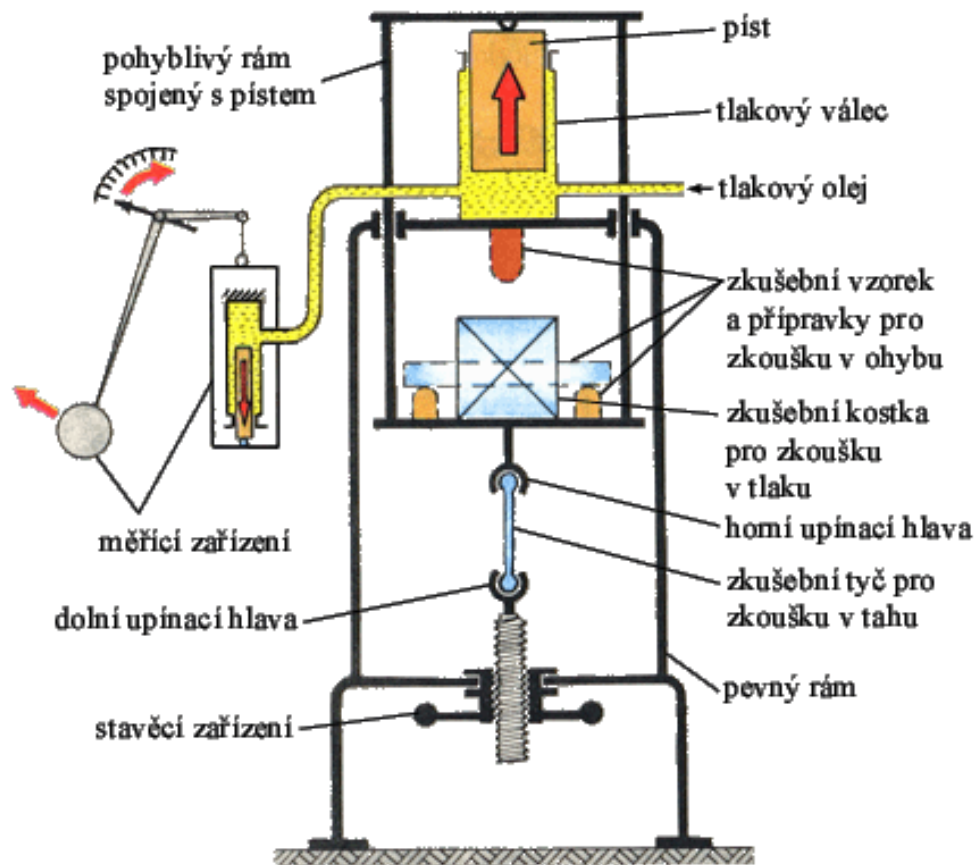
- výztuž nosná×konstrukční
 - betonářská
 - předpínací
 - tuhá
 - rozptýlená
- kovová×nekovová



Betonářská

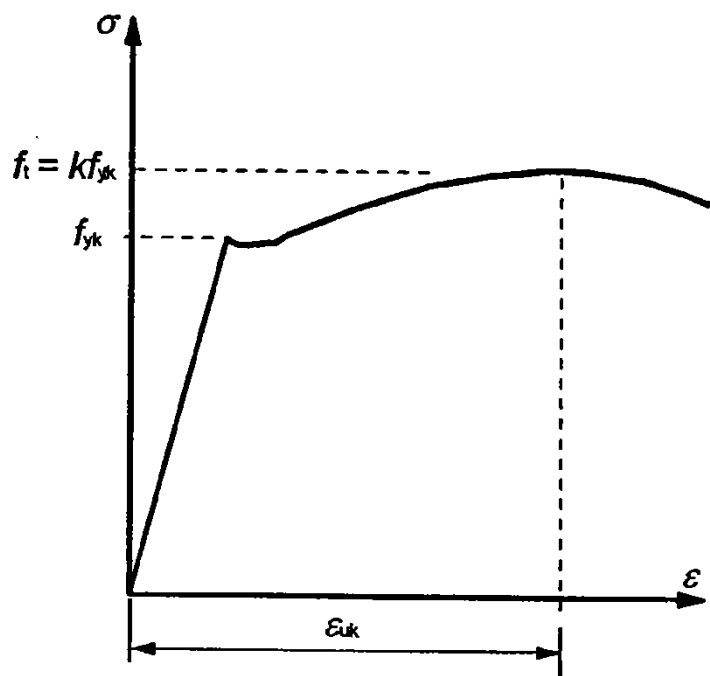
- výztuž nosná×konstrukční
 - betonářská
 - předpínací
 - tuhá
 - rozptýlená
- kovová×nekovová



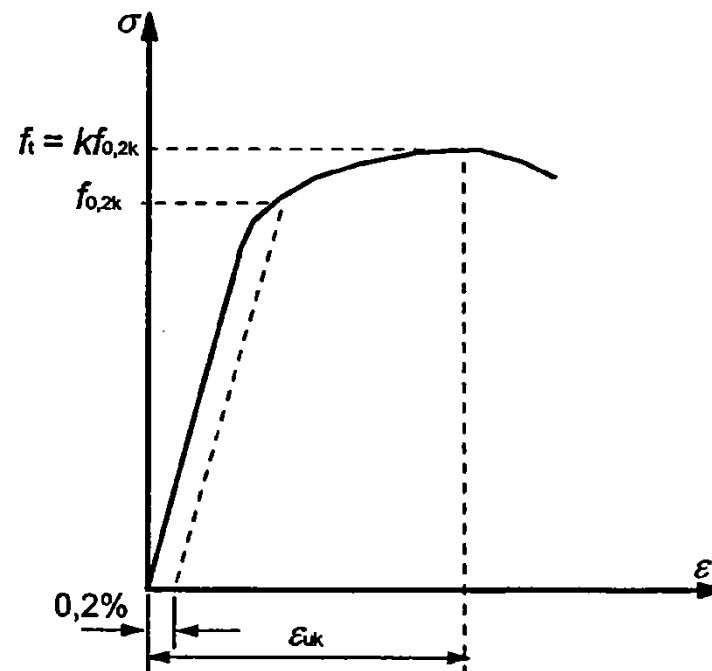


$$\sigma_{Pt} = \frac{F_{\max}}{S_0} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0}$$

Mechanické vlastnosti betonářské oceli

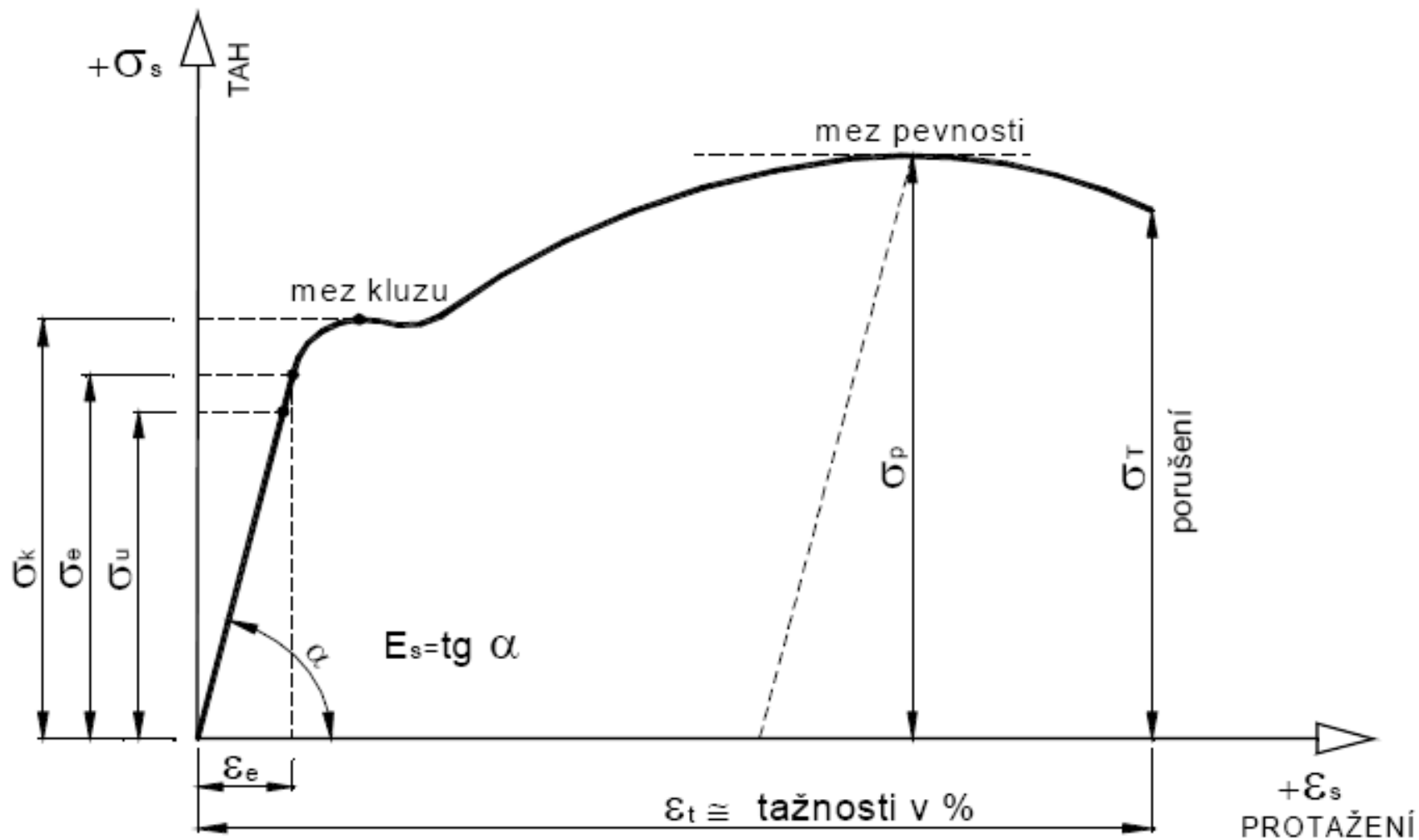


a) ocel za tepla válcovaná

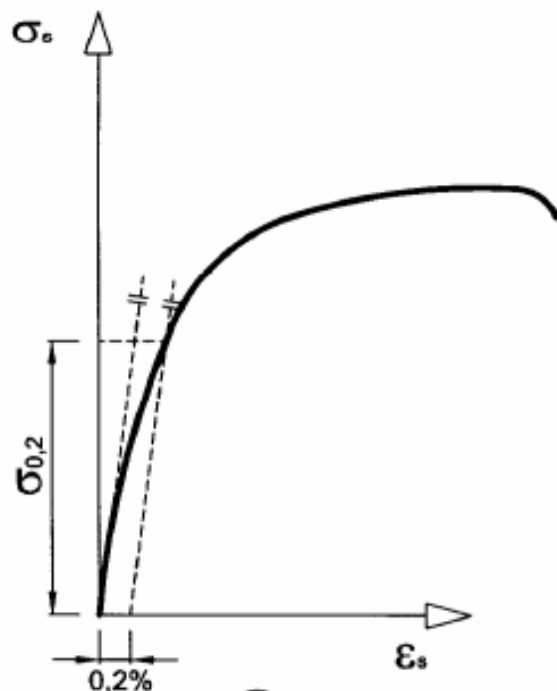


b) ocel za studena tvářená

Pracovní diagramy typických betonářských ocelí (napětí a poměrné přetvoření jsou znázorněny v absolutních hodnotách)

