

Kotvení výztuže

K výpočtu kotevní délky je třeba znát **mezní napětí v soudržnosti**, které závisí na kvalitě betonu, podmínkách soudržnosti a povrchu výztuže (hladká, žebírková). Norma EN neuvažuje pro vyztužování železobetonových prvků použití hladké výztuže. Pro žebírkovou výztuž se určuje návrhová hodnota mezního napětí v soudržnosti f_{bd} ze vztahu

$$f_{bd} = 2,25 h_1 \cdot h_2 \cdot f_{ctd} \quad (1)$$

kde: f_{ctd} je návrhová pevnost betonu v tahu, která by neměla přesahovat hodnotu pro C60/75, pokud se neověří, že průměrná hodnota pevnosti v soudržnosti přesahuje tuto mez

h_1 součinitel, zohledňující kvalitu podmínek soudržnosti a polohu prutu během betonáže

$h_1 = 1,0$ pro „dobré“ podmínky, $h_1 = 0,7$ pro ostatní případy (např. vodorovná výztuž více než 250mm nade dnem bednění)

h_2 součinitel zohledňující průměr prutu f :

$h_2 = 1,0$ pro $f \leq 32$ mm; $h_2 = (132 - f)/100$ pro $f > 32$ mm

Základní kotevní délka závisí na druhu výztužné oceli a vlastnostech prutů z hlediska soudržnosti. Základní kotevní délka $l_{b,rqd}$ je délka zabetonovaného přímého prutu nutná k zachycení síly $A_s \sigma_{sd}$ stanovaná za předpokladu, že napětí v soudržnosti je podél této kotevní délky konstantní a rovná se f_{bd} . Vypočte se podle vztahu

$$l_{b,rqd} = \frac{f \cdot s_{sd}}{4 \cdot f_{bd}} \quad (2)$$

kde σ_{sd} je návrhové namáhání prutu v místě, odkud se měří kotvení, f_{bd} se stanoví ze vztahu (1)

Návrhová kotevní délka se stanoví ze základní kotevní délky s uvažováním ovlivňujících faktorů. Pro ohnuté pruty se návrhová kotevní délka měří podél střednice prutu. U svařovaných sítí se zdvojenými vložkami se za průměr f do vztahu (2) dosazuje náhradní průřez $f_n = f \sqrt{2}$. Návrhová kotevní délka je dána vztahem

$$l_{bd} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot a_4 \cdot a_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min} \quad (3)$$

kde $l_{b,rqd}$ se určí podle vztahu (2),

$l_{b,min}$ je minimální kotevní délka - pro kotvení v oblastech tahu $l_{b,min} > \max(0,3 l_{b,rqd}, 10f, 100\text{mm})$, pro tlačené pruty $l_{b,min} > \max(0,6 l_{b,rqd}, 10f, 100\text{mm})$,

a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 jsou součinitele, jejichž hodnoty (v rozmezí 0,7 až 1,0) vyjadřují různé ovlivňující podmínky a musí zároveň platit, že součin $a_2 \cdot a_3 \cdot a_5 \geq 0,7$,

α_1 vyjadřuje vliv tvaru prutu za předpokladu odpovídající krycí vrstvy betonu (viz obrázek 8.1);

α_2 vyjadřuje vliv minimální betonové krycí vrstvy (viz obrázek 8.3);

α_3 vyjadřuje vliv ovinutí příčnou výztuží;

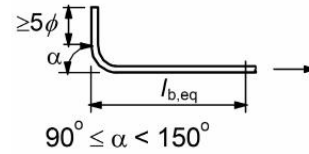
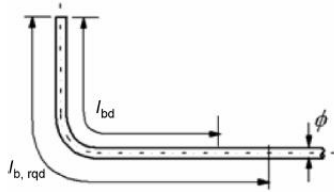
α_4 vyjadřuje vliv jednoho nebo více příčně přivařených prutů ($\alpha > 0,6\phi$) v návrhové kotevní délce l_{bd}

α_5 vyjadřuje vliv tlaku kolmého na rovinu odštěpování betonu v návrhové kotevní délce.

!!! α_3 a α_4 mohou být $< 1,0$ pouze v případě, že je v konstrukci přítomna nějaká příčná výztuž. Pokud není, jsou tyto součinitele rovny 1,0.

