



E-MAGAZÍN

STAVEBNÍ PARTNER



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Mendelova
univerzita
v Brně

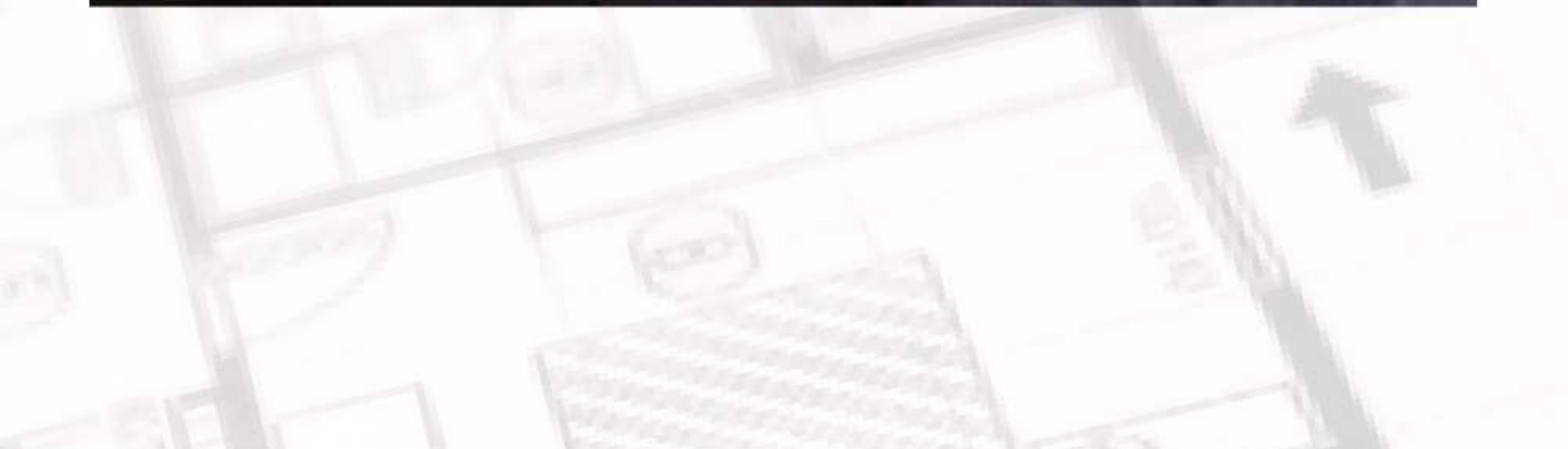


INFORMACE O PROJEKTU PARTNERSTVÍ

Hlavním cílem projektu „Partnerství v oblasti stavebnictví a architektury“, jehož hlavním realizátorem je Moravskoslezský dřevařský klastr (MSDK) je podpora spolupráce a vytvoření silného partnerství v oblasti stavebnictví a architektury mezi vysokými školami (VŠB-TUO – Fakulta stavební, Mendelova univerzita v Brně – Lesnická a dřevařská fakulta) a Moravskoslezským dřevařským klastrem. Účelem partnerství bude výměna informací, poznatků a prohlubování spolupráce v oblasti stavebnictví a architektury prostřednictvím kulatých stolů, interaktivních seminářů – panelových diskuzí, workshopů a konferencí. Těžištěm projektu bude vytvoření dobře fungující sítě odborných praxí, které budou realizovány přímo na stavbách. Studenti a akademičtí pracovníci budou úzce spolupracovat s firmami na procesu výstavby objektů a získají poznatky přímo z praxe. Budou si tak sami prakticky vyzkoušet projektování stavby, získání stavebních povolení, přípravu stavby a její realizaci, zajištění technického zařízení budov a architektury interiéru apod. Odborných praxí se budou účastnit skupiny složené z odborných asistentů, studentů doktorského a magisterského studia 4. a 5. ročníků vždy pod dohledem zkušených pracovníků firem (členů MSDK) zapojených do partnerství. Prostřednictvím praxí tak dojde k přenosu poznatků z praxe do výuky. Transfer informací z výzkumu v oblasti stavebnictví do praxe bude realizován prostřednictvím kulatých stolů, neformálních diskuzí, vytvořeného odborného e-časopisu, seminářů, workshopů a konferencí s mezinárodní účastí. Celkovým výstupem projektu bude navázání dlouhodobé spolupráce mezi VŠ institucemi a firmami sdruženými v MSDK v oblasti stavebnictví a architektury prostřednictvím realizování jednotlivých projektových aktivit.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



NOK
NÁRODNÍ DŘEVAŘSKÝ KLASTR



Mendelova
univerzita
v Brně



INFORMACE O FAKULTĚ STAVEBNÍ VŠB-TUO

Fakulta stavební je druhou nejmladší fakultou VŠB-TU Ostrava, navazuje však na 166 let starou tradici výuky stavebních disciplín na VŠB. Její vznik 1. 1. 1997 si doslovně vynutil stavební průmysl severní Moravy a Slezska, který každoročně potřebuje cca 200 stavebních inženýrů různých oborů a zaměření. Fakulta poskytuje univerzální stavební vzdělání, rozšířené o problematiku specifickou pro Moravsko-slezský region (stavby na poddolovaném území, zahlazování důsledků báňské a průmyslové činnosti, výrobu a zpracování stavebních hmot, dopravní, podzemní a geotechnické stavby aj.). Uplatnění absolventů je všestranné - jako inženýrů stavebních firem, projektantů, pracovníků stavebních úřadů a inženýrských organizací aj. Mnozí absolventi se po přiměřené praxi a získání autorizace uplatní i v soukromém podnikání.



Studijní programy a studijní obory



Vydavatel
VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební (FAST)
Ludvíka Podéště 1875/17
708 33 Ostrava-Poruba
telefon: 597 321 318
fax: 597 321 356
e-mail: fast@vsb.cz
www.vsb.cz

Lesnická a dřevařská fakulta Mendelovy univerzity v Brně vzešla z lesnického odboru, který byl na naší univerzitě zřízen již v roce 1919. Současný moderní vzdělávací proces je zaměřen na přípravu odborníků, kteří následně kvalifikovaně působí v různých sférách lidské činnosti, zejména v těch, které přímo či nepřímo souvisejí s krajinou, lesem, dřevem a interiérem.

Fakulta nabízí kromě lesnických a krajinářských studijních programů také programy a obory nábytkářské a dřevařské. Od roku 2008 je na fakultě otevřen nový studijní program Stavby na bázi dřeva bakalářského a navazujícího magisterského stupně studia. Absolventi získají teoretické a praktické znalosti v oblasti navrhování dřevostaveb ve vazbě na funkční parametry materiálů a na základní požadované vlastnosti jednotlivých konstrukcí, funkční spolehlivost a životnost těchto staveb a v neposlední řadě znalosti a dovednosti v oboru zpracování technické dokumentace pro výrobu a realizaci dřevostaveb. Absolventi mohou najít uplatnění zejména ve výrobních a realizačních firmách ve funkcích specialistů na dřevěné konstrukce a v oblasti využití dřeva a materiálů na jeho bázi pro stavební účely. Další uplatnění je možné v projekčních a konstrukčních kancelářích nebo v odborném školství.



**Lesnická
a dřevařská
fakulta**

**Mendelova
univerzita
v Brně**



Studijní programy a studijní obory



Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Zemědělská 3

613 00 Brno

telefon: 545 131 111

fax: 545 212 293

e-mail: info.ldf@mendelu.cz

www.mendelu.cz

Jiří LABUDEK¹, Daniela ŠTAFENOVA², Zdeněk GALDA³, Jiří TESLÍK⁴

ÚPRAVA DIFÚZNÍCH VLASTNOSTÍ OSB DESEK

Abstrakt

Příspěvek se zabývá difúzními vlastnostmi desek OSB (Oriented Strand Board). Úprava difúzních vlastností OSB dává projektantovi možnost ovlivnit funkci, ale i trvanlivost obvodového pláště stavby na bázi dřeva během zimního období. Výhodou je využití standardních OSB desek s patřičnou úpravou, pro různé funkce v obvodovém plášti. Dle doporučení projektanta, lze úpravy provést i ve fázi realizace stavby.

Klíčová slova

OSB, difúze, dřevo.

1 ÚVOD

V současné době jsou díky rozvoji staveb v pasivním energetickém standardu kladeny přísnější požadavky na obalové konstrukce budov na bázi dřeva než v minulosti. Probíhající změna středoevropského klimatu a jeho vliv na stavební konstrukce je dlouhodobě sledován a publikován např. v [1]. Z pohledu globálního oteplování jako celku se velmi často mezi odbornou veřejností zmiňuje problematika přehřívání konstrukcí. Avšak tento problém neomezuje funkce stavebních konstrukcí jako celku, ale spíše se jedná o tepelnou stabilitu mikroklimatu budovy.

Moderní stavitelství směřuje k plnění ambiciózních cílů evropské direktivy (EPBD II), která systematicky pracuje na snížení provozní energetické náročnosti budov stále především v zimním období. Na obálku moderních staveb jsou kladeny čím dále přísnější parametry z pohledu stavební tepelné techniky, které jsou přímo závislé na fyzikálních a materiálových parametrech stavebních materiálů. Pro udržení principů trvale udržitelného rozvoje budov, při plnění optimálně nákladové úrovně, je vždy nutné pracovat s přesnými fyzikálními tepelně technickými parametry obálky budovy. Pro zajištění správné funkce a trvanlivosti obálky budovy [2] je nutné se detailně zabývat jak tepelnou vodivostí materiálů, tak jejich difúzními vlastnostmi [3], [4].

V legislativě týkající se tepelné ochrany budov [5] jsou pro zimní období obsaženy poznámky týkající se tepelně vlhkostní chování obalových konstrukcí v zimním období. Konkrétně se jedná o kondenzaci vodních par v obvodových pláštích [6], [7], kdy může dojít k ohrožení a omezení statické trvanlivosti především těch budov, které jsou realizovány z konstrukcí na bázi dřeva. Ve stavební praxi, kde se využívají různé stavební tepelné izolace, jsou případná rizika kondenzace vodních eliminována návrhem tzv. difúzně otevřených konstrukcí obvodového pláště [8]. V praxi to znamená, že směrem od interiéru k exteriéru jsou materiály řazeny se snižujícím se faktorem difúzním odporu materiálu.

^{1), 3), 4)} Ing. Jiří Labudek, Ph.D., Ing. Zdeněk Galda, Ph.D., Ing. Jiří Teslík, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební (FAST) 17. Listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava - Poruba, Czech Republic, email: jiri.labudek@vsb.cz, zdenek.galda@vsb.cz, jiri.teslik@vsb.cz

²⁾ Ing. Daniela Štaffenová, Ph.D., Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta (SvF) Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, email: daniela.staffenova@fstav.uniza.sk2)

2 ÚVOD SOUČASNÝ STAV TECHNIKY A PŘEDMĚT MĚŘENÍ

Ve stavební praxi se v současné době využívají jako opláštující desky na bázi dřeva moderní sofistikované materiály. Z interiérové strany jsou používány OSB (Oriented strand board) s vysokým faktorem difúzního odporu v rozsahu $\mu = 200 - 300 [-]$, které jsou často na stavbě spojovány pomocí tmelů či speciálních těsnících pásek (viz Obr. 1). Tyto interiérové OSB desky také fungují jako ztužení celé stavby. Z exteriérové strany často bývají používány moderní difúzní desky např. na dřevovláknité bázi, které dosahují hodnot cca $\mu = 5 - 20 [-]$.

V nedávné minulosti, kdy nebyly běžně k dispozici takto sofistikované materiály se ve stavební praxi objevovaly zmínky o zvýšení difúzního odporu tradiční OSB desky (min. $\mu = 50 [-]$) pomocí latexového nátěru. Argumentem bylo, že na exteriérovou stranu je pak možné použít opět tradiční OSB desku a bude automaticky zachován princip difúzně otevřené stavební konstrukce. Tento přístup byl pravděpodobně odvozen z tabulky uvedené v [5], která uvádí normové hodnoty materiálů se zanedbanými tepelně technickými izolačními vlastnosti, kde dosahují latexové nátěry V 2012 při jedné nátěrové vrstvě suchého faktoru difúzního odporu $\mu_{n,d} = 2480 [-]$, při dvou vrstvách latexového nátěru $\mu_{n,d} = 2070 [-]$ či při čtyřech vrstvách latexového nátěru $\mu_{n,d} = 1980 [-]$. Z pohledu níže uvedených výsledků tyto předpoklady nejsou bezezbytku pravdivé.

Ideální deskový materiál na exteriérové straně konstrukce by měl mít co nejnižší faktor difúzního odporu $\mu [-]$. Jako nejjednodušší se jeví použít perforovanou OSB desku (viz. Obr. 2), která je zapsána na Úřadu průmyslového vlastnictví České republiky pod evidenčním číslem UV 27796 a na Úřadu priemyselného vlastníctva Slovenskej republiky pod evidenčním číslem UV 7346 o názvu: "Konštrukčný perforovaný oplášťujúci prvok s nízkým difúznym odporom".

Z výše uvedených důvodů byly prováděny v měsících červnu a červenci 2015 v Technickém a zkušební ústavu stavebním Praha, s. p., pobočka Ostrava zkoušky stanovení faktoru difúzního odporu OSB desek (Protokol č. 070-049326). Předmětem testování byly vzorky OSB desky v provedení: Bez povrchové úpravy (vzorek 1, 6ks); s nátěrem Latex 1x (vzorek 2, 6ks), s nátěrem Latex 2x (vzorek 3, 6ks); s menším otvorem uprostřed (vzorek 4, 6ks); s větším otvorem uprostřed (vzorek 5, 6ks); se 4 otvory (vzorek 6, 5ks), viz Tab. 1.



Obr. 1 Správné spojení OSB pomocí tmelů či speciálních těsnících pásek (foto: autor)



Obr. 2 Perforovaná OSB dle CZ UV 27796 a SK UV 7346 (foto: autor)

3 ZKUŠEBNÍ ZAŘÍZENÍ, ZKUŠEBNÍ METODA, PŘEDPISY A POSTUPY.

Během zkoušek byla použita váha SARTORIUS CPA - OCE, posuvné měřidlo (0 - 200mm) a skleněné misky s přírubou (Obr. 3), silikagel, vosk, které jsou zavedeny v metrologickém řádu zkušební laboratoře. Byly použity postupy dle ČSN EN 12572 [9], která se snaží rozdělením difúzních veličin na suché a mokré přesněji popsat transport vlhkosti i upřesnit hodnoty veličin poskytovaných od výrobců stavebních materiálů. Norma určuje, že tzv. suché veličiny by se měly užít v případě, kdy relativní vlhkost ve vnitřním prostředí pro zimní období je $\leq 60\%$. Mokré veličiny se používají pro vyšší relativní vlhkost vnitřního prostředí $> 60\%$, ale i pro exaktní hodnocení konstrukce. Metody se od sebe liší rozdílnými okrajovými podmínkami. Při tzv. metodě WET-CUP, která byla zvolena pro realizované měření, se využívá relativní vlhkosti vzduchu 50% a 95% při konstantní teplotě 23°C [10]. Vodní páry mají podobnou schopnost procházet stavebními konstrukcemi jako tepelný tok. Jestliže k objasnění toku tepla je potřebný gradient teploty, k toku vodních par je nevyhnutelný gradient částečných tlaků vodních par [10]. S ohledem na stejnou teplotu a rozdílné relativní vlhkosti vzduchu dochází k difúzi vodních par skrze měřený vzorek z prostředí s vyšší relativní vlhkostí vzduchu tj. z prostředí s vyšším parciálním tlakem vodních par do prostoru s nižším parciálním tlakem vodních par. Přesnější popis a využití miskových metod lze dohledat v [9].



Obr. 3 Zkušební skleněné mísy s přírubou a se vzorky s nátěrem latexu a perforací OSB (foto: autor)

4 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Základním a objektivním parametrem pro porovnání různých materiálů z hlediska schopnosti omezit difúzi vodní páry je hodnota ekvivalentní difúzní tloušťky s_d [m] jejichž velikost je dána násobením hodnoty faktoru difúzního odporu μ [-] a tloušťky daného materiálu d [m]. Což je možné zapsat do vzorce:

$$s_d = \mu \cdot d \text{ [m]} \quad (1)$$

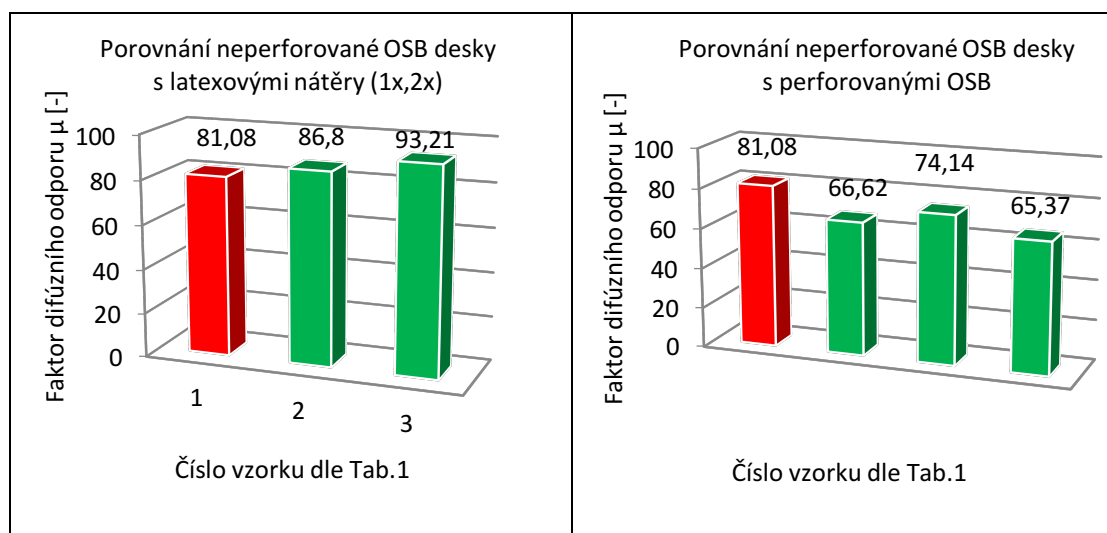
Ve stavební praxi se většinou setkáváme s uváděným parametrem difúzních vlastností materiálu ve formátu μ [-], což je nepřesné vzhledem k tloušťce materiálu, i přesto v korelaci s praxí tento příspěvek přednostně publikuje hodnoty faktoru difúzního odporu μ [-] (Tab. 1, Graf. 1, Graf. 2), což je možné z důvodu, že byly měřeny pouze vzorky o jednotné tloušťce 15 mm. Z důvodů technické správnosti jsou v Tab. 1 uvedeny i naměřené hodnoty s_d [m]. Získané hodnoty μ [-] pomocí vzorce (1), které jsou uvedené v Tab. 1 jsou vždy pro daný typ vzorků (1 - 6) průměrovány dle počtu měřených vzorků.

Tab. 1 Naměřené hodnoty difúzních parametrů OSB

Č. vzorku	Druh vzorku: OSB terče Ø cca 100 mm, tl. cca 13mm	Faktor difúzního odporu μ [-]	Difúzní odpor Z [m ² .h.Pa.mg ⁻¹]	Ekvivalentní difúzní tloušťka vzduchové vrstvy s_d [m]	Počet vzorků dle druhu [ks]
1	Neperforovaný vzorek	81,08	1,853	1,280	6
2	S nátěrem Latex 1x	86,80	1,671	1,166	6
3	S nátěrem Latex 2x	93,21	1,779	1,234	6
4	S 1 otvorem Ø 10mm	66,62	1,271	0,888	6
5	S 1 otvorem Ø 5mm	74,14	1,409	0,972	6
6	S 4 otvory Ø 5mm	65,37	1,248	0,865	5

V níže doložených grafech lze sledovat naměřené hodnoty v porovnání se základní OSB deskou (označena červeně, vzorek 1). Z grafu 1 je viditelné, že 1x nátěr latexem zvýšil faktor difúzního odporu μ [-] z 81,08 (vzorek 1) na 86,8 (vzorek 2), při nátěru latexem ve dvou vrstvách došlo ke zvýšení z 81,08 pouze na 93,21 (vzorek 3). V grafu 2 jsou vidět výsledky dosažené při perforaci OSB desky. Při různé perforaci OSB desky $\mu = 81,08$ bylo dosaženo hodnot $\mu = 66,62$ (vzorek 4) do $\mu = 74,14$ (vzorek 5). Z dosažených výsledků uvedených v grafu 2 lze uvést závěr, že metoda pro měření perforací v deskových materiálech dle [9], pravděpodobně není vhodná. Ze zhodnocení naměřených dat (Tab. 1, Graf. 1, Graf. 2), lze uvést závěry, že dle měření bylo mezi standardní OSB (s min. $\mu = 50$ [-], naměřeno $\mu = 81$ [-] a OSB opatřenou jedním/dvěma latexovými nátěry zvýšení μ pouze o cca 15%. V případě perforace OSB pomocí pravidelných otvorů dojde ke snížení faktoru difúzního odporu μ o cca 25%.

Graf. 1	Graf. 2
---------	---------



Poznámka: Otvor $\varnothing$ 10 mm a $\varnothing$ 5 mm byl vždy ve středu kruhového vzorku (vzorek 4,5). 4ks otvorů $\varnothing$ 5 mm byli na kruhovém vzorku umístěny v pravidelném rastru (vzorek 6).

5 RIZIKA A JEJICH HODNOCENÍ

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry se stanoví buď výpočtem po měsících dle [11], který vyžaduje měsíční hodnoty klimatických údajů [1], nebo jako rozdíl ročního množství zkondenzované vodní páry M_c [kg/m².rok] a ročního množství vypařené vodní páry M_{ev} [kg/m².rok] [5]. Splnění požadavků na šíření vlhkosti konstrukcí je určeno zejména pro konstrukce s dřevěnými prvky, ve kterých by případná kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce M_c [kg/m².rok] mohla způsobit trvalé poškození a mohla by ohrozit její funkci (např. zhoršení tepelné izolační vlastnosti). Všechny tyto konstrukce musí být navrženy tak, aby je zkondenzovaná vodní pára neohrozila, což úzce souvisí s opláštěujícími deskami na bázi dřeva (OSB), tzn., nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce:

$$M_c = 0 \quad (2)$$

Dle [5] a [12] je za nevyhovující stav chápáno jako podstatné zkrácení životnosti konstrukce, snížení vnitřní povrchové teploty konstrukce vedoucí ke vzniku plísní, objemové změny a výrazné zvýšení hmotnosti konstrukce mimo rámec rezerv statického výpočtu, zvýšení hmotnostní vlhkosti materiálu na úroveň, která způsobuje jeho degradaci. V běžné praxi je toto často nerealizovatelné a v obvodových pláštích staveb na bázi dřeva dochází ke kondenzátu v množství větší než 0, i přesto, že bývají používány moderní materiály na bázi dřeva, viz kap. 2. Při praktickém návrhu obvodového pláště na bázi dřeva přenechávají míru akceptovatelného rizika na projektanta. Z tohoto důvodu je vhodné moderní dřevostavby projektovat s využitím moderních sofistikovaných materiálů na bázi dřeva, kde hodnoty faktoru difúzního odporu nabývají větších procentuálních rozdílů, a proto dochází k větší efektivitě návrhu a tím i minimalizováním výše uvedených rizik.

6 ZÁVĚR

Tímto příspěvkem bychom velmi rádi upozornili na v praxi často diskutované úpravy OSB ve vazbě na změnu hodnot faktoru difúzního odporu μ [-].

Předpoklad z projekční praxe, že se jedná v případě latexového nátěru na interiérovou OSB desku o výraznější zvýšení hodnot faktoru difúzního odporu a pravidelnou perforaci vnější opláštěující desky OSB o výraznější snížení difúzního faktoru nelze naměřenými hodnotami potvrdit, a tím pádem tyto úpravy mohou v extrémním případě vést k chybným návrhům obalových konstrukcí na bázi dřeva a zkrácení jejich životnosti.

Na výše uvedené problematice se nadále pracuje a v blízké budoucnosti budou modelovány konkrétní skladby obvodových plášťů pro stavby na bázi dřeva se započtenými faktory difúzních parametry publikovanými v tomto příspěvku.

Tento příspěvek byl také publikován v roce 2016 na www.tzb-info.cz.

Recenzent: Ing. Robert Jára, ČVUT Praha, pracoviště UCEEB.

PODĚKOVÁNÍ

- Projekt: Pre-seed aktivity VŠB-TUO II – Materiály; CZ.1.0.5/3.1.00/14.0320; Dřevěný montovaný konstrukční systém s výplňovou izolací na bázi přírodních materiálů.
- Národní stipendijní program Slovenskej republiky na podporu mobility vysokoškolských učitelů a výzkumných pracovníků, přijímající instituce: Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta.
- Příspěvek byl realizován za finančního přispění Evropské unie v rámci projektu Partnerství v oblasti stavebnictví a architektury, č. projektu: CZ.1.07/2.4.00/17.0064.

LITERATURA

- [1] ŠTAFENOVÁ, D., JURÁŠ, P., ĎURICA, P., *Application of Data Sets Obtained from the Detached Experimental Weather Station in Conditions of Real Building*, Applied Mechanics and Materials, Vol. 824, pp. 387-394, 2016
- [2] ORAVEC, P., *Analysis of a family house on the basis of wood after 35 years of use*, In: International multidisciplinary scientific geoconference, Sofia: SGEM, 2014, pp. 417-422, ISBN 978-619-7105-21-6, DOI: 10.5593/sgem2014B62.
- [3] SONDEREGGER, W. AND NIEMZ, P. *Thermal conductivity and water vapour transmission properties of wood-based materials*. European Journal of Wood and Wood Products [online]. 2009, 67(3), pp. 313-321. DOI: 10.1007/s00107-008-0304-y. ISSN 0018-3768.
- [4] DOUDAK, G. AND SMITH, I. *Capacities of OSB-Sheathed Light-Frame Shear-Wall Panels with or without Perforations*, J. Struct. Eng., 2009, pp. 326-329, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2009)135:3(326), ISSN 07339445.
- [5] ČSN 73 0540. *Tepelná ochrana budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [6] DONOVA, D., KUCERIKOVA, V., *The Relative Humidity inside the Wall Structure According to the Type of Facade*. In: CEE 2014, Hong Kong, pp. 1-5. ISBN 978-1-908074-18-8.
- [7] DONOVÁ, D., ZDRAŽILOVÁ, N., ŠÍPKOVÁ, V., *Using Probabilistic Calculation for the Assessment of the Risk of Water Vapor Condensation on Structures*, Advanced Materials Research, Vol. 1020, pp. 534-539, 2014, DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1020.534
- [8] ĎURICA, P., JURÁŠ, P., GAŠPIERIK, V., RYBÁRIK, J., ŠTAFENOVÁ, D., *Lightweight wood-based walls with various thermal insulations: long-time measurement and subsequent comparison with ham simulation*. In: Proceedings of 14th International Building Simulation Conference BS2015, Hyderabad, India, dec. 7-9, 2015.
- [9] ČSN EN 12572. *Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků – Stanovení prostupu vodní páry*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2002
- [10] SLANINA, P., *Difúzní vlastnosti materiálů z pohledu nových tepelně technických norem*. In: Tepelná ochrana budov 2006, pp. 153-156, Praha: Contour s.r.o., 2006
- [11] ČSN EN ISO 13788. *Tepelně vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků: Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce - Výpočtové metody (73 0544)*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2002
- [12] STN 73 0540, *Tepelná ochrana budov, Tepelnotechnické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov, část 2 – Funkční požadavky*, Bratislava: Slovenský ústav technickej normalizácie, 2012

Keywords

OSB, diffusion, wood.

Summary

The paper deals with diffusional properties of OSB (Oriented Strand Board). Modification of diffusional properties of OSB gives the designer an opportunity to influence the function, but also the durability of wood-based building envelope. The advantage is use of standard OSB with an appropriate modification for the different functions of building envelope. According to the recommendations by the designer, it is possible to make adjustments in the implementation phase of building.

Ondřej Miller¹, David Mikolášek², Petr Lehner³

VLIV EXCENTRICKÉHO NAPOJENÍ NOSNÝCH PRVKŮ NA VNITŘNÍ SÍLY SLOUPU

Abstrakt

Tento článek je zaměřen na vliv uložení hlavních nosných prvků dřevěných lepených lamelových konstrukcí. Pro velké rozpony a tím také tomu odpovídající konstrukční prvky jsou kontaktní plochy uložení velké, což může při nevhodném osazení vodorovného prvku vést k projevům excentricit a tím k také k přidavnému namáhání sloupu ohybovým momentem. Cílem této numerické studie je na konkrétním příkladu vyhodnotit vliv takového uložení vedoucího k excentricitě.

Klíčová slova

Dřevo, lepené lamelové prvky, ANSYS, excentricita, otláčení, MKP, tuhost.

1 ÚVOD

Současný návrh a analýza dřevěných konstrukcí vychází z postupů uvedených v [1] a [2]. Samotné oblasti dřevěných konstrukcí a použití dřeva je věnována velká pozornost také ve výzkumu. Zