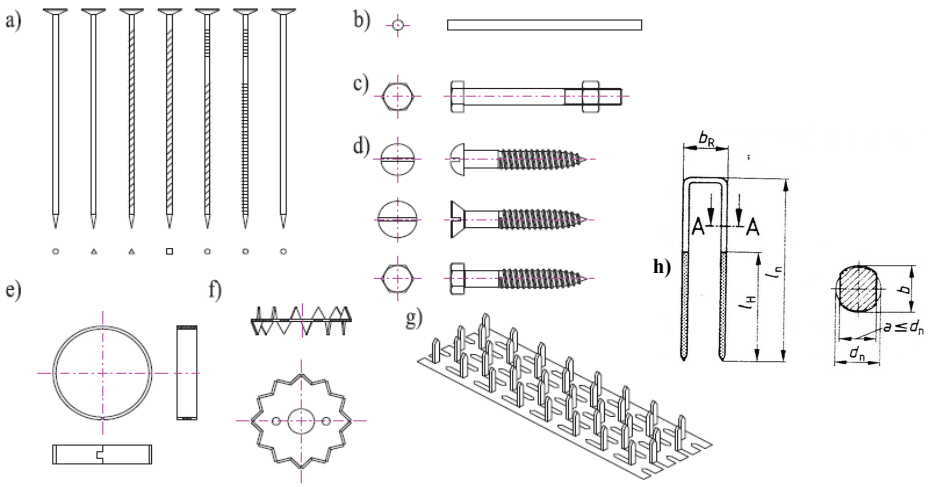
Kolíkové spoje – teorie
Hřebíkové spoje

Konstrukční spoje

Sebera, Tippner, Milch



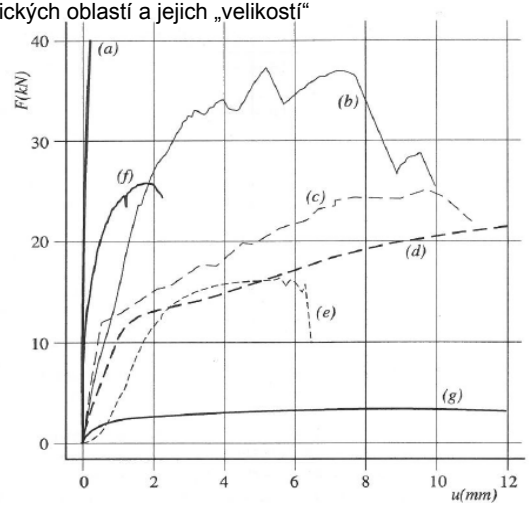
Obr. 8.1 - Ocelové spojovací prostředky

a) hřebíky, b) kolík, c) svorník, d) vruty, e) prstencový hmoždík, f) ozubený hmoždík, g) deska s prolisovanými trny h) sponky

Kuklík et al.

Mechanické chování spojů - obecně

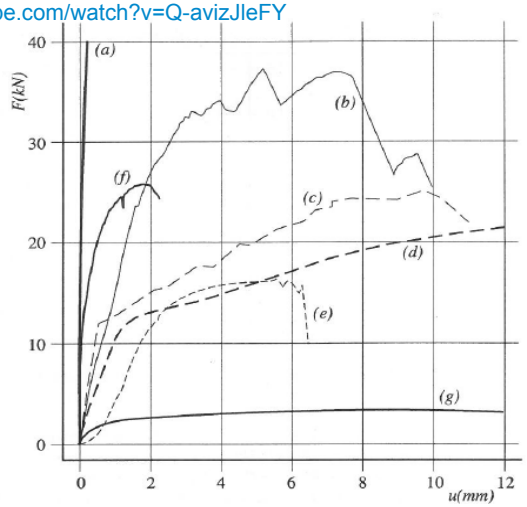
- Chování různých druhů spojů
- Všimněte si plastických oblastí a jejich „velikostí“



Obr. 3 Experimentální křivky zatížení-přetvoření pro spoje při namáhání tahem rovnoběžně s vlákny: (a) lepený spoj (12,5 10^3 mm^2), (b) vkládaný hmoždík (100 mm), (c) dvoustranný zalisovaný hmoždík (62 mm) (Harashima, 1990), (d) kolík (14 mm), (e) svorník (14 mm), (f) styčníková deska s prolisovanými trny (10^4 mm^2), (g) hřebík (4,4 mm).