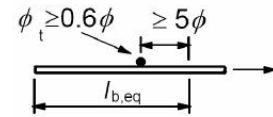
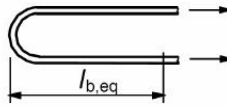
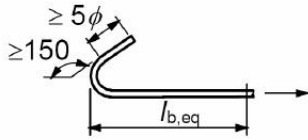
Tabulka 8.2 – Hodnoty součinitelů α_1 , α_2 , α_3 , α_4 a α_5

Ovlivňující činitel	Způsob kotvení	Prut betonářské výztuže	
		tažený	tlačený
Tvar prutů	přímý prut	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	jiný než přímý prut (viz obrázek 8.1 (b), (c) a (d))	$\alpha_1 = 0,7$ pokud $c_d > 3\phi$ jinak $\alpha_1 = 1,0$ (viz obrázek 8.3 pro hodnoty c_d)	$\alpha_1 = 1,0$
Betonová krycí vrstva	přímý prut	$\alpha_2 = 1 - 0,15 (c_d - \phi) / \phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
	jiný než přímý prut (viz obrázek 8.1 (b), (c) a (d))	$\alpha_2 = 1 - 0,15 (c_d - 3\phi) / \phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (viz obrázek 8.3 pro hodnoty c_d)	$\alpha_2 = 1,0$
Ovinutí příčnou výztuží nepřivařenou k hlavní výztuží	všechny způsoby kotvení	$\alpha_3 = 1 - K\lambda$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$
Ovinutí přivařenou příčnou výztuží*	všechny způsoby kotvení, poloha a rozměr podle obrázku 8.1 (e)	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Účinek ovinutí příčným tlakem	všechny způsoby kotvení	$\alpha_5 = 1 - 0,04p$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	–
<p>kde</p> <p>$\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}) / A_s$;</p> <p>$\Sigma A_{st}$ průřezová plocha příčné výztuže v oblasti návrhové kotevní délky l_{bd};</p> <p>$\Sigma A_{st,min}$ průřezová plocha minimální příčné výztuže; = 0,25 A_s pro nosníky a 0 pro desky;</p> <p>A_s plocha jednoho kotveného prutu s největším průměrem;</p> <p>K hodnota podle obrázku 8.4;</p> <p>p příčný tlak [MPa] za mezního stavu únosnosti v oblasti l_{bd}.</p>			
<p>* Viz též 8.6: Při přímém uložení lze l_{bd} uvažovat hodnotou menší než $l_{b,min}$ za předpokladu, že v oblasti podpory se nachází aspoň jeden přivařený příčný prut. Tento prut má být nejméně 15 mm od líce podpory.</p>			



a) základní požadovaná tahová kotvení délka, $l_{b,rqd}$, měřená u všech tvarů ve střednici

b) ekvivalentní kotvení délka pro standardní ohyb

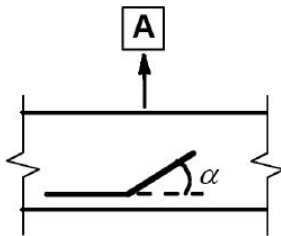


c) ekvivalentní kotvení délka pro standardní hák

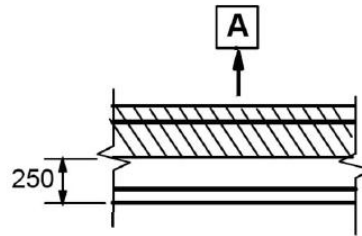
d) ekvivalentní kotvení délka pro standardní smyčku

e) ekvivalentní kotvení délka pro příčně přivařený prut

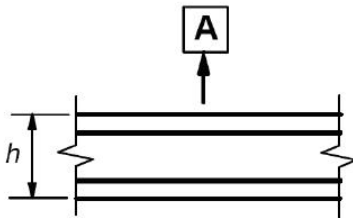
Obrázek 8.1 – Způsoby kotvení jiné než přímou koncovou úpravou



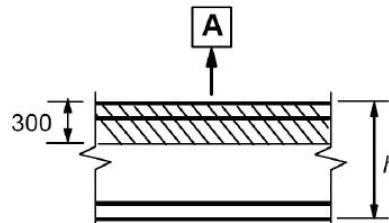
a) $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$



c) $h > 250 \text{ mm}$



b) $h \leq 250 \text{ mm}$

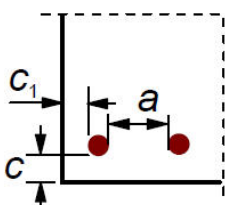


d) $h > 600 \text{ mm}$

a) & b) „dobré“ podmínky soudržnosti pro všechny pruty

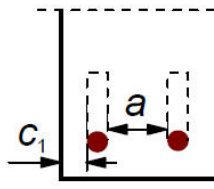
c) & d) nevyšrafovaná oblast – „dobré“ podmínky soudržnosti
vyšrafovaná oblast – „špatné“ podmínky soudržnosti

Obrázek 8.2 – Popis podmínek soudržnosti – A – směr betonáže



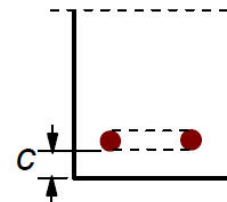
a) přímé pruty

$$c_d = \min(a/2, c_1, c)$$



b) pruty s ohyby nebo háky

$$c_d = \min(a/2, c_1)$$



c) pruty se smyčkou

$$c_d = c$$

Obrázek 8.3 – Hodnoty c_d pro nosníky a desky

Stykování výztuže přesahem

Provádí se přesahem přímých prutů nebo prutů s háky. Styky mají být vystřídány a nemají být navrhovány v oblastech max.namáhání, umístění v průřezu má být symetrické. Pokud jsou stykované pruty v jedné vrstvě a jsou splněna uvedená doporučení, je možno stykovat 100% tažených prutů, pro pruty ve více vrstvách má být podíl stykovaných prutů snížen na 50%.