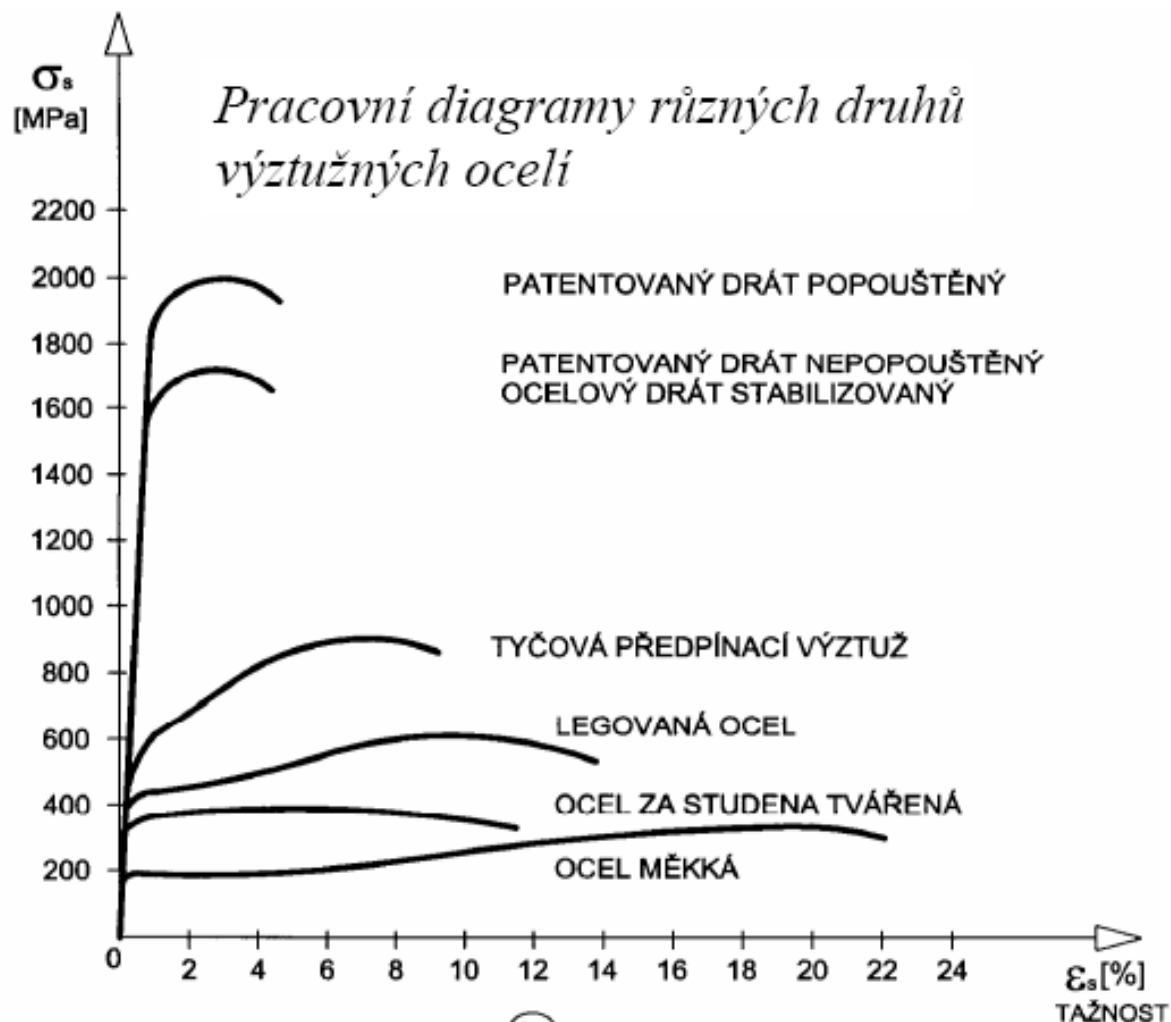


*Pracovní diagram
oceli s mezí 0,2*



(a)

*Pracovní diagramy různých druhů
výztužných ocelí*



(b)

Mechanické vlastnosti betonářské oceli

Mez kluzu R_e – je uváděna jednotlivými výrobci – deklarovaná mez kluzu. Je odvozena z dlouhodobého sledování kvality výroby. Při navrhování se používá charakteristická hodnota meze kluzu f_{yk} (je to 5% kvantil). Mezi R_e a f_{yk} neexistuje přímý vztah. Vychází se z předpokladu, že ověřování R_e v hutních normách je dostatečné i pro hodnotu f_{yk} .

Tažnost – je charakterizována hodnotami:

ε_{uk} – charakteristické poměrné celkové prodloužení při největším tahovém napětí dosaženém při trhací zkoušce výztuže

$k=(f_t/f_y)_k$ – charakteristická hodnota poměru mezi pevností a mezí kluzu dosažených při trhací zkoušce

- představují 10% kvantit

(dle norem ČSN je udána v %, o které se zkušební tyč trvale protáhne na určité odměrné délce kolem místa porušení při trhací zkoušce)

Ohýbatelnost - „Schopnost materiálu se ohýbat, aniž by se porušil.“ Pro kontrolu se provádí zkouška zpětným ohybem okolo trhu předepsaného poloměru (první a zpětný ohyb – jedná se o umělé stárnutí vložky – ohřev) – nesmí vzniknout viditelné trhliny na povrchu (dle ČSN jen ohyb bez zpětného ohybu). Z těchto důvodů jsou normově upraveny minimální hodnoty vnitřních průměrů pro zakřivení v závislosti na materiálu a průměru ohýbané vložky.

Soudržnost - charakterizuje kvalitu spojení mezi betonem a ocelí. Závisí zejména geometrii a povrchu vložky. Podle EN u žebírkových vložek závisí na vztažné ploše žebírek f_R (z geometrie žebírek). Podle ČSN je uveden součinitel žebírek.

Tolerance- udávány jako % úchytky hmotnosti, nutné z hlediska požadované spolehlivosti navrhování betonových konstrukcí

Svařitelnost - podle EN oceli svařitelné a nesvařitelné. Podle ČSN svařitelnost zaručená, dobrá a obtížná.

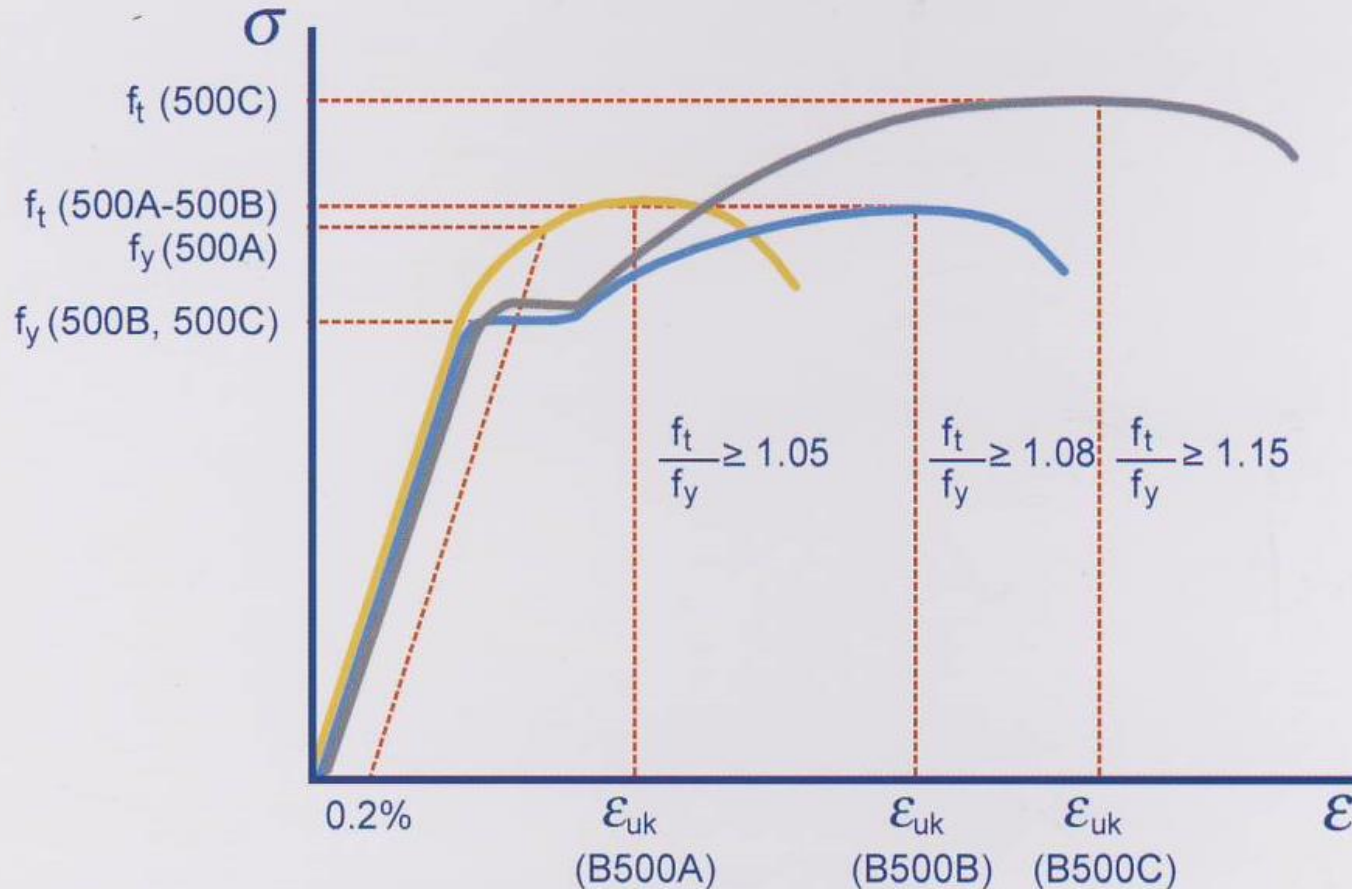
Výrobek		Tyče a vyrovnané svitky			Svařované sítě			Kvantil %
Třída tažnosti		A	B	C	A	B	C	
Charakteristická mez kluzu f_{yk} , popř. $f_{0,2k}$ v MPa		400 až 600						5
Minimální hodnota $k=(f_v/f_y)_k$		$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15 < 1,35$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15 < 1,35$	10
Charakteristická hodnota ε_{uk} (%)		$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	10
Rozmezí únavového napětí (pro $n \geq 2 \cdot 10^6$ cyklů s horní mezí βf_{yk}^1)		≥ 150 MPa			≥ 100 MPa			10
Ohýbatelnost		Zkouška ohybem ³⁾			-			
Pevnost svaru ve stříhu		-			$0,3 A^2) f_{yk}$			Minimum
<u>Soudržnost</u>	Vložka \varnothing mm							5
Minimální vztažná plocha žebírek $f_{R,min}$	5 - 6	0,035						
	6,5 - 12	0,040						
	>12	0,056						
Max.odchylka hmotnosti, jednotlivá vložka v %	Vložka \varnothing mm							5
	≤ 8	$\pm 6,0$						
	> 8	$\pm 4,5$						

