

Miloš Slivanský<sup>1</sup>

## TEORETICKÁ ANALÝZA NAMÁHANIA ŠIKMÝCH SKRUTIEK V PRÍPOJOCH DREVENÝCH KONŠTRUKCIÍ

### Abstrakt:

*V príspevku sú publikované výsledky teoretickej analýzy vybraných prípojov drevených konštrukcií. Teoretická analýza sa zamerala predovšetkým na metódy výpočtu namáhania ocelových spájacích prostriedkov vzhľadom na rôzne usporiadanie a spôsob zaťaženia prípoja. Pri analýze boli použité modely založené na metóde vzpier a ťahadiel a tiež boli zostavené nelineárne výpočtové modely MKP.*

### 1 ÚVOD

V súčasnej dobe sa ako spájacie prvky v detailoch drevených konštrukcií čoraz častejšie používajú skrutky do dreva so širokým závitom. Vo väčšine prípadov sú schopné nahradiť bežne používané hladké alebo hrebienkové klince, dokonca je možné pomocou týchto spájacích prvkov konštruovať prípoje bez použitia doplnkových kovových prípravkov a kovaní (napr. uholníky, pätky, dierované plechy alebo strmene trámov BOVA a pod.).

Pri porovnaní so stavebnými klincami majú skrutky do dreva neporovnateľne vyššiu odolnosť na vytiahnutie. Pomerne značnú odolnosť na vytiahnutie skrutiek so širokým závitom je možné využiť už pri návrhu riešenia detailov prípojov nosných prvkov drevených konštrukcií. S ohľadom na túto skutočnosť sa preto skrutky so širokým závitom v prípojoch nosných prvkov nezriedka umiestňujú orientované šikmo k smeru pôsobenia hlavného silového zaťaženia. Pri porovnaní s usporiadaním bežných spájacích prostriedkov, zvyčajne klincov, je výsledné namáhanie pre šikmo orientované spájacie prostriedky v niektorých prípadoch dokonca priaznivejšie. Bežné stavebné klince sú vo väčšine prípadov orientované kolmo na smer pôsobenia sily tak, aby boli v spoji namáhané výlučne na šmyk/strih, pretože namáhanie klincov v nosnom spoji na vytiahnutie je konštrukčne nevhodné.

Výpočet odolnosti osovo a/alebo priečne namáhaných skrutiek do dreva so širokým závitom je uvedený v platnej norme STN EN 1995-1-1 Navrhovanie drevených konštrukcií. V norme však nie je uvedené, rovnako ako pre ostatné typy spojov, aké výpočtové modely je vhodné používať pre určenie namáhania jednotlivých komponentov analyzovaného spoja.

### 2 VYBRANÉ TYPY PRÍPOJOV A TEORETICKÁ ANALÝZA

Za účelom analýzy výsledného namáhania rôzne orientovaných skrutiek v nosnom spoji drevených konštrukcií bola vypracovaná ďalej uvedená modelová štúdia. Na analýzu bol použitý jednostrizňý spoj typu drevo-drevo. Dosiahnuté výsledky boli porovnané jednak vzhľadom na použitý typ prípoja a orientáciu spájacích prostriedkov a jednak vzhľadom na použitú výpočtovú metódu. Pri výpočte namáhania skrutiek boli použité jednoduché výpočtové modely založené na princípe vzpier a ťahadiel a tiež bola použitá analýza metódou konečných prvkov na modeloch v programe SCIA Engineer od firmy Nemetschek.

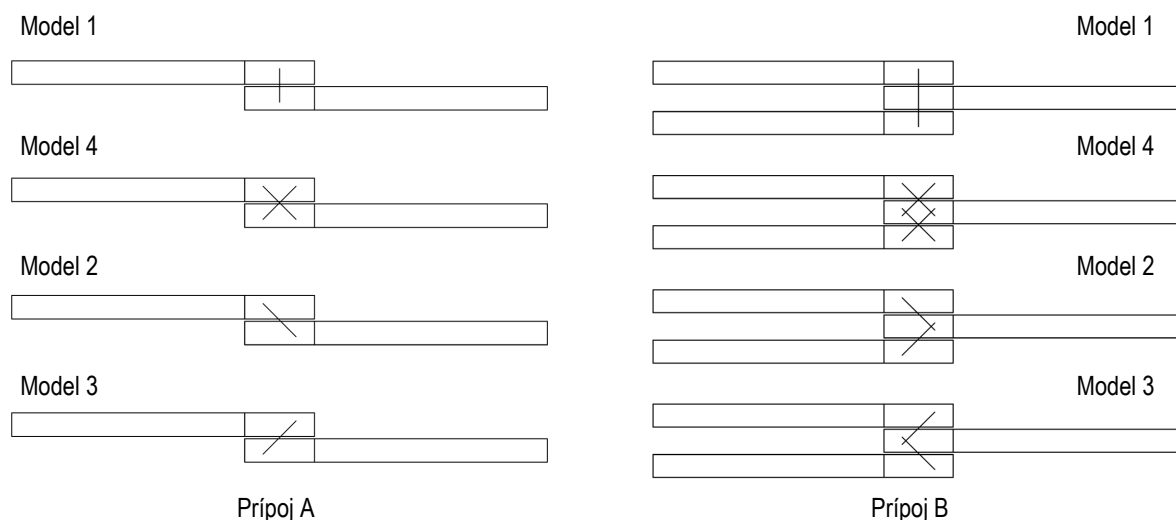
Pri všetkých typoch modelov bolo zohľadnené, či vzhľadom na orientáciu skrutiek a smer hlavného silového pôsobenia môže alebo nemôže dochádzať ku vzájomnému kontaktu = otláčaniu medzi jednotlivými spájanými časťami drevených prvkov. Pri výpočte metódou konečných prvkov bol kontakt modelovaný nelineárnymi prútovými prvkami medzi spájanými časťami, ktoré boli schopné prenášať iba tlakové sily.

Pri analýze boli modelované 2 typy prípojov. Prípoj A - excentrický jednostrizňý prípoj a prípoj B - centrický dvojstrizňý prípoj. V oboch typoch prípojov boli použité drevené prvky dimenzie 100/150mm. Skrutky so širokým závitom vnútorného priemeru  $\varnothing 8$ mm boli pri oboch typoch prípojov

---

<sup>1</sup> Ing., PhD., e-mail: [milos.slivansky@stuba.sk](mailto:milos.slivansky@stuba.sk), KKDK Stavebná fakulta STU v Bratislave

použitú v 4 možných geometrických usporiadaniach - 2 skrutky kolmo na smer sily = 90°, 2 skrutky šikmo na smer sily = +45° alebo -45°, dvojica skrutiek = spoj typu X. Prípoj bol zaťažený silou 10kN. Celkovo bolo prepočítaných 8 podrobných výpočtových modelov. Výsledky modelov MKP boli vzájomne porovnané vzhľadom na typ prípoja a tiež vzhľadom na spôsob modelovania dreveného materiálu. Keďže v programe SCIA Engineer nie je možné priamo zadávať ortotropný materiálový model, bol použitý jednoduchý izotropný materiálový model, alebo bola materiálová ortotropia nahradená ortotropným konečným prvkom pomocou zadných parametrov ortotropie (konštanty D11...d33). Použité materiálové konštanty boli zvolené pre triedu ihličnatého reziva C24 ( $\rho = 350\text{kg/m}^3$ ,  $E_{0, \text{mean}} = 11\,000\text{MPa}$ ,  $E_{90, \text{mean}} = 370\text{MPa}$  a  $G_{\text{mean}} = 690\text{MPa}$ ).



Obr. 1 - Analyzované typy prípojov

### 3 STANOVENIE ODOLNOSTI SKRUTIEK SO ŠIROKÝM ZÁVITOM

Napriek tomu, že je hlavnou ambíciou príspevku venovať pozornosť najmä spôsobu určenia namáhania rôzne orientovaných spájacích prostriedkov, boli pre ilustráciu vypočítané aj odolnosti skrutiek podľa platnej normy STN EN 1995-1-1. Pre výpočet odolnosti skrutiek bola uvažovaná trieda materiálu 10.9 ( $f_u = 1000\text{MPa}$ ), vonkajší priemer závitú skrutky  $d = 10\text{mm}$  a vnútorný priemer závitú skrutky  $d_l = 8\text{mm}$ . Hĺbka vniknutia pre skrutky orientované kolmo na smer sily bola uvažovaná 65mm a 100mm (plná hrúbka pripájaného dreveného prvku), pre skrutky orientované šikmo na smer sily bola uvažovaná hĺbka vniknutia 90mm. Pri výpočte odolnosti na šmyk bol započítaný pre skrutky orientované kolmo na smer sily aj tzv. "lanový efekt" (výsledky šmykovej odolnosti uvedené s "\*"), pretože sa v tomto prípade teoreticky nepredpokladá iné využitie osovej odolnosti skrutky.