Délka přesahu vychází z kotevní délky stykovaných prutů, je třeba přihlídnout k podílu stykované a celkové výztuže. Návrhová délka přesahu se vypočte ze vztahu:

$$l_0 = a_1 a_2 a_3 a_5 a_6 l_{b,rqd} \geq l_{0,min} \quad (4)$$

kde $l_{b,rqd}$ se vypočte podle vztahu (10.2)

$$l_{0,min} > \max(0,3 a_6 l_{b,rqd}; 15f; 200\text{mm})$$

a_1, a_2, a_3, a_5 se určí obdobně jako při stanovení l_{bd} podle výše uvedených vztahů vztahů;

$a_6 = (r_1/25)^{0,5}$, s omezením $a_6 \leq 1,5$, kde r_1 procento výztuže stykované přesahem v oblasti $0,65l_0$ od osy přesahu (v obou směrech), hodnoty a_6 viz Tab.

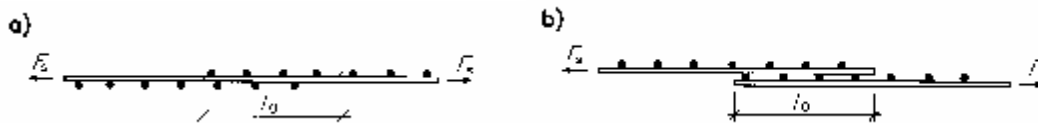
Tab.Hodnoty součinitele a_6 (mezilehlé hodnoty se stanoví interpolací)

Procento stykované výztuže	<25%	33%	50%	> 50%
a_6	1,0	1,15	1,4	1,5

Příčná výztuž v oblasti stykování přesahem je nutná k zachycení příčných tahových sil. Pokud průměr stykované výztuže $f < 20\text{mm}$ nebo je průřezu stykováno méně než 20% výztuže, je možné ponechat pouze běžnou příčnou výztuž bez dalšího ověření. Při stykování výztužných prutů $f \geq 20\text{mm}$ má být navržena příčná výztuž kolmá na stykované pruty.

Pro **přesahy sítí** platí obdobné zásady jako pro stykování prutů přesahem.

Norma EN uvádí pravidla pouze pro sítě ze žebírkových drátů. Pro přesahy ve směru nosné výztuže je třeba rozlišovat provedení – způsob kladení stykovaných sítí.



Obr. Stykování sítí – přesahy ve směru nosné výztuže

a) stykování v jedné rovině b) stykování ve dvou rovinách

Při namáhání na únavu má být užito stykování v jedné rovině. Pro stykování v jedné rovině platí stejná pravidla jako pro stykování jednotlivých prutů přesahem. Při stanovení l_0 podle vztahu (4) se však uvažuje vždy $a_3 = 1,0$. Platí vztah pro a_6 a Tab. Při stykování ve dvou rovinách má být návrh proveden tak, aby napětí ve výztuži v mezním stavu únosnosti nebylo větší než 80% návrhové pevnosti. Pokud není splněno, má se při výpočtu momentu únosnosti stanovit účinná výška z polohy výztuže vzdálenější od taženého okraje a zvýšit o 25% plochu výztuže nutnou z hlediska omezení šířky trhlin. V jednom průřezu je možno stykovat:

100% výztuže, pokud $(A_s/s)_{prov} \leq 1200\text{mm}^2/\text{m}$, max.60% výztuže, pokud $(A_s/s)_{prov} > 1200\text{mm}^2/\text{m}$, kde $(A_s/s)_{prov}$ je skutečná měrná plocha nosných výztužných prutů sítě.

Styky musí být vystřídány ve vzdálenostech $\geq 1,3l_0$ (l_0 podle vztahu (4)). Přídavná příčná výztuž není nutná.

Pomocná a rozdělovací výztuž může být stykována 100% v jednom průřezu. Délka přesahu je pro dráty $f \leq 6$ minimálně 150mm a zároveň min. 1 rozteč, pro $6 < f \leq 8,5$, minimálně 250mm 2 rozteče, pro $8,5 < f \leq 12$ minimálně 350mm a 2 rozteče.