Mechanické chování spojů - obecně

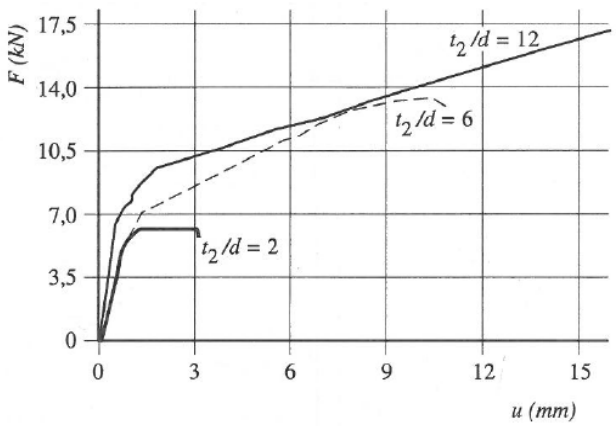
- http://www.youtube.com/watch?v=GrIgQAAsVsI
- http://www.youtube.com/watch?v=Q-avizJleFY



Obr. 3 Experimentální křivky zatížení-přetvoření pro spoje při namáhání tahem rovnoběžně s vlákny: (a) lepený spoj (12,5 10^3 mm^2), (b) vkládaný hmoždík (100 mm), (c) dvoustranný zalisovaný hmoždík (62 mm) (Harashima, 1990), (d) kolík (14 mm), (e) svorník (14 mm), (f) styčníková deska s prolisovanými trny (10^4 mm^2), (g) hřebík (4,4 mm).

Mechanické chování spojů - obecně

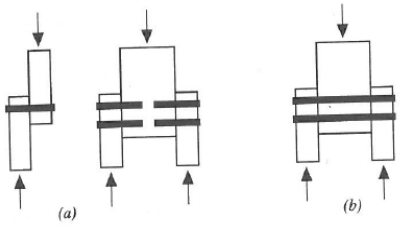
- Chování kolíkových spojů při různé štíhlosti
- Porovnejte plastické oblasti a jejich „velikosti“



Obr. 4 Vliv štíhlosti kolíku na závislost zatížení-přetvoření spoje dřevo-dřevo při namáhání tahem rovnoběžně s vlákny.

Teorie kolíkových spojů

- Kolíkové spoje jsou nejčastěji namáhány na střih
- Rozlišujeme **jednostřižné** a **dvoustřižné** spoje

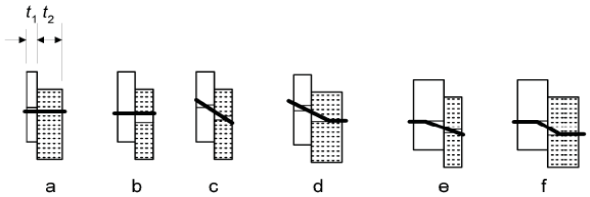


Obr. 1 Spoje s kolíkovými spojovacími prostředky namáhané na střih: (a) jednostřižné spoje (jedna střihová spára na kolík); (b) dvoustřižný spoj (dvě střihové spáry na kolík).

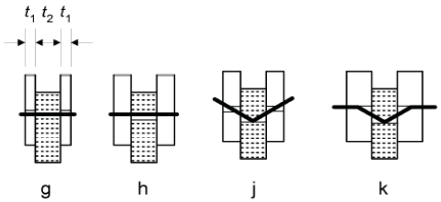
- Historicky se vycházelo z krátkodobých zkoušek s poměrně malým počtem spojů
- Z důvodů velké rozmanitosti spojování kolíky byla vypracována teorie kolíkových spojů
- Teoretické modely nejvíce rozvinul **Johansen** (1949). Jeho teorie je postavena na dosažení **mezní únosnosti v otlačení stěny otvoru nejméně v jednom ze spojovaných prvků (různé typy mechanismů selhání)**
- Mechanismus porušení závisí na geometrii spoje i na vlastnostech materiálů spojovaných i spojovacích (zejména plastický moment kolíku)
- Johansenova teorie vykazovala shodu s experimenty za předpokladů neuvážení **tření** a tahové síly **kolíků**

Mechanismy porušení – spoje dřevo/dřevo

Jednostřižné spoje



Dvoustřižné spoje

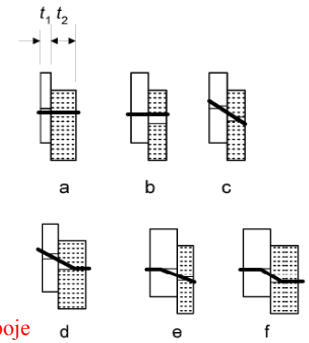


- Princip **nejslabšího článku** – **mechanismus porušení**
- Pro každý z mechanismů porušení je uveden vztah pro výpočet **Charakteristické únosnosti**
- Ve **STEP 1** (1998) je a) a b) označen jako **1b**, c) jako **1a**, d) a e) jako **2a** a **2b** a f) jako **3**
- Pro dvoustřižné spoje je to **1b**, **2** a **3**
- Pozor na STEP 1 (1998) – chyby v označení koeficientů

Spoje dřevo/dřevo – jednostřižné

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & \text{(a)} \\ f_{h,2,k} t_2 d & \text{(b)} \\ \dfrac{f_{h,1,k} t_1 d}{1+\beta}\left[\sqrt{\beta + 2\beta^2\left[1+\dfrac{t_2}{t_1}+\left(\dfrac{t_2}{t_1}\right)^2\right]+\beta^3\left(\dfrac{t_2}{t_1}\right)^2} - \beta\left(1+\dfrac{t_2}{t_1}\right)\right] + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(c)} \\ 1{,}05\dfrac{f_{h,1,k} t_1 d}{2+\beta}\left[\sqrt{2\beta(1+\beta)+\dfrac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d\ t_1^2}} - \beta\right] + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(d)} \\ 1{,}05\dfrac{f_{h,1,k} t_2 d}{1+2\beta}\left[\sqrt{2\beta^2(1+\beta)+\dfrac{4\beta(1+2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d\ t_2^2}} - \beta\right] + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(e)} \\ 1{,}15\sqrt{\dfrac{2\beta}{1+\beta}}\sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(f)} \end{cases}$$

Johansenova část — Příspěvek od účinnosti sepnutí spoje



$F_{v,Rk}$ je charakteristická únosnost jednoho střihu jednoho spojovacího prostředku.

t_1 a t_2 je tloušťka dřeva popř. hloubka zasahování kolíku,

$f_{h,1,k}$ je charakteristická hodnota pevnosti v otlačení stěny otvoru konstrukčního prvku 1,

$f_{h,2,k}$ je charakteristická hodnota pevnosti v otlačení stěny otvoru konstrukčního prvku 2,

$\beta = \dfrac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$ je poměr mezi pevnostmi v otlačení prvků (ve STEP 1 je označeno špatně)

d je průměr spojovacího prostředku,

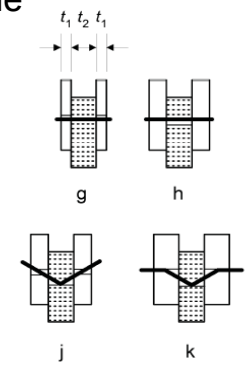
$M_{y,Rk}$ Charakteristický plastický moment únosnosti (ve STEP 1 označen jako charakteristická hodnota meze kluzu)

$F_{ax,Rk}$ charakteristická osová únosnost na vytažení spojovacího prostředku.

Spoje dřevo/dřevo – dvoustřižné

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & \text{(g)} \\ 0,5 f_{h,2,k} t_2 d & \text{(h)} \\ 1,05 \dfrac{f_{h,1,k} t_1 d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \dfrac{4\beta(2+\beta) M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d \; t_1^2}} - \beta \right] + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(j)} \\ 1,15 \sqrt{\dfrac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(k)} \end{cases}$$

Johansenova část Příspěvek od účinnosti sepnutí spoje



$F_{v,Rk}$ je charakteristická únosnost jednoho střihu jednoho spojovacího prostředku.

t_1 a t_2 je tloušťka dřeva popř. hloubka zasahování kolíku,

f_{h1sk} je charakteristická hodnota pevnosti v otlačení stěny otvoru konstrukčního prvku 1,

f_{h2sk} je charakteristická hodnota pevnosti v otlačení stěny otvoru konstrukčního prvku 2,

$\beta = \dfrac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$ je poměr mezi pevnostmi v otlačení prvků (ve STEP 1 je označeno špatně)

d je průměr spojovacího prostředku,

$M_{y,Rk}$ Charakteristický plastický moment únosnosti (ve STEP 1 označen jako charakteristická hodnota meze kluzu)

$F_{ax,Rk}$ charakteristická osová únosnost na vytažení spojovacího prostředku.

Příspěvek od sepnutí spoje

$F_{ax,Rk}$ charakteristická osová únosnost na vytažení spojovacího prostředku.