1) doporučená hodnota $\beta = 0,6$;

2) A průřezová plocha drátu;

Pracovní diagramy oceli podle tažnosti

EPSTAL

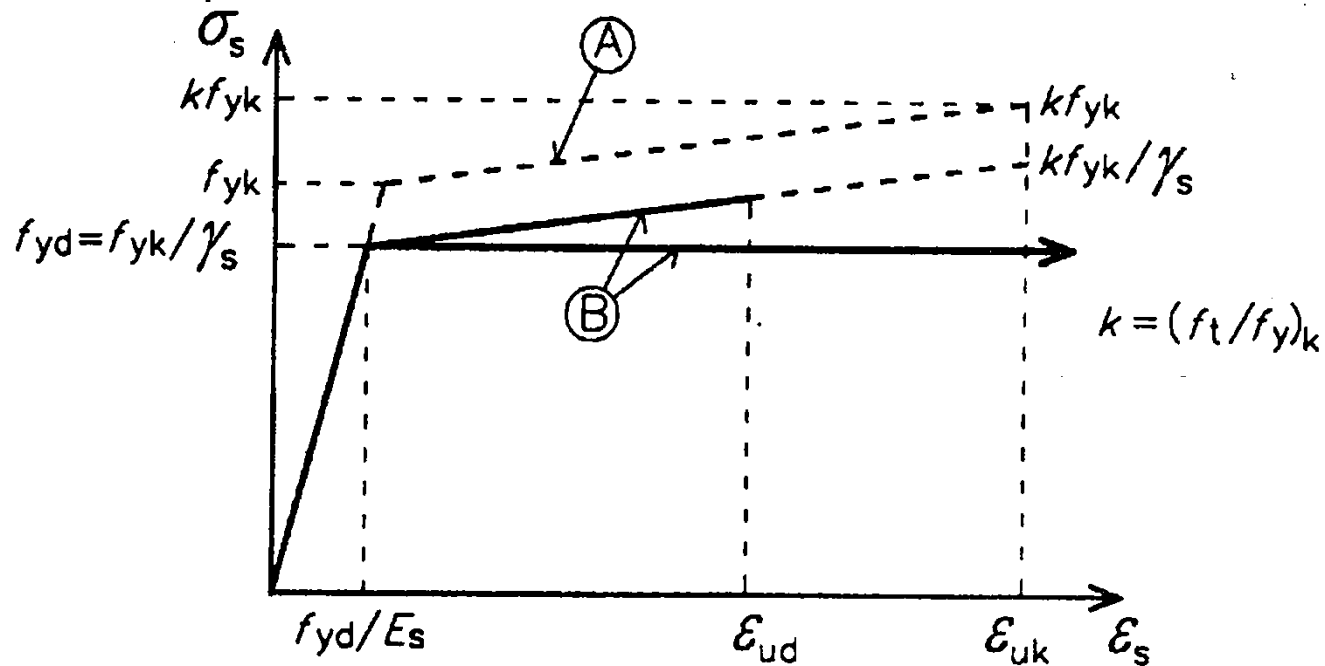


Návrhové vlastnosti bet. výztuží

- *Návrhová pevnost* výztuže v tahu i tlaku $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$
 - f_{yk} - charakteristická mez kluzuy
 - γ_s – součinitel spolehlivosti výztuže
 - 1,15 pro mezní stav únosnosti pro trvalé a dočasné návrhové situace
 - 1,0 pro mezní stav únosnosti pro mimořádné návrhové situace
 - 1,0 pro mezní stav použitelnosti
- *Modul pružnosti* - $E_s = 200$ GPa
- *měrná hmotnost* – 7850 kg/m³;
- *součinitel tepelné roztažnosti* $\alpha_s = 1,2 \times 10^{-5}$ K⁻¹

Zjednodušené návrhové pracovní diagramy

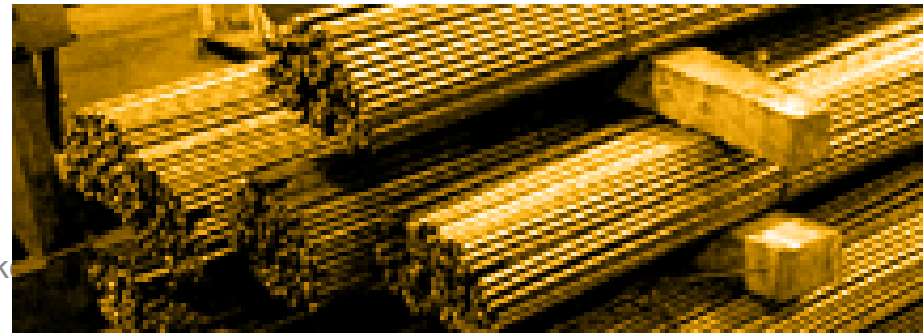
- b1) se stoupající větví (se zpevněním)
 - ε_{ud} ($\varepsilon_{ud} = 0,9 \varepsilon_{uk}$)
 - maximální napětí – $k f_{yk} / \gamma_s$ při ε_{uk} ,
- b2) s vodorovnou větví na úrovni meze kluzu – bez omezení poměrného přetvoření



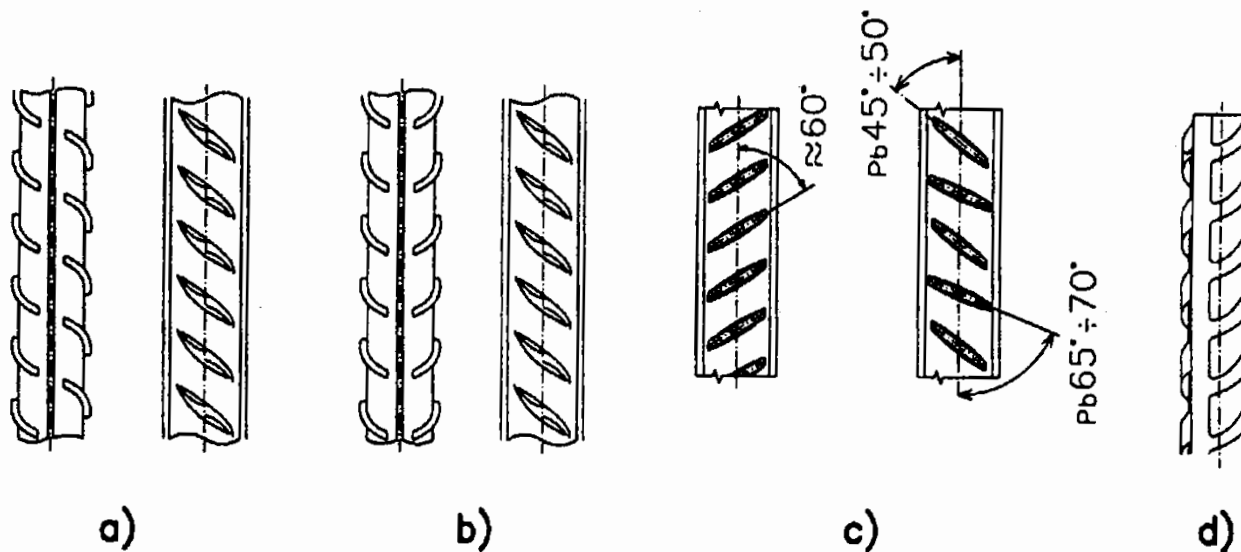
Pracovní diagram betonářské výztuže (pro tah i tlak): A – idealizovaný,
B – návrhový

Druhy betonářské výztuže

- Pruty z betonářské oceli – průřez kruhový nebo skoro kruhový
povrch hladký, s žebírky, s vtisky
- **Jmenovitý průměr** a **jmenovitá plocha** průřezu – jsou vztažené k profilu hladké vložky stejné měrné hmotnosti (kg/m)
- **Tyč** – přímá (rovná) výztužná vložka
 - – povrch hladký nebo žebírkový
 - – $\varnothing 6$ a více
- **Drát** – hladký nebo profilovaný, dodávaný ve svitcích z nichž je dále zpracováván (stříhán a rovnán) na výztuž
 - – do $\varnothing 10$ (vyjímečně až 14 mm)
 - – válcovaný za tepla a pak navinutý do svitku, nebo může být dále tvářen za studena – pak je expedován jako výztuž



Druhy betonářské výztuže



Vložky žebírkové a s vtisky: a) žebírková B500A, b) žebírková B500B, c) 10 505 (ČSN 42 5538), d) vložka s vtisky





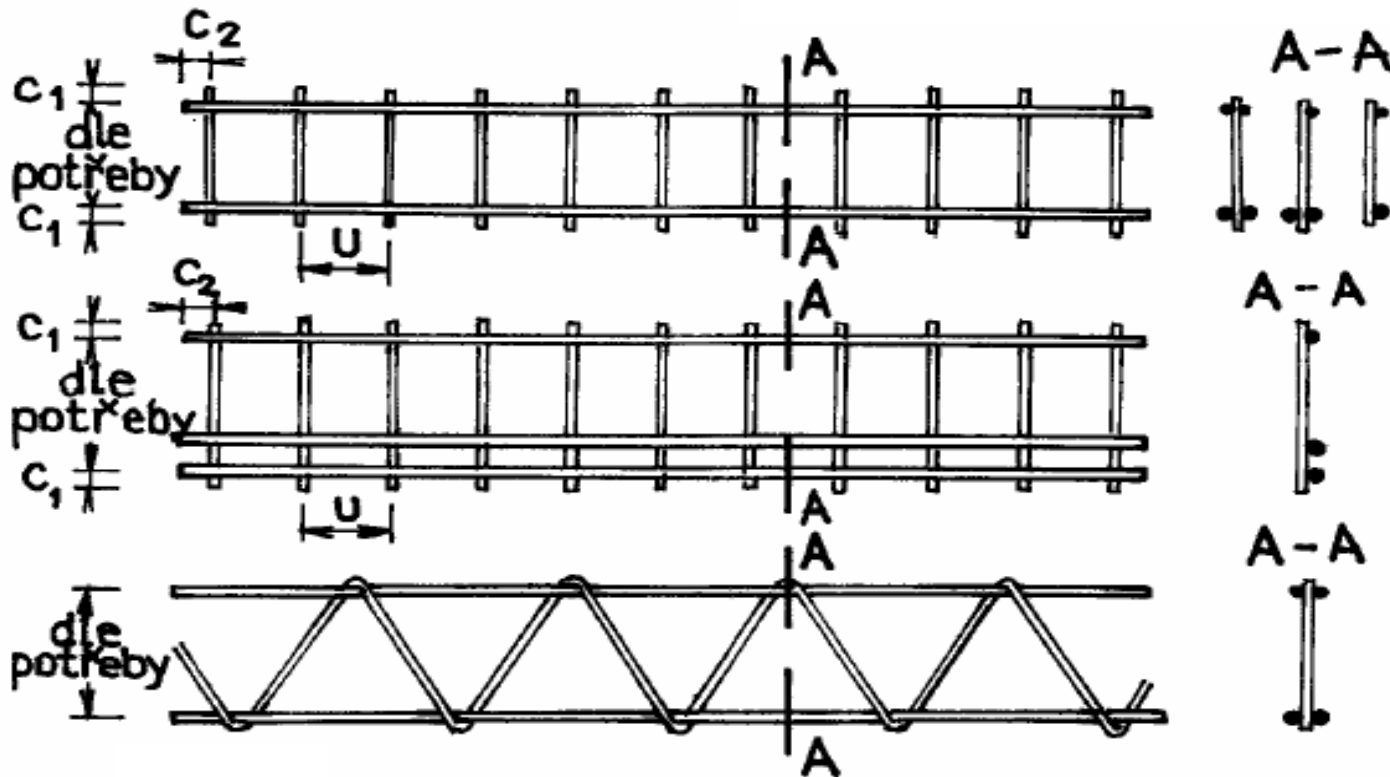
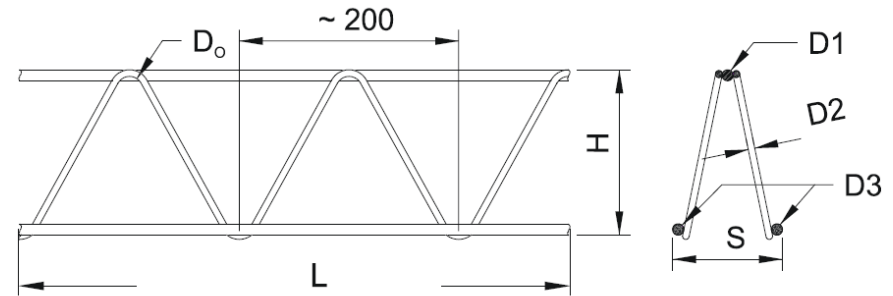
Druhy betonářské výztuže

- **Svařované sítě** – podélné a příčné pruty (navzájem kolmé) v místech křížení spojeny nosnými svary,
 - – ve svitcích nebo rovinné
 - – ze žebírkových drátů
 - – charakterizuje je \emptyset drátu, geometrické uspořádání, délka, šířka



Druhy betonářské výztuže

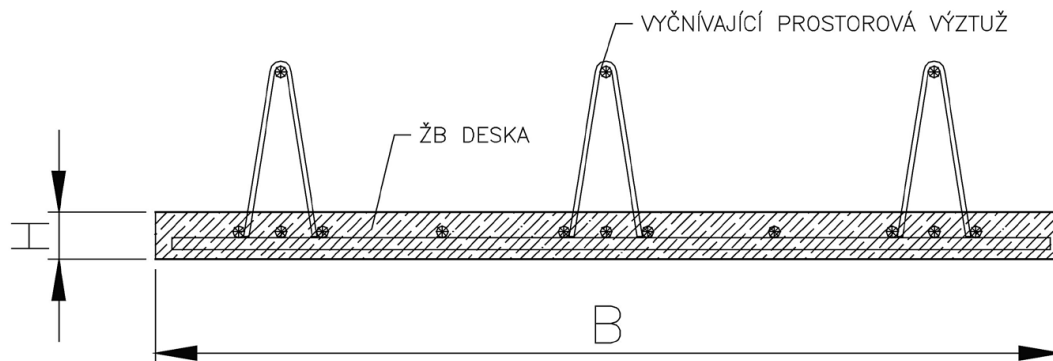
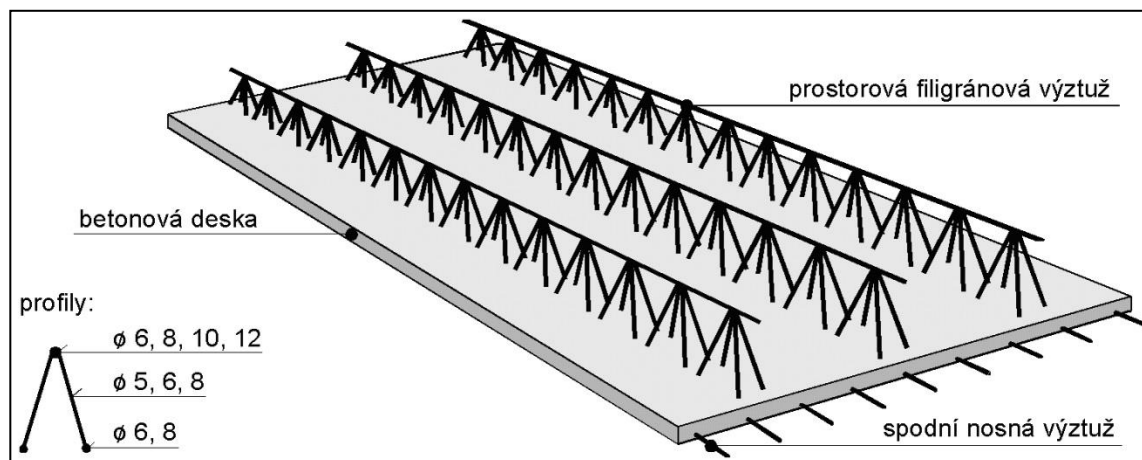
- **Příhradoviny –**



• Příklady svařovaných příhradovin

Druhy betonářské výztuže

- **Příhradoviny –**



Značení betonářské výztuže

- **Podle EN: B XXX Y,**

kde: B – označení pro betonářskou ocel

XXX – hodnota charakteristické meze kluzu v MPa

Y – písmeno označující třídu tažnosti

např: B 500 A

- **Podle ČSN: 10 XXY.Z**

kde: 10 – označení pro betonářskou výztuž

XX – 1/10 hodnoty normové meze kluzu

Y – (5-9) další vlastnosti způsobu tepelného zpracování

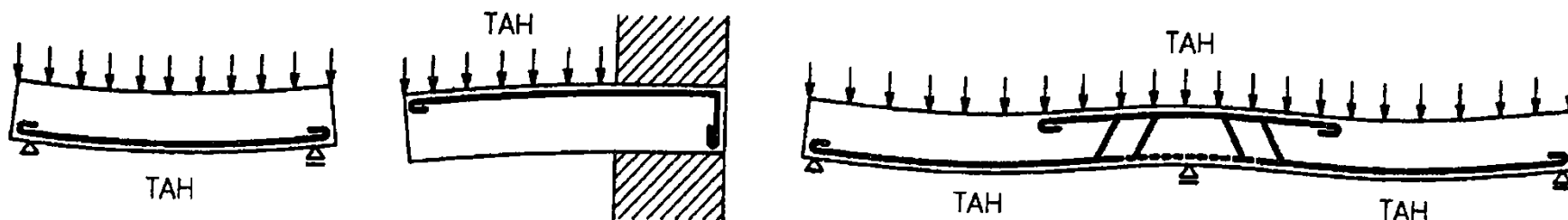
.Z – druh výrobního postupu

např.: 10 505.9 (řízeně ochlazovaná) – svařováním se značně
snižuje únosnost !!!