Tab. 1 - Návrhová odolnosť skrutiek so širokým závitom pre  $k_{mod} = 0,9$  a  $\gamma_M = 1,3$

Skrutky orientované	kolmo = 90°		šikmo = 45°
	65mm	100mm	90mm
Odolnosť			
Šmyk / strih [kN]	3.94	4.65	3.81
	4.92*	5.29*	
Ťah / tlak [kN]	5.29	7.79	7.08

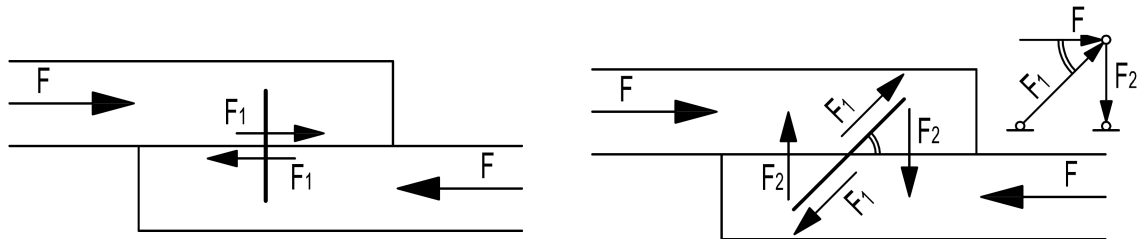
### 4 VÝPOČET NAMÁHANIA SKÚMANÝCH SPÁJACÍCH PROSTRIEDKOV

#### 4.1 Modely na princípe vzpier a ťahadiel

Podobne ako pri iných typoch nosných konštrukcií (napr. riešenie koncentrácie namáhania v detailoch železobetónových konštrukcií) je možné aj pre analýzu šikmo orientovaných spájacích prostriedkov

aplikovať modely založené na princípe vzpier a ťahadiel. Podstatou metódy je transformácia vonkajšieho silového zaťaženia do sústavy individuálnych "prútových" prvkov (vzpier a ťahadiel), ktoré sú schopné ako celok vytvoriť trojuholníkovú sieť. Prvky v takejto sústave sú teoreticky namáhané prostým osovým tlakom alebo ťahom - rovnako ako v prípade typickej priehradovej konštrukcie. Ako z názvu metódy vyplýva, je možné model vzpier a ťahadiel využiť iba v prípade, že posudzovaná konštrukcia je schopná "ponúknuť" nutné podmienky na vznik tlačných a ťahaných prvkov a teda vytvorenie určitej priehradovej analógie.

V prípade, že je skrutka orientovaná kolmo na smer pôsobenia vonkajšej sily, teoreticky nie je možné uplatniť model vzpier a ťahadiel. Výsledné namáhanie musí prenieť driek skrutky (pričné namáhanie skrutky silou  $F_1$ ) resp. detail ako celok, pričom posudok detailu sa obmedzí na namáhanie šmyk/strih. Situáciu ilustruje výpočtová schéma na obr. 2 - vľavo. Veľkosť sily  $F_1$  sa vypočíta podľa vzťahu (1).



Obr. 2 - Aplikácia modelu vzpier a ťahadiel na skúmané typy prípojev

V prípade, že je skrutka orientovaná šikmo vzhľadom na smer pôsobenia vonkajšej sily, je možné za určitých podmienok uvažovať, že dôjde k redistribúcii namáhania skrutky využitím modelu vzpier a ťahadiel. Okrem skrutky je však nutné ako ďalší komponent prípoja uvažovať kontakt (schopný prenášať tlakové namáhanie) medzi spájanými drevenými časťami. Práve namáhanie kontaktu je v tomto prípade kľúčové.

Ak je sklon skrutky taký, že pri pôsobení vonkajšieho zaťaženia vznikne v skrutke ťahové a v kontakte medzi spájanými časťami tlakové namáhanie (výpočtová schéma na obr. 2 - vpravo), bude skrutka namáhaná teoreticky iba osovou ťahovou silou  $F_1$ . Výsledné namáhanie kontaktu tlakovou silou reprezentuje sila  $F_2$ . Veľkosť síl  $F_1$  a  $F_2$  sa vypočíta uzlovou metódou podľa vzťahu (2) a (3). Namáhanie prostým ťahom je vzhľadom na odolnosť skrutiek do dreva so širokým závitom pomerne výhodný typ namáhania.

Model 1:

$$\alpha = 90^\circ$$

$$F_1 = 0,5 \cdot F = 0,5 \cdot 10,00 \text{ kN} = 5,00 \text{ kN} \quad (\text{strih v skrutke}) \quad (1)$$

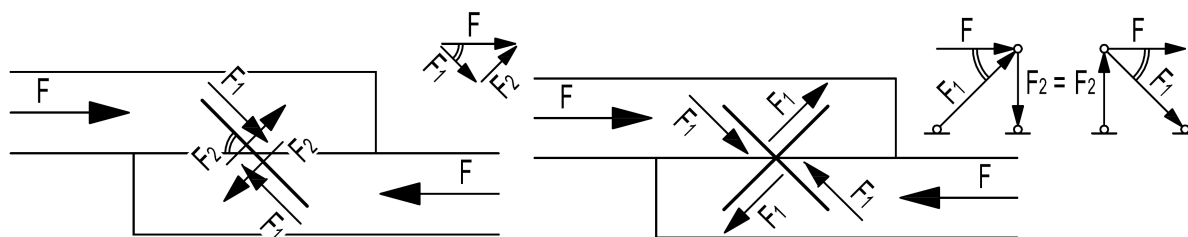
Model 3:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$F_1 = 0,5 \cdot \frac{F}{\cos \alpha} = 0,5 \cdot \frac{10,00 \text{ kN}}{0,707} = 7,07 \text{ kN} \quad (\text{ťah v skrutke}) \quad (2)$$

$$F_2 = F_1 \cdot \sin \alpha = 7,07 \text{ kN} \cdot 0,707 = 5,00 \text{ kN} \quad (\text{tlak v kontakte}) \quad (3)$$

Ak by usporiadanie spájacích prostriedkov vzhľadom vonkajšie zaťaženie malo vyvolať pri modeli vzpier a ťahadiel v kontakte medzi spájanými časťami ťahové namáhanie, nie je možné aplikovať tento model. Samotná skrutka je síce schopná rovnako dobre prenášať osovú tlakovú namáhanie, ale kontakt medzi drevenými časťami je schopný fungovať výlučne na tlak (= otláčenie medzi styčnými plochami). Vylúčením funkcie modelu vzpier a ťahadiel musí výsledné namáhanie prenieť iba skrutka. Namáhanie skrutky sa určí z rozkladu síl do smeru rovnobežného a kolmého s jej osou. Skrutka bude v spoji zaťažená kombináciou priečneho (šmyk/strih, sila  $F_2$ ) a osového namáhania (osový tlak, sila  $F_1$ ). Pri namáhaní skrutky osovým tlakom môže byť jej výsledná odolnosť v spoji navyše znížená vplyvom vzperu. Veľkosť síl  $F_1$  a  $F_2$  sa vypočíta v tomto prípade podľa vzťahu (4) a (5). Situáciu ilustruje výpočtová schéma na obr. 3 - vľavo.



Obr. 3 - Aplikácia modelu vzpier a ťahadiel na skúmané typy prípojov

Pri použití dvojice skrutiek v spoji typu X je namáhanie skrutiek teoreticky výsledkom predchádzajúcich 2 prípadov. Zásadným rozdielom oproti predchádzajúcemu prípadu je, že model vzpier a ťahadiel pre spoj ako celok funguje. V šikmých skrutkách vznikne teoreticky prosté osové namáhanie - podľa orientácie ťah resp. tlak (sily  $F_1$ ). Tlakové a ťahové namáhanie v kontakte spájaných častí (sila  $F_2$ ) sa vzájomne "vyrušia" (výpočtová schéma na obr. 3 - vpravo). Veľkosť síl  $F_1$  a  $F_2$  sa podobne ako v modeli 3 vypočíta uzlovou metódou podľa vzťahu (6) a (7).

Model 2:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$F_1 = 0,5 \cdot F \cdot \cos \alpha = 0,5 \cdot 10,00 \text{ kN} \cdot 0,707 = 3,54 \text{ kN} \quad (\text{tlak v skrutke}) \quad (4)$$

$$F_2 = 0,5 \cdot F \cdot \sin \alpha = 0,5 \cdot 10,00 \text{ kN} \cdot 0,707 = 3,54 \text{ kN} \quad (\text{strih v skrutke}) \quad (5)$$

Model 4:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$F_1 = 0,5 \cdot \frac{F}{\cos \alpha} = 0,5 \cdot \frac{10,00 \text{ kN}}{0,707} = 7,07 \text{ kN} \quad (\text{ťah/tlak v skrutke}) \quad (6)$$

$$F_2 = F_1 \cdot \sin \alpha = 7,07 \text{ kN} \cdot 0,707 = 10,00 \text{ kN} \quad (\text{tlak/ťah v kontakte}) \quad (7)$$

Poznámka:

Namáhanie skrutiek a kontaktu sú vypočítané ako absolútne hodnoty, význam namáhania (tlak/ťah) je uvedený na výpočtových schémach, resp. ako komentár za príslušnou vypočítanou hodnotou. Uhol  $\alpha$  vstupujúci do výpočtu je vyznačený na výpočtových schémach.

## 4.2 Modely MKP

Pri podrobnej analýze MKP sa preukázala pomerne dobrá zhoda s formulovanými predpokladmi a výsledkami výpočtov na základe metódy vzpier a ťahadiel. Odchýlky medzi modelmi s izotropným a ortotropným materiálom boli vo väčšine prípadov vzhľadom na praktické použitie a maximálne hodnoty namáhania skrutiek zanedbateľné. Dosiahnuté výsledky sú uvedené v tab. 2 až tab. 5.

Tab. 2 - Porovnanie výsledkov výpočtu, prípoj A, spoj namáhaný na tlak

Prípoj A						
Model	Spoj namáhaný na tlak - namáhanie skrutky [kN]					
	Jednoduchý model		MKP model			
	šmyk/strih	ťah/tlak	Izotropný materiál		Ortotropný materiál	
			šmyk/strih	ťah/tlak	šmyk/strih	ťah/tlak
1	5.00	0.00	5.00	1.33	5.00	0.34
2	3.54	-3.54	3.37	-3.71	3.37	-3.71
3	0.00	7.07	0.57	6.50	1.18	5.90
4	0.00	-7.07	0.94	-5.01	1.08	-5.81
	0.00	7.07	0.13	8.07	0.86	6.39

Tab. 3 - Porovnanie výsledkov výpočtu, prípoj A, spoj namáhaný na ťah

Prípoj A						
Model	Spoj namáhaný na ťah - namáhanie skrutky [kN]					
	Jednoduchý model		MKP model			
			Izotropný materiál		Ortotropný materiál	
šmyk/strih	ťah/tlak	šmyk/strih	ťah/tlak	šmyk/strih	ťah/tlak	
1	5.00	0.00	5.00	0.24	5.00	0.24
2	0.00	7.07	0.59	6.48	1.19	5.89
3	3.54	-3.54	3.70	-3.37	3.70	-3.37
4	0.00	7.07	0.62	7.06	1.04	6.53
	0.00	-7.07	0.44	-6.02	0.89	-5.68

Tab. 4 - Porovnanie výsledkov výpočtu, prípoj B, spoj namáhaný na tlak

Prípoj B						
Model	Spoj namáhaný na tlak - namáhanie skrutky [kN]					
	Jednoduchý model		MKP model			
			Izotropný materiál		Ortotropný materiál	
šmyk/strih	ťah/tlak	šmyk/strih	ťah/tlak	šmyk/strih	ťah/tlak	
1	2.50	0.00	2.50	0.89	2.50	0.54
2	1.77	-1.77	-1.89	-1.65	1.68	-1.86
3	0.00	3.54	0.28	3.26	0.56	2.98
4	0.00	-3.54	0.48	-2.28	0.43	-2.41
	0.00	3.54	0.05	4.35	0.29	3.94

Tab. 5 - Porovnanie výsledkov výpočtu, prípoj B, spoj namáhaný na ťah

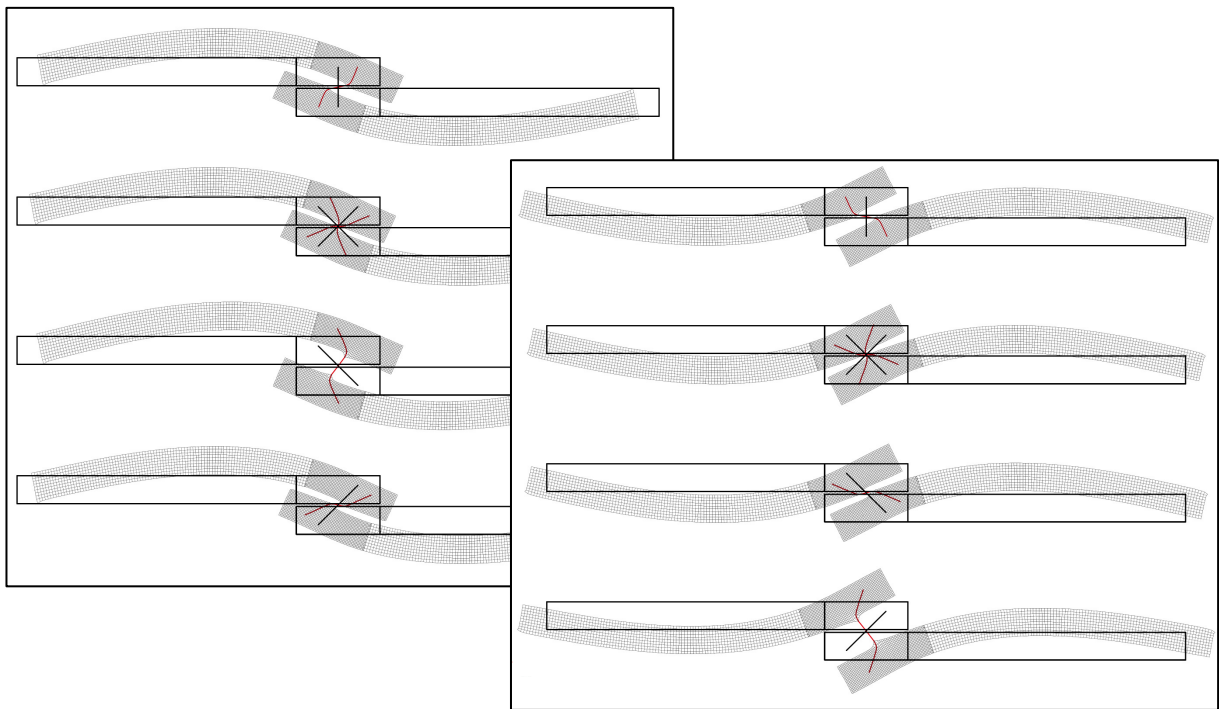
Prípoj B						
Model	Spoj namáhaný na ťah - namáhanie skrutky [kN]					
	Jednoduchý model		MKP model			
			Izotropný materiál		Ortotropný materiál	
šmyk/strih	ťah/tlak	šmyk/strih	ťah/tlak	šmyk/strih	ťah/tlak	
1	2.50	0.00	2.50	1.07	2.50	0.66
2	0.00	3.54	0.26	3.28	0.54	3.00
3	1.77	-1.77	2.03	-1.51	1.85	-1.69
4	0.00	3.54	0.03	4.68	0.31	4.23
	0.00	-3.54	0.45	-1.97	0.39	-2.15

Vnútročné sily na spájacích prostriedkoch uvedené v tabuľkách sú hodnoty odčítané z výsledkov výpočtového programu v mieste stykovej škáry spájaných častí. Deformácie skúmaných typov prípojov ilustrujú obr. 4 a obr. 5.

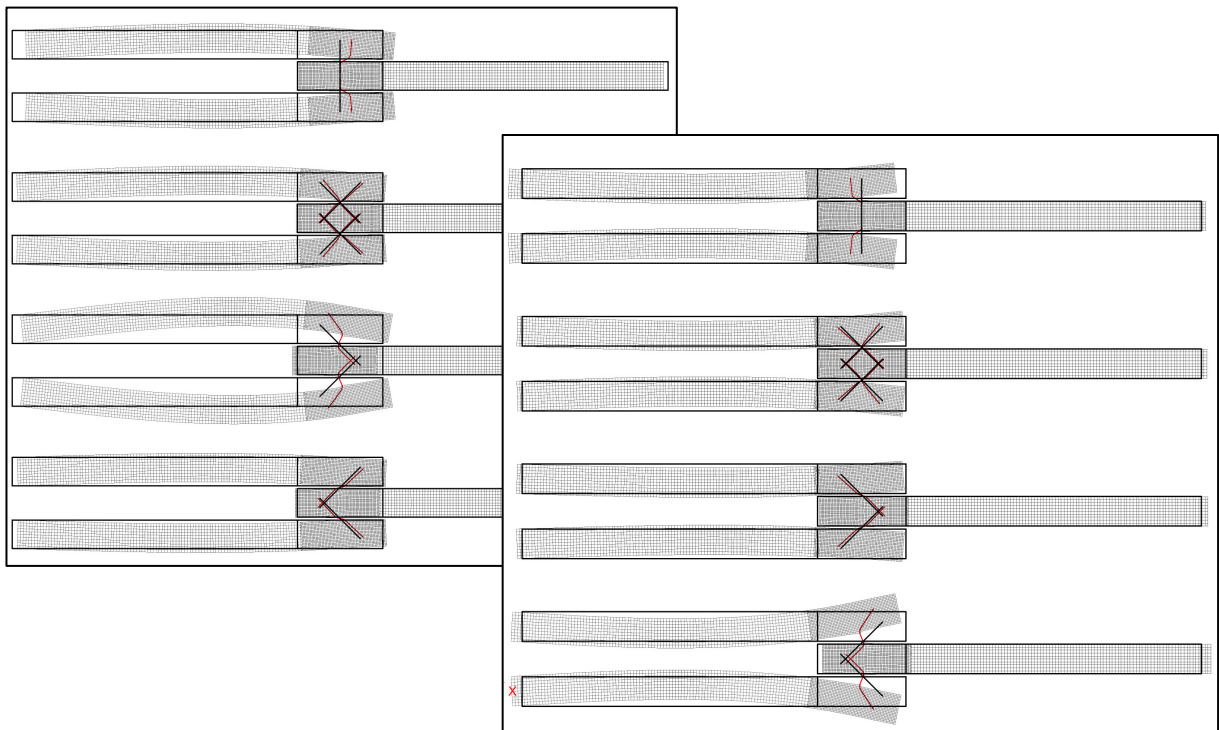
## 5 POROVNANIE VYUŽITIA SPÁJACÍCH PROSTRIEDKOV

Na základe dosiahnutých výsledkov namáhania skrutiek v skúmaných typoch prípojov a vypočítanej odolnosti podľa tab. 1 boli určené hodnoty ich pomerného jednotkového využitia pre jednotlivé výpočtové metódy. Pri MKP boli hodnoty pomerného jednotkového využitia vypočítané pre výsledky dosiahnuté na ortotropných modeloch. Ako odolnosti pre skrutky orientované kolmo na smer pôsobenia zaťaženia boli použité hodnoty vypočítané pre hĺbku vniknutia 65mm. Pri súčasnom priečnom a osovom namáhaní skrutiek bolo pomerné využitie určené na základe normy STN EN 1995-1-1 podľa interakčného vzťahu (8). Vzper skrutiek pri tlakovom namáhaní nebol uvažovaný. Výsledky sú porovnané v tab. 6 až tab. 9.

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \leq 1 \quad (8)$$



Obr. 4 - Deformácia prípoja typu A pri namáhaní tlakom (obrázok vľavo),  
pri namáhaní ťahom (obrázok vpravo)



Obr. 5 - Deformácia prípoja typu B pri namáhaní tlakom (obrázok vľavo),  
pri namáhaní ťahom (obrázok vpravo)

Tab. 6 - Porovnanie využitia spájacích prostriedkov, prípoj A, spoj namáhaný na tlak

Prípoj A						
Model	Spoj namáhaný na tlak - namáhanie skrutky [kN]					
	Jednoduchý model			MKP model		
	Ortotropný materiál					
	šmyk/strih	ťah/tlak	spolu	šmyk/strih	ťah/tlak	spolu
1	1.02	0.00	<b>1.02</b>	1.03	0.00	<b>1.03</b>
2	0.86	0.25	<b>1.11</b>	0.78	0.27	<b>1.05</b>
3	0.00	1.00	<b>1.00</b>	0.10	0.69	<b>0.79</b>
4	0.00	1.00	<b>1.00</b>	0.08	0.67	<b>0.75</b>
	0.00	1.00	<b>1.00</b>	0.05	0.81	<b>0.87</b>

Tab. 7 - Porovnanie využitia spájacích prostriedkov, prípoj A, spoj namáhaný na ťah

Prípoj A						
Model	Spoj namáhaný na ťah - namáhanie skrutky [kN]					
	Jednoduchý model			MKP model		
	Ortotropný materiál					
	šmyk/strih	ťah/tlak	spolu	šmyk/strih	ťah/tlak	spolu
1	1.02	0.00	<b>1.02</b>	1.03	0.00	<b>1.03</b>
2	0.00	1.00	<b>1.00</b>	0.10	0.69	<b>0.79</b>
3	0.93	0.50	<b>1.43</b>	0.94	0.23	<b>1.17</b>
4	0.00	1.00	<b>1.00</b>	0.07	0.85	<b>0.92</b>
	0.00	1.00	<b>1.00</b>	0.05	0.64	<b>0.70</b>

Tab. 8 - Porovnanie využitia spájacích prostriedkov, prípoj B, spoj namáhaný na tlak

Prípoj B						
Model	Spoj namáhaný na tlak - namáhanie skrutky [kN]					
	Jednoduchý model			MKP model		
	Ortotropný materiál					
	šmyk/strih	ťah/tlak	spolu	šmyk/strih	ťah/tlak	spolu
1	0.51	0.00	<b>0.51</b>	0.26	0.00	<b>0.26</b>
2	0.22	0.06	<b>0.28</b>	0.19	0.07	<b>0.26</b>
3	0.00	0.50	<b>0.50</b>	0.02	0.18	<b>0.20</b>
4	0.00	0.50	<b>0.50</b>	0.01	0.12	<b>0.13</b>
	0.00	0.50	<b>0.50</b>	0.01	0.31	<b>0.32</b>

Tab. 9 - Porovnanie využitia spájacích prostriedkov, prípoj B, spoj namáhaný na ťah

Prípoj B						
Model	Spoj namáhaný na ťah - namáhanie skrutky [kN]					
	Jednoduchý model			MKP model		
	Ortotropný materiál					
	šmyk/strih	ťah/tlak	spolu	šmyk/strih	ťah/tlak	spolu
1	0.51	0.00	<b>0.51</b>	0.26	0.01	<b>0.27</b>
2	0.00	0.25	<b>0.25</b>	0.02	0.18	<b>0.20</b>
3	0.46	0.25	<b>0.71</b>	0.24	0.06	<b>0.29</b>
4	0.00	0.50	<b>0.50</b>	0.01	0.36	<b>0.36</b>
	0.00	0.50	<b>0.50</b>	0.01	0.09	<b>0.10</b>

V prípade porovnávania výsledkov pre prípoj A a prípoj B je potrebné prihliadnuť k skutočnosti, že v každej styčnej škáre sú navrhnuté na prenos zaťaženia 2 spájacie prostriedky, t.j. v prípoji A celkovo 2 skrutky a v prípoji B celkovo 4 skrutky, avšak celkové vonkajšie zaťaženie prípoja je v oboch prípadoch rovnaké  $F = 10\text{kN}$ .

## **6 INTERPRETÁCIA ZÍSKANÝCH VÝSLEDKOV, ZÁVER**

Výsledky na jednoduchých výpočtových modeloch metódou vzpier a ťahadiel a modeloch analyzovaných MKP vykazujú pre skúmaný typ prípojov relatívne malé odchýlky. Porovnaním pomerného jednotkového využitia spájacích prvkov získaného na základe použitých výpočtových metód možno konštatovať, že výsledky namáhania určené metódou vzpier a ťahadiel poskytujú pravdepodobne hodnoty mierne na strane bezpečnej. Metódu vzpier a ťahadiel možno preto považovať za dostatočne presnú pre použitie v praxi.

Porovnaním výsledkov namáhania a deformácie vybraných typov prípojov pre odlišné zaťažovacie podmienky (prípoj ako celok namáhaný na tlak, resp. na ťah) je možné za najnepriaznivejšiu orientáciu spájacích prostriedkov v skúmanom spoji považovať skrutky orientované šikmo proti smeru pôsobenia vonkajšieho zaťaženia. V takomto prípade spoj ako celok vykazuje najväčšie deformácie a spájacie prostriedky sú namáhané najnepriaznivejšou kombináciou súčasne pôsobiaceho priečného a osového tlakového namáhania. Takýto typ spoja by sa vzhľadom na uvedené skutočnosti nemal v praxi navrhovať.

V prípade premeného zaťaženia (tlak/ťah) je výhodné použiť práve usporiadanie skrutiek v tvare X, pretože pri oboch typoch namáhania prípoja vznikajú v spájacích prvkoch prevažne osovú sily.

Vypracovaná teoretická analýza sa v súčasnej dobe zaoberá pomerne úzkym spektrom skúmaných typov prípojov. V ďalšom výskume je plánované rozšírenie teoretickej analýzy pre skrutky osadené vo viacerých radoch, čím sa overila platnosť záverov a hypotéz získaných na základe tu publikovanej teoretickej štúdie.

## **7 LITERATÚRA**

[1] STN EN 1995-1-1 Navrhovanie drevených konštrukcií