- Příspěvek k únosnosti od účinku sepnutí spoje se má omezit na následující procenta z Johansenovy části:

– Hřebíky kruhového průřezu	15 %
– Hřebíky čtvercového průřezu a drážkované	25 %
– Ostatní hřebíky	50 %
– Vruty	100 %
– Svorníky	25 %
– Kolíky	0 %

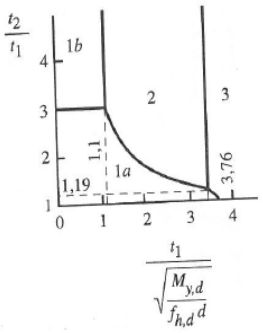
- Jestliže $F_{ax,Rk}$ není znám, pak se má uvažovat jako nulový
- Pro jednostřižné spoje se charakteristická únosnost na vytažení $F_{ax,Rk}$ určuje jako nižší z únosností dvou prvků
- Plasticity (viz pracovní diagram) lze dosáhnout použitím štíhlých spojovacích prostředků, mechanismus porušení zejména **f)** a **k)**
- U únosnosti na vytažení svorníků ($F_{ax,Rk}$) se může uvážit i vliv podložek

Möllerovy diagramy

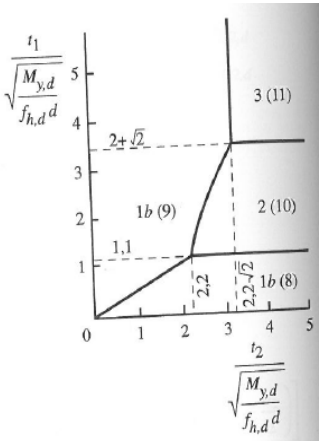
- Möller (1951) znázornil Johansenovy vztahy graficky pro jednostřižné spoje s hodnotou β = 1. Níže je diagram upraven tak, aby zahrnoval o 10 % vyšší únosnost při výskytu mechanismu selhání 2, příp. 3.
- Podobné diagramy je možné sestrojit i pro jiné hodnoty β

Postup práce s MD

1. určíme bezrozměrné veličiny $\dfrac{t_2}{t_1}$ a $\dfrac{t_1}{\sqrt{\dfrac{M_{y,d}}{f_{h,d} d}}}$
2. pomocí MD najdeme příslušný mechanismus selhání
3. pomocí vztahu pro daný mechanismus selhání vypočteme mezní zatížení



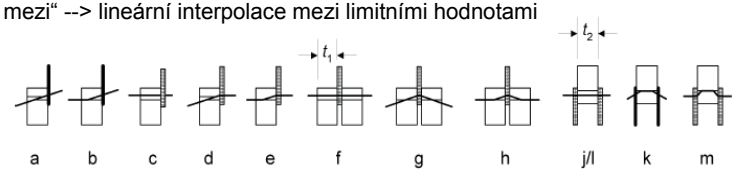
Obr. 11 Upravený diagram Möllera - jednostřižný spoj (β = 1).



Obr. 12 Upravený diagram Möllera - dvoustřižný spoj (β = 1).

Spoje dřevo/ocel – jednostřižné

- Charakteristická únosnost spoje ocel-dřevo je závislá na tloušťce ocelové desky:
  - tl ≤ 0,5 *d* --> tenké desky
  - tl ≥ *d* --> tlusté desky (tolerance díry musí být min. 0,1*d*)
  - „něco mezi“ --> lineární interpolace mezi limitními hodnotami



1-střižný, tenká deska

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,4 f_{h,k} t_1 d & \text{(a)} \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(b)} \end{cases}$$

1-střižný, tlustá deska

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \dfrac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(d)} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(e)} \\ f_{h,k} t_1 d & \text{(c)} \end{cases}$$

2-střižný, libovolná tloušťka

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & \text{(f)} \\ f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \dfrac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(g)} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(h)} \end{cases}$$

2-střižný, tenká deska

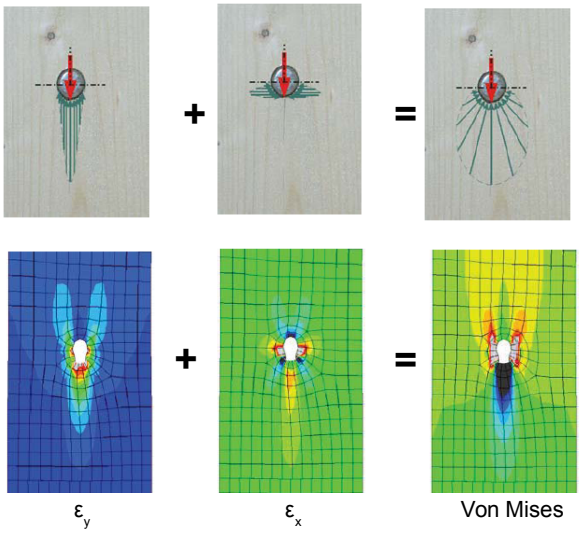
$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h,2,k} t_2 d & \text{(j)} \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(k)} \end{cases}$$

2-střižný, tlustá deska

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,5 f_{h,2,k} t_2 d & \text{(l)} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(m)} \end{cases}$$

Napětí kolem kolíkové spoje

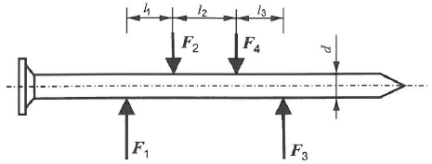
• Kolem kolíkového spoje vzniká složitý stav napjatosti



Vznik trhliny – rozštěpení vlivem otlačení otvoru

Charakteristický plastický moment únosnosti = charakteristický moment kluzu dle ČSN EN 409

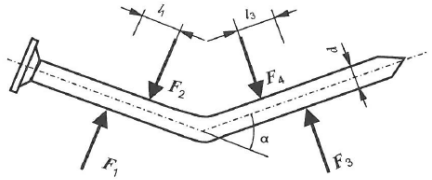
• V podstatě zkouška spojovacího prostředku 4-bodým ohybem
• Síla F_2 a F_4 se nesmí lišit více než o 5 %
• Pro hřebíky a sponky musí být úhel ohybu 45°



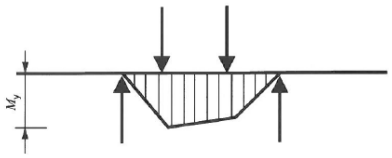
Obrázek 1 – Příklad zatěžování pro hřebíky

• Moment na mezi kluzu se vypočte dle:

$$M_y = \max \begin{cases} F_1 \times \ell_1 \\ F_3 \times \ell_3 \end{cases}$$



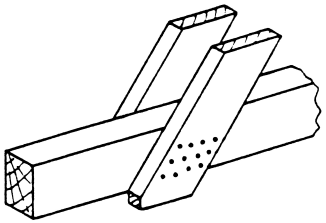
Obrázek 2 – Příklad deformace hřebíku



Obrázek 3 – Moment na mezi kluzu M_y kolíkového spojovacího prostředku

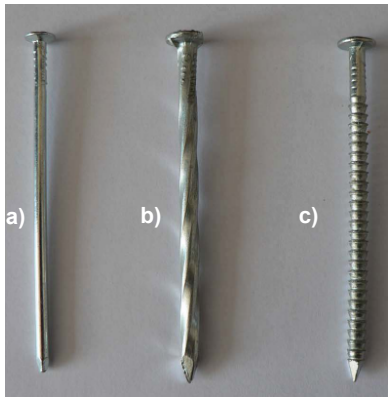
Hřebíkové spoje

• Nejpoužívanější spojovací prostředek v dřevěných k-cích
• Spíše pro menší spoje, snadná aplikace
• Průměry obvykle od 2,65 do 8 mm
• Potíže s rozmístěním
• Poddajné spoje (bez výrazných skupinových efektů)
• Menší otvory bez předvrtání
• Z ocelového drátu - min. pevnost v tahu 600 Mpa
• Namáhání na střih (**Johansen**) a na **vytažení**



Předvrtání otvorů

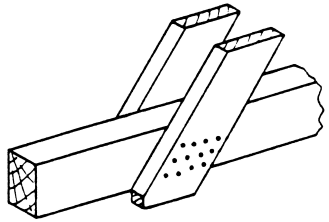
• Riziko rozštěpení u dřev vysoké hustoty → otupení špičky → prořez vláken místo roztlačování
• Předvrtání je spolehlivější (0,8*d* hřebíku)
• Zvyšuje únosnost na střih
• Zmenšení vzdáleností mezi hřebíky
• Menší posunutí ve spoji
• Pracné → nákladné



Typy hřebíků

a) hladký dřík
b) spirálovitý dřík
c) s drážkami

Hřebíkové spoje



Pevnost v otlačení stěny otvoru

• Počítá se nezávisle na směr vláken (do 8 mm)
• Pro hřebíky nad 8 mm → výpočet dle svorníků
• Následující vztahy byly odvozeny z rozsáhlých experimentálních měření, viz Whale et al. (1989)

Pro nepředvrtané dřevěné prvky

$$f_{h,k} = 0{,}082\, \rho_k\, d^{-0{,}3} \quad \text{N/mm}^2$$

Pro předvrtané dřevěné prvky

$$f_{h,k} = 0{,}082\,(1 - 0{,}01\, d)\, \rho_k \quad \text{N/mm}^2$$

kde ρ_k je charakteristická hustota dřeva v kg/m³,
d průměr hřebíku v mm.

Plastický moment únosnosti

• pro čtvercové průřezy je *d* délka strany

$$M_{y,Rk} = \begin{cases} 0{,}3 f_u\, d^{2,6} & \text{pro hřebíky kruhového průřezu} \\ 0{,}45 f_u\, d^{2,6} & \text{pro hřebíky čtvercového průřezu a drážkované} \end{cases}$$

Únosnost na vytažení

• Menší z následujících hodnot
• Pro hladké hřebíky:

$$F_{ax,Rk} = \begin{cases} f_{ax,k}\, d\, t_{pen} & \text{(a)} \\ f_{ax,k}\, d\, t + f_{head,k}\, d_h^2 & \text{(b)} \end{cases}$$

a) vytažení špičkou hřebíku
b) protažení hlavy

• Pro hřebíky jiné než hladké (dle ČSN 14592):

$$F_{ax,Rk} = \begin{cases} f_{ax,k}\, d\, t_{pen} & \text{(a)} \\ f_{head,k}\, d_h^2 & \text{(b)} \end{cases}$$

kde

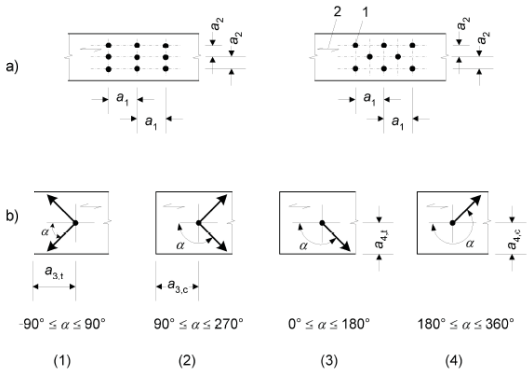
$$f_{ax,k} = 20 \times 10^{-6}\, \rho_k^2$$

$$f_{head,k} = 70 \times 10^{-6}\, \rho_k^2$$

Hřebíkové spoje – rozteče hřebíků

Pevnost v otlačení stěny otvoru

•



Tabulka 8.2 – Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců pro hřebíky

Rozteče nebo vzdálenosti (viz obrázek 8.7)	Úhel α	Minimální rozteče nebo vzdálenosti od konců/okrajů		
		bez předvrtaných otvorů		s předvrtanými otvory
		$\rho_k \le 420$ kg/m^3	420 kg/m^3 < ρ_k ≤ 500 kg/m^3	
Rozteče a_1 (rovnoběžně s vlákny)	$0° \le \alpha \le 360°$	$d < 5$ mm: $(5+5\lvert\cos\alpha\rvert)\,d$ $d \ge 5$ mm: $(5+7\lvert\cos\alpha\rvert)\,d$	$(7+8\lvert\cos\alpha\rvert)\,d$	$(4+\lvert\cos\alpha\rvert)\,d$
Rozteče a_2 (kolmo k vláknům)	$0° \le \alpha \le 360°$	$5d$	$7d$	$(3+\lvert\sin\alpha\rvert)\,d$
Rozteče $a_{3,t}$ (zatížený konec)	$-90° \le \alpha \le 90°$	$(10+5\cos\alpha)\,d$	$(15+5\cos\alpha)\,d$	$(7+5\cos\alpha)\,d$
Rozteče $a_{3,c}$ (nezatížený konec)	$90° \le \alpha \le 270°$	$10d$	$15d$	$7d$
Rozteče $a_{4,t}$ (zatížený okraj)	$0° \le \alpha \le 180°$	$d < 5$ mm: $(5+2\sin\alpha)\,d$ $d \ge 5$ mm: $(5+5\sin\alpha)\,d$	$d < 5$ mm: $(7+2\sin\alpha)\,d$ $d \ge 5$ mm: $(7+5\sin\alpha)\,d$	$d < 5$ mm: $(3+2\sin\alpha)\,d$ $d \ge 5$ mm: $(3+4\sin\alpha)\,d$
Rozteče $a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	$180° \le \alpha \le 360°$	$5d$	$7d$	$3d$

(a) rozteče rovnoběžně s vlákny v řadě a kolmo k vláknům mezi řadami,

(b) vzdálenosti od okrajů a konců

(1) zatížený konec, (2) nezatížený konec, (3) zatížený okraj,

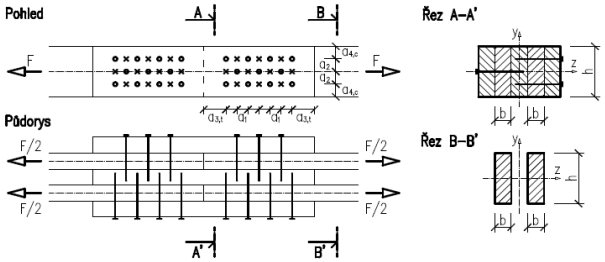
(4) nezatížený okraj, 1 spojovací prostředek, 2 směr vláken

Přípoj – Návrh spoje pláště a sloupku stěny na vytažení

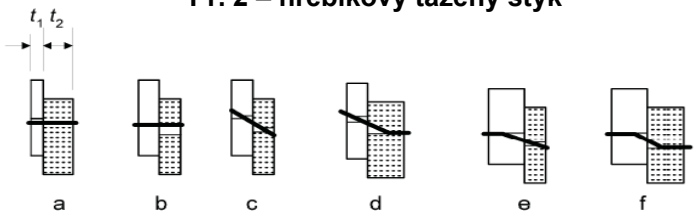
Rozmístění a rozměry hřebíků

Stavební hřebíky	
průměr	délka dříku
[mm]	[mm]
1,00	10
1,20	16
1,40	32
1,60	40
1,80	32; 36; 40
2,00	40; 45
2,24	45; 50
2,50	50; 56; 63
2,80	56; 63; 70
3,15	50; 56; 63; 70; 80
3,55	70; 80; 90
4,00	80; 90; 100; 110; 120
4,50	120; 130; 140
5,00	140; 150
5,60	140; 160; 180
6,30	160; 180; 200
7,10	200; 220
8,00	220; 250; 280
9,00	220; 250; 280

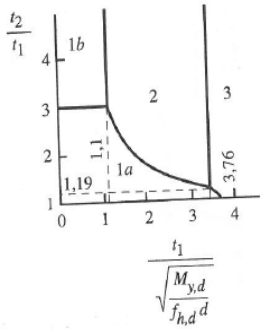
Hřebíky pro automatické nastřelovačky	
průměr	délka dříku
[mm]	[mm]
2,80	51; 57; 63; 80
3,10	63; 75; 90



Př. 2 – hřebíkový tažený styk



$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & \text{(a)} \\ f_{h,2,k} t_2 d & \text{(b)} \\ \dfrac{f_{h,1,k} t_1 d}{1+\beta}\left[\sqrt{\beta + 2\beta^2\left[1+\dfrac{t_2}{t_1}+\left(\dfrac{t_2}{t_1}\right)^2\right]+\beta^3\left(\dfrac{t_2}{t_1}\right)^2} - \beta\left(1+\dfrac{t_2}{t_1}\right)\right] + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(c)} \\ 1{,}05\dfrac{f_{h,1,k} t_1 d}{2+\beta}\left[\sqrt{2\beta(1+\beta)+\dfrac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d\ t_1^2}} - \beta\right] + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(d)} \\ 1{,}05\dfrac{f_{h,1,k} t_2 d}{1+2\beta}\left[\sqrt{2\beta^2(1+\beta)+\dfrac{4\beta(1+2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d\ t_2^2}} - \beta\right] + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(e)} \\ 1{,}15\sqrt{\dfrac{2\beta}{1+\beta}}\sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \dfrac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(f)} \end{cases}$$



Obr. 11 Upravený diagram Möllera - jednostřižný spoj (β = 1).

Př. 2 – hřebíkový tažený styk

Tabulka 8.2 – Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců pro hřebíky

Rozteče nebo vzdálenosti (viz obrázek 8.7)	Úhel α	Minimální rozteče nebo vzdálenosti od konců/okrajů		
		bez předvrtaných otvorů		s předvrtanými otvory
		$\rho_k \leq 420$ kg/m^3	420 kg/m^3 < ρ_k ≤ 500 kg/m^3	
Rozteče a_1 (rovnoběžně s vlákny)	$0° \leq \alpha \leq 360°$	$d < 5$ mm: $(5+5\lvert\cos\alpha\rvert)\,d$ $d \geq 5$ mm: $(5+7\lvert\cos\alpha\rvert)\,d$	$(7+8\lvert\cos\alpha\rvert)\,d$	$(4+\lvert\cos\alpha\rvert)\,d$
Rozteče a_2 (kolmo k vláknům)	$0° \leq \alpha \leq 360°$	$5d$	$7d$	$(3+\lvert\sin\alpha\rvert)\,d$
Rozteče $a_{3,t}$ (zatížený konec)	$-90° \leq \alpha \leq 90°$	$(10+5\cos\alpha)\,d$	$(15+5\cos\alpha)\,d$	$(7+5\cos\alpha)\,d$
Rozteče $a_{3,c}$ (nezatížený konec)	$90° \leq \alpha \leq 270°$	$10d$	$15d$	$7d$
Rozteče $a_{4,t}$ (zatížený okraj)	$0° \leq \alpha \leq 180°$	$d < 5$ mm: $(5+2\sin\alpha)\,d$ $d \geq 5$ mm: $(5+5\sin\alpha)\,d$	$d < 5$ mm: $(7+2\sin\alpha)\,d$ $d \geq 5$ mm: $(7+5\sin\alpha)\,d$	$d < 5$ mm: $(3+2\sin\alpha)\,d$ $d \geq 5$ mm: $(3+4\sin\alpha)\,d$
Rozteče $a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	$180° \leq \alpha \leq 360°$	$5d$	$7d$	$3d$

Díky za pozornost

Normy pro kolíkové spoje

- EN 409 Timber structures – Test methods. Determination of the yield moment of dowel type fasteners – Nails
- EN 912 Timber fasteners – Specifications for connectors for timber
- EN 1075 Timber structures – Test methods. Testing of joints made with punched metal plate fasteners
- EN 1380 Timber structures – Test methods – Load bearing nailed joints
- EN 1381 Timber structures – Test methods – Load bearing stapled joints
- EN 1382 Timber structures – Test methods – Withdrawal capacity of timber fasteners
- EN 1383 Timber structures – Test methods – Pull through testing of timber fasteners
- EN 13271Timber fasteners – Characteristic load-carrying capacities and slip moduli for connector joints
- EN 14250 Timber structures. Production requirements for fabricated trusses using punched metal plate fasteners
- EN 14358 Timber structures – Fasteners and wood-based products – Calculation of characteristic 5-percentile value and acceptance criteria for a sample
- EN 14545 Timber structures – Connectors – Requirements
- EN 14592 Timber structures – Fasteners – Requirements
- EN 26891 Timber structures. Joints made with mechanical fasteners. General principles for the determination of strength and deformation characteristics
- EN 28970 Timber structures. Testing of joints made with mechanical fasteners; requirements for wood density (ISO 8970:1989)

V EN 26891 je místo K_{ser} použita značka k_s.

Tabulka 7.1 – Hodnoty K_{ser} pro spojovací prostředky a hmoždíky v N/mm ve spojích dřevo-dřevo a deska na bázi dřeva-dřevo

Typ spojovacího prostředku	K_{ser}
Kolíky Svorníky s nebo bez vůle [a] Vruty Hřebíky (s předvrtáním)	$\rho_m^{1,5}\,d/23$
Hřebíky (bez předvrtání)	$\rho_m^{1,5}\,d^{0,8}/30$
Sponky	$\rho_m^{1,5}\,d^{0,8}/80$
Prstencový hmoždík typu A podle EN 912 Talířový hmoždík typu B podle EN 912	$\rho_m\,d_c/2$
Zazubené hmoždíky: - Hmoždíky typu C1 až C9 podle EN 912 - Hmoždíky typu C10 až C11 podle EN 912	 $1{,}5\rho_m\,d_c/4$ $\rho_m\,d_c/2$
[a] Vůle se má přidat k přetvoření odděleně.	

Jsou-li průměrné hustoty $\rho_{m,1}$ a $\rho_{m,2}$ dvou spojovaných prvků na bázi dřeva rozdílné, potom se má ρ_m ve shora uvedených vztazích uvažovat takto:

$$\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1}\rho_{m,2}} \qquad (7.1)$$

Pro spoje ocel-dřevo nebo beton-dřevo, K_{ser} se má stanovit pomocí ρ_m pro dřevěný prvek a může se násobit 2,0.

Kuklík et al.