10 505.0 (tepelně nezpracovaná)

Podstata železobetonu

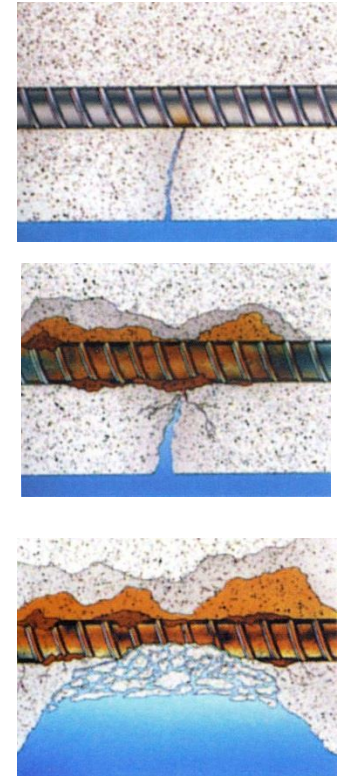
- Beton je stavivo, které vzniká **dokonalým a trvalým spojením betonu a oceli**. Při tvrdnutí se vložky spojí s betonem a **působí staticky společně**.
- Přenáší **tahové síly** – je nutno **zakotvit**.



Umístění tahové výztuže v konstrukčních prvcích namáhaných ohybem

Podmínky spolupůsobení

- Dokonalost spojení je dána **soudržností** obou látek.
- **Trvanlivost** je podmíněna:
 - *stejnou tepelnou roztažností* (10^{-5} K^{-1})
 - dokonalou *ochranou ocelových vložek před korozí*.



objem výztuže se ze 100 %
zvyšuje na 250 %

Soudržnost

- brání při přetváření konstrukce volnému posouvání vložek v betonu a nutí je aby, se přetvářely stejně jako je obklopující beton.
- soudržnost vzniká tím, že hydratující cement proniká do všech nerovností povrchu vložek.
- účinnost se zvyšuje i sevřením vložek v důsledku smršťování.
- větší soudržnost vzniká, působí-li tlak kolmo k vložkám, jeli na vložce provedena vhodná povrchová úprava, má-li vložka vhodné koncové úpravy (např. hák).

Soudržnost

- Kotvení betonářské výztuže

– přetržení

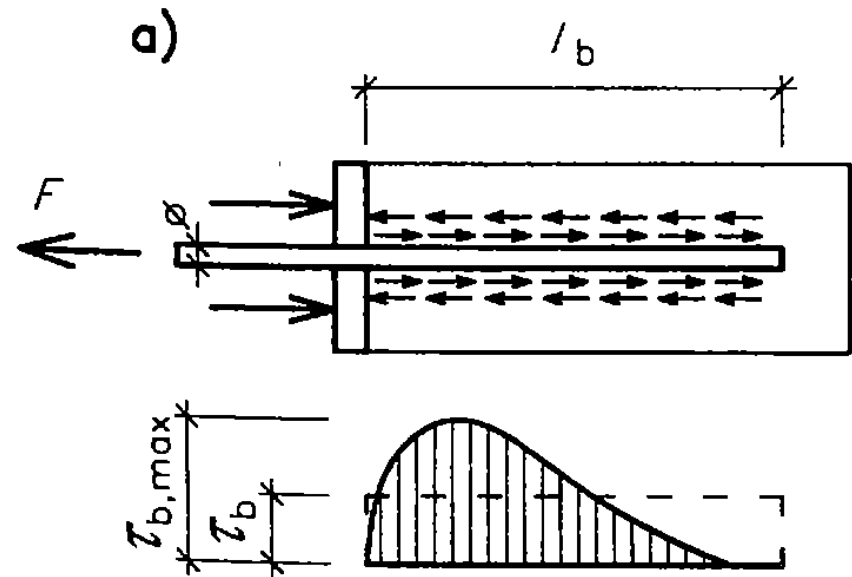
$$F = A_s f_{yd} = \frac{\pi \phi^2}{4} f_{yd}$$

– vytržení

$$F = f_{bd} \pi \phi l_b$$

→ kotevní délka

$$l_b = \frac{\phi}{4} \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$$

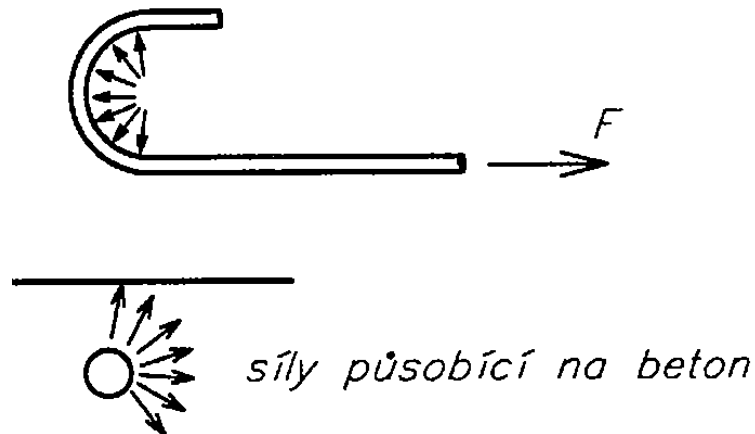


Soudržnost

Vlivy ovlivňující kotevní délku

- *Koncové úpravy* – přídatná soustředěná tlaková namáhání betonu, která mohou vést k **otlačení betonu**, k **odštěpení krycí vrstvy**.

Proto je nutno dodržovat konstrukční úpravy (poloměry zakřivení háků, průměry přivařených příčné pruty, předepsanou tloušťku krycí vrstvy betonu)



Soudržnost

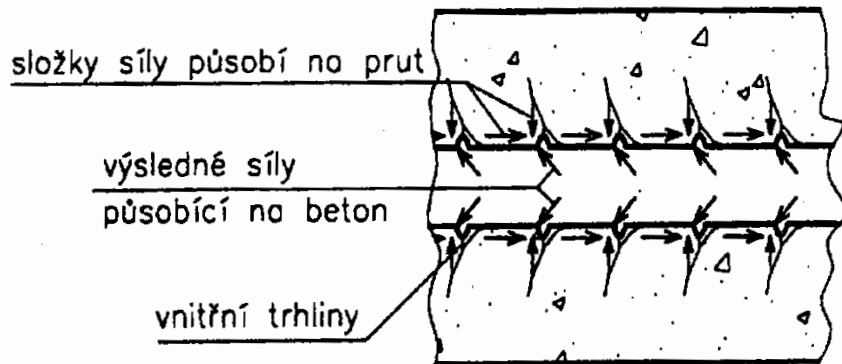
- u betonu:
 - dostatečné množství cementu
 - způsob zpracování
 - dostatečné zhutnění – přilehnutí betonové směsi k výztuži
 - tloušťka betonové krycí vrstvy (výztuž obklopena ze všech stran)
 - umístění v konstrukci (po výšce se mění tlak betonové směsi, který kladně ovlivňuje velikost soudržnosti)

Soudržnost

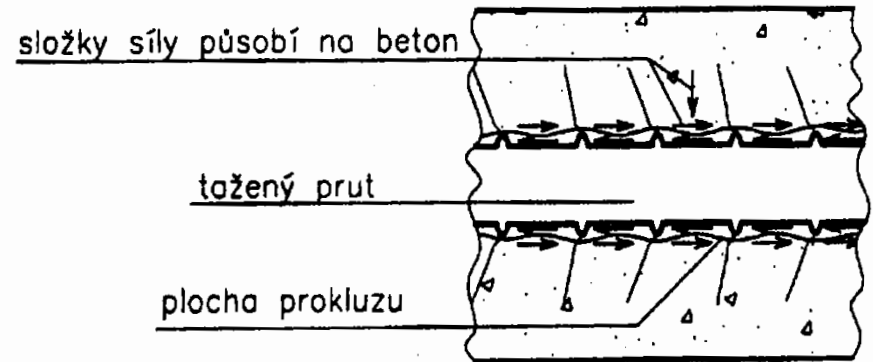
- u oceli:

- povrch vložek – má být čistý a drsný (žebírkový), při kotvení žebírka vyvozují tlakové síly na beton – vzniká příčné tlakové napětí, při tomto hrozí ztráta soudržnosti a odštěpení betonové krycí vrstvy – vhodná volba kotevní oblasti a tvar vložek.
dostatečné množství cementu

a)



b)



Deformace v okolí žebírkového prutu: a) při porušení odštěpením betonu
b) při porušení soudržnosti

Trvanlivost

- Ochrana oceli před korozi

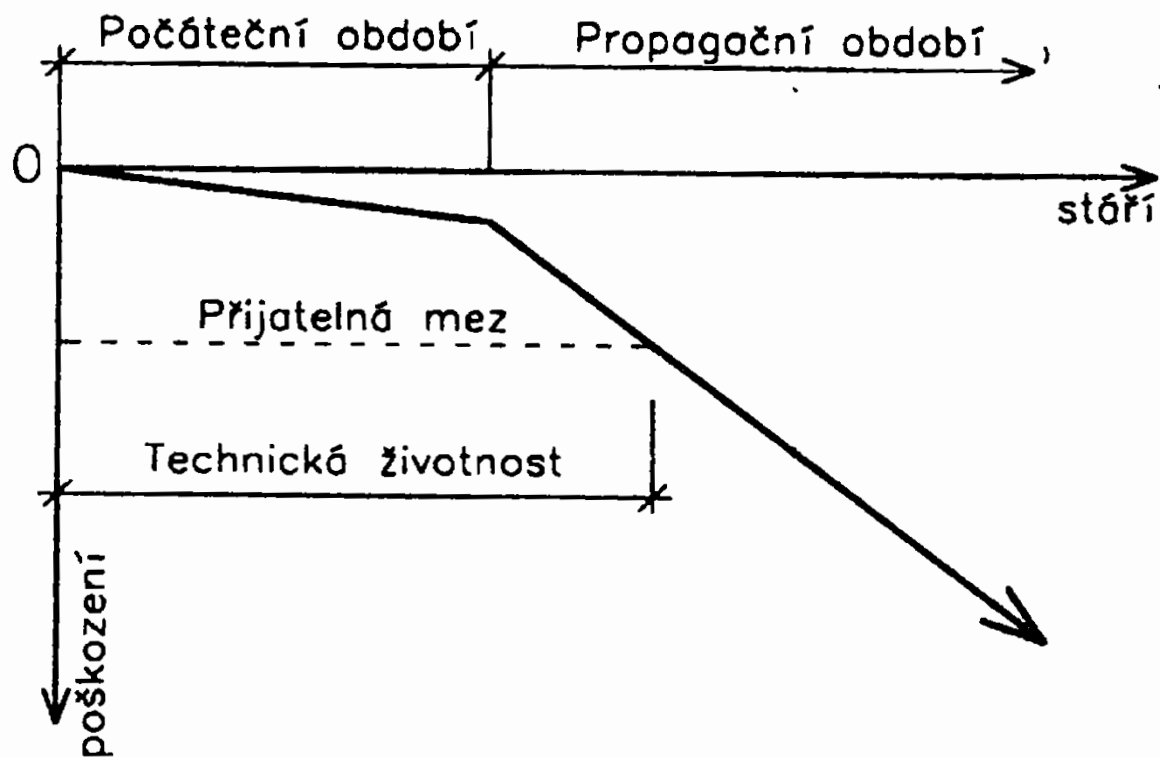
- Beton - zásadité prostředí pH=12,5

- Krycí vrstva :

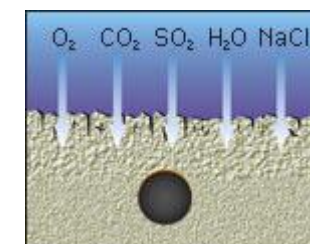
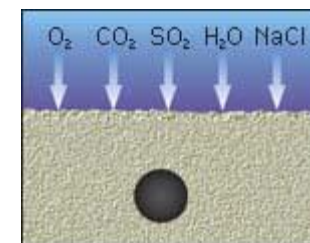
- kvalitní
 - malá prostupnost
 - malá pórovitost
 - malá difúzní schopnost
 - dostatečná tloušťka krycí betonové vrstvy
 - beton musí být dostatečně hutný

Trvanlivost a krytí výztuže

- Fáze porušování
 - počáteční období – depasivace krycí vrstvy
 - propagační - dochází k rozrušování výztuže



pH=12,5



méně než pH=9



Podmínky prostředí

Agresivita prostředí obklopující konstrukci – stupně vlivu prostředí

• Opatření v závislosti na stupni vlivu prostředí:

– **technologická**

- použití minimální pevnostní třídy betonu
- minimální obsah cementu
- maximální vodní součinitel
- případný obsah vzduchu odpovídající aktivnímu provzdušnění

(ČSN EN 206-1-1) jako doporučení

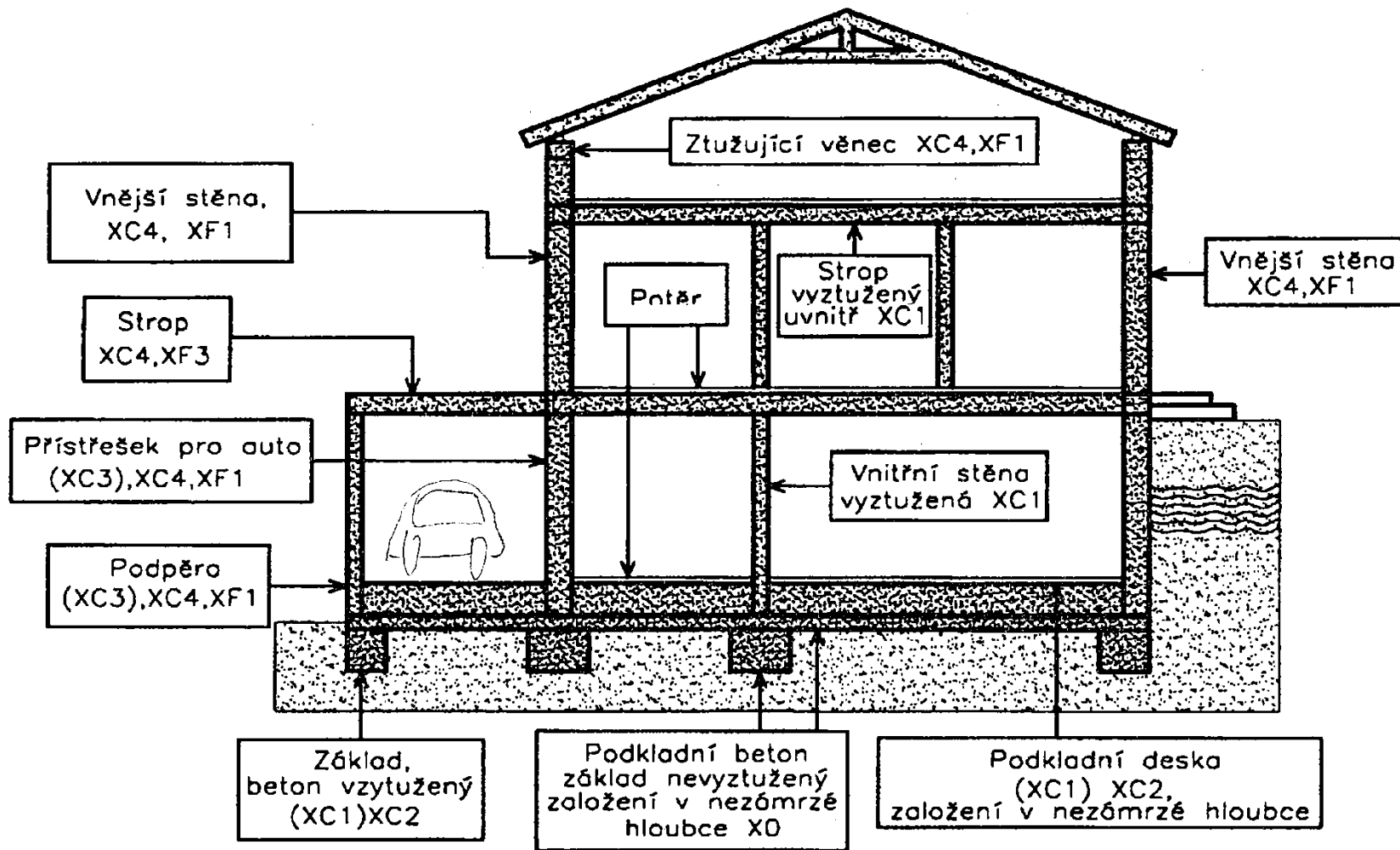
– **konstrukční** – opatření v ČSN EN 1992-1-1 zejména jde o velikost krytí výztuže betonovou vrstvou

Stupně vlivu prostředí vztahující se k podmínkám prostředí podle EN 206-1 [11]

Handwritten note: w/c

Označení prostředí	Popis prostředí	Informativní příklady prostředí	Min. třída betonu ¹⁾ , min. w/c a min. množství cementu kg/m ³ ²⁾
1 Bez rizika poškození			
X0	Beton bez výztuže nebo s výztuží v suchém prostředí	Beton uvnitř budov s nízkou vlhkostí vzduchu	C12/15
2 Koroze způsobená karbonatací			
XC1	Suché, stále mokré	Beton uvnitř budov s nízkou vlhkostí vzduchu, beton trvale ponořený ve vodě	C20/25; 0,65, 260
XC2	Mokré, občas Suché	Povrchy betonů vystavené dlouhodobému působení vody; většina základů	C25/30; 0,60, 280
XC3	Středně vlhké	Beton uvnitř budov se střední nebo velkou vlhkostí vzduchu; venkovní beton chráněný proti dešti	C30/37; 0,55, 280
XC4	Střídavě mokré a suché	Povrchy betonů ve styku s vodou, ne však ve stupni vlivu prostředí XC2	C30/37; 0,50, 300
3 Koroze způsobená chloridy			
XD1	Středně vlhké	Povrchy betonů vystavené chloridům rozptýleným ve vzduchu	C30/37; 0,55, 300
XD2	Mokré, zřídka suché	Plavecké bazény; betonové součásti vystavené působení průmyslových vod obsahujících chloridy	C30/37; 0,55, 300
XD3	Střídavě mokré a suché	Části mostů vystavené postřiku obsahujícímu chloridy; vozovky; desky parkovišť	C35/45; 0,45, 320
4 Koroze způsobená chloridy z mořské vody			
XS1	Vystavené slanámu vzduchu, ale ne ve styku s mořskou vodou	Stavby na mořském pobřeží nebo v jeho blízkosti	C30/37; 0,50, 300
XS2	Trvale ponořené	Části staveb na moři	C35/45; 0,45, 320
XS3	Smáčené a ostříkované přílivem	Části staveb na moři	C35/45; 0,45, 320

5 Poškození betonu - střídavé působení mrazu a rozmrzávání			
XF1	Mírně nasycen vodou, bez rozmrazovacích prostředků	Svislé betonové povrchy vystavené dešti a mrazu	C30/37; 0,55, 300 ⁴⁾
XF2	Mírně nasycen vodou, s rozmrazovacími prostředky	Svislé betonové povrchy konstrukcí pozemních komunikací vystavené mrazu a rozmrazovacím prostředkům rozptýleným ve vzduchu	C25/30; 0,55, 300 ^{4),5)}
XF3	Značně nasycen vodou, bez rozmrazovacích prostředků	Vodorovné betonové povrchy vystavené dešti a mrazu	C30/37; 0,50, 320 ^{4),5)}
XF4	Značně nasycen vodou, s rozmrazovacími prostředky	Vozovky a mostovky vystavené rozmrazovacím prostředkům; betonové povrchy vystavené přímému ostříku rozmrazovacími prostředky a mrazu; omývaná část staveb na moři vystavená mrazu	C30/37; 0,50, 340 ^{4),5)}
6 Poškození betonu – chemické napadení			
XA1	Slabě agresivní prostředí ³⁾	Přírodní zemina a spodní voda	C30/37; 0,55, 300
XA2	Středně agresivní prostředí ³⁾	Přírodní zemina a spodní voda	C30/37; 0,50, 320 ⁶⁾
XA3	Vysoce agresivní prostředí ³⁾	Přírodní zemina a spodní voda	C35/45; 0,45, 360 ⁶⁾



Stupně vlivu prostředí v obytné budově

Betonová krycí vrstva

Betonová krycí vrstva je vzdálenost mezi povrchem výztuže a nejbližším povrchem betonu.

Jmenovitá (nominální) hodnota tloušťky betonové krycí vrstvy c_{nom} se stanoví jako součet minimální hodnoty krytí c_{min} a přírůstku na návrhovou odchylku Δc_{dev} , tedy:

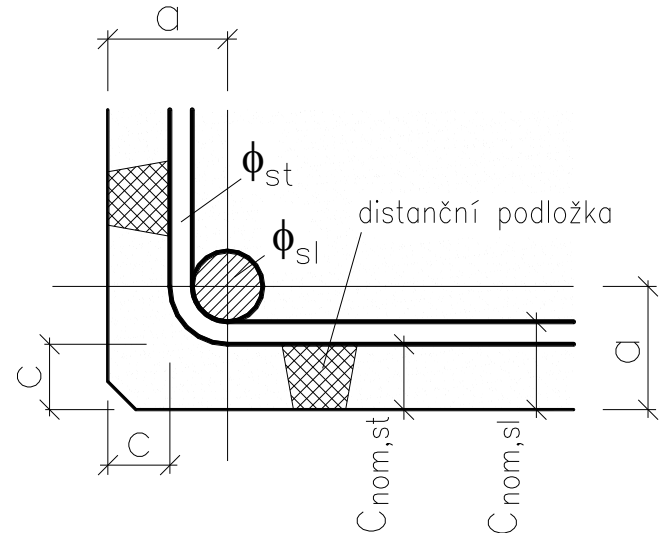
$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Hodnota c_{min} je větší z hodnot:

$$c_{min} = \max \left(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm} \right)$$

kde

$c_{min,b}$	je minimální krycí vrstva s přihlédnutím k požadavku soudržnosti
$c_{min,dur}$	je minimální krycí vrstva s přihlédnutím k podmínkám prostředí
$\Delta c_{min,y}$	je přírůstná hodnota z hlediska spolehlivosti
$\Delta c_{dur,st}$	je redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli
$\Delta c_{dur,add}$	je redukce min. krycí vrstvy při použití přírůstné ochrany (např. povlak výztuže)



Betonová krycí vrstva

Minimální hodnota $c_{min,b}$ krycí vrstvy s přihlédnutím k požadavku **soudržnosti** :

Betonářská výztuž :

$c_{min,b} \geq \phi$ nebo ϕ_n pro $d_g < 32$ mm

$c_{min,b} \geq (\phi + 5 \text{ mm})$ nebo $(\phi_n + 5 \text{ mm})$ pro $d_g > 32$ mm

kde: ϕ je průměr výztužného prutu nebo hadice pro PV

ϕ_n je náhradní průměr skupinové vložky

d_g je největší jmenovitý rozměr zrn kameniva

Dodatečně předpínaná soudržná výztuž

-při kruhovém kanálku: jeho průměr (max. 80 mm)

-při obdélníkovém kanálku: větší z hodnot: menší rozměr, nebo polovina většího rozměru (max. 80 mm)

Předem předpínaná výztuž

-1,5 násobek průměru lana nebo hladkého drátu, 2,5 násobek průměru drátu s vtisky

Betonová krycí vrstva

Minimální hodnota $c_{min,dur}$ krycí vrstvy z hlediska stupně vlivu prostředí a třídy konstrukce (**trvanlivosti**) je dána hodnotami v následujících tabulkách:

Minimální hodnoty krycí vrstvy $c_{min,dur}$ požadované z hlediska trvanlivosti pro betonářskou výztuž podle EN 10080							
Třída konstrukce	Stupeň vlivu prostředí						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4¹⁾	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

1) Doporučená třída konstrukce pro návrhovou životnost 50 let je S4 pro indikativní třídu betonu.

Minimální hodnoty krycí vrstvy $c_{min,dur}$ požadované z hlediska trvanlivosti pro předpínací výztuž							
Třída konstrukce	Stupeň vlivu prostředí						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	15	20	25	30	35	40
S2	10	15	25	30	35	40	45
S3	10	20	30	35	40	45	50
S4¹⁾	10	25	35	40	45	50	55
S5	15	30	40	45	50	55	60
S6	20	35	45	50	55	60	65

Betonová krycí vrstva

Doporučené úpravy tříd konstrukce (dle Národní přílohy ČR):

Třída konstrukce								
Kritérium	Stupeň vlivu prostředí							
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3
Návrhová životnost 80 let	Zvětšit třídu o 1							
Návrhová životnost 100 let	Zvětšit třídu o 2							
Pevnostní třída betonu ¹⁾	\geq C 20/25	\geq C 25/30	\geq C 30/37	\geq C 35/ 45	\geq C 40/50	\geq C 40/50	\geq C 45/55	\geq C 45/55
	Je-li splněna podmínka pevnostní třídy betonu, zmenšit třídu o 1							
Deskové konstrukce	Zmenšit o 1 třídu							
Zvláštní kontrola kvality	Zmenšit o 1 třídu							
¹⁾ Pevnostní třída a poměr w/c jsou považovány za související hodnoty. Pro výrobu málo propustného betonu lze použít zvláštní složení (druh cementu, hodnota w/c, jemné plnivo).								

Betonová krycí vrstva

Doporučené hodnoty:

$\Delta c_{dur,\gamma} = 0$ není-li požadována vyšší spolehlivost;

$\Delta c_{dur,\gamma} = 0$ pokud se nepoužije nerezavějící ocel;

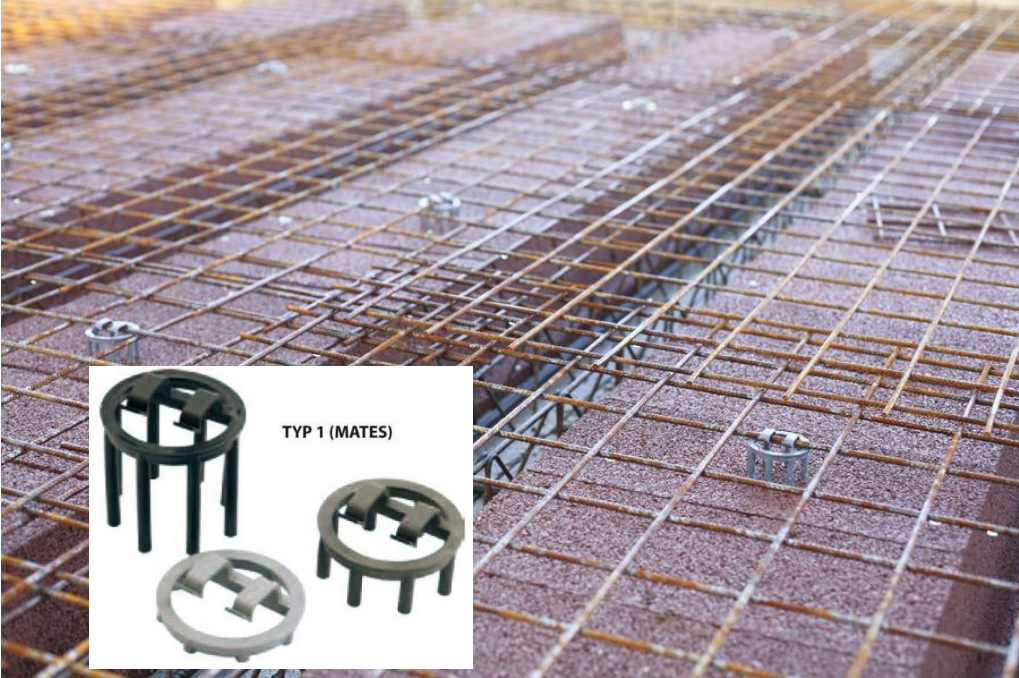
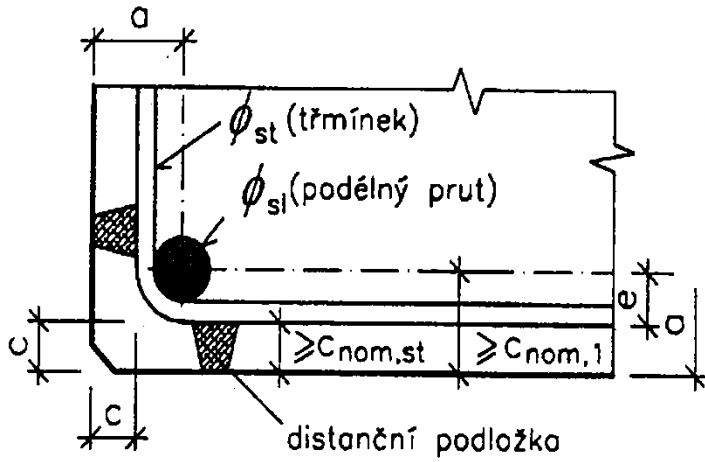
$\Delta c_{dur,add} = 0$ pokud se neprovede přídatná ochrana oceli.

Přídavek pro návrhovou odchylku Δc_{dev} :

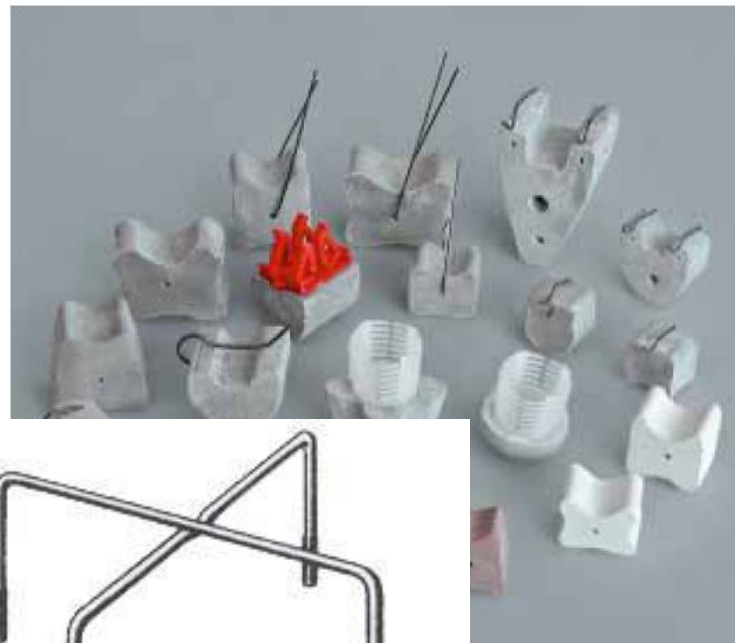
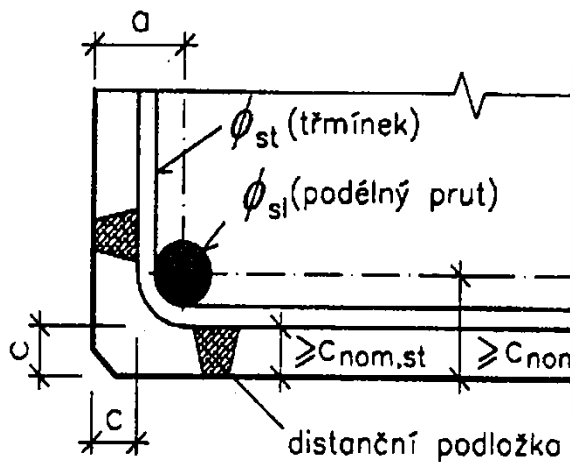
doporučená hodnota je 10 mm. Pokud je při výrobě prefabrikátů uplatněn systém zajištění kvality zahrnující opatření pro zajištění tloušťky betonové krycí vrstvy, pak lze při návrhu toleranci redukovat a uvažovat $10\text{mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 5\text{mm}$. Pokud je zajištěno, že použitím velice citlivých přístrojů budou odmítnuty nevyhovující prvky (např. prefabrikáty), pak lze při návrhu toleranci redukovat a uvažovat $5\text{mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 0\text{mm}$.

Při betonáži na nerovné povrchy má být nominální krycí vrstva zvětšena o toleranci s přihlédnutím k velikosti nerovností. Při betonáži na upravené podloží (včetně podkladního betonu) má být nejméně 40mm, při betonáži přímo na zeminu pak 75mm.

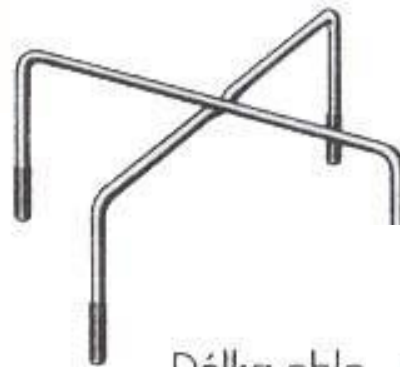
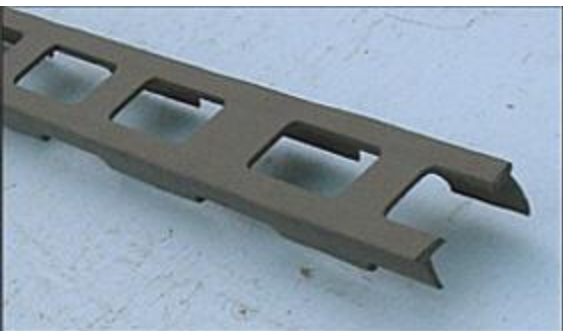
Výpočet krycí vrstvy betonu



Výpočet krycí vrstvy betonu



Tloušťka betonové krycí vrstvy

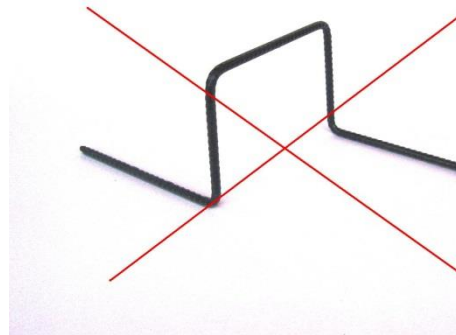
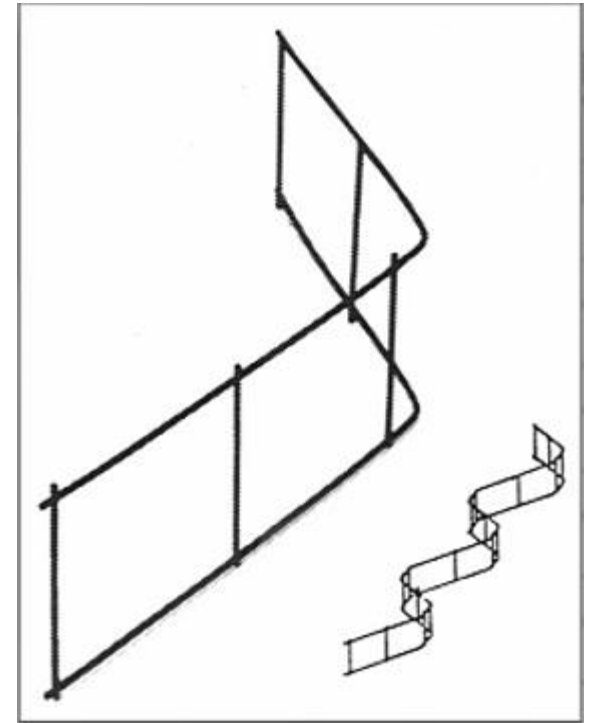


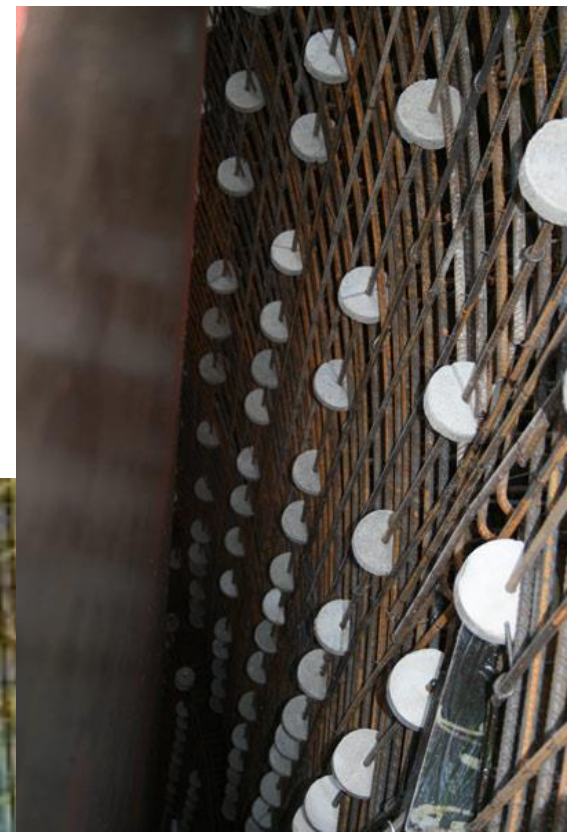
Délka oblo
300 x 300



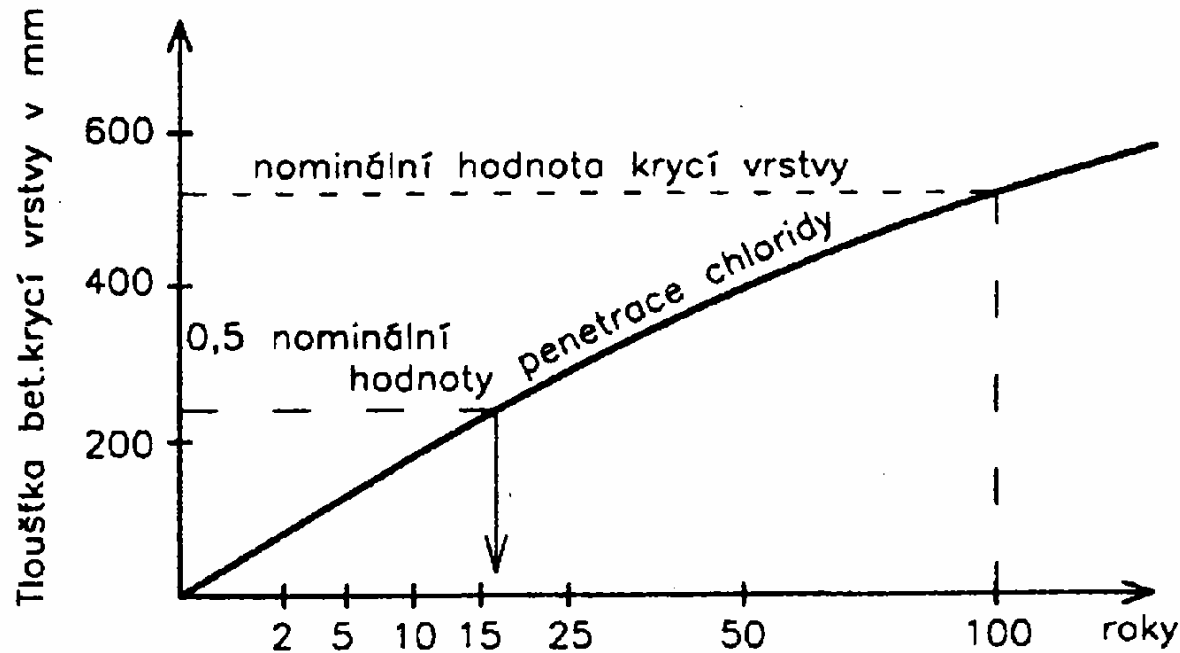
300
mm

Výpočet krycí vrstvy betonu





- Zmenší-li se požadovaná tloušťka betonu krycí vrstvy na polovinu klesne životnost konstrukce ze 100 let na 16,5 roků, tj. na 1/6 !!!



Příklad závislosti tloušťky betonové krycí vrstvy na životnosti konstrukce

mirra[®] czech
výroba distančních podložek do betonu



W W W .



mirra[®] czech
výroba distančních podložek do betonu



MIRRA czech, s.r.o.

fakturační adresa:

Lípa nad Orlicí 155, 517 21 Týniště nad Orlicí

provoz: V Sítinách 588, Týniště nad Orlicí

tel./fax: +420 - 494 377 122

tel.: 494 370 244

e-mail: mirra@mirra.cz

www.mirra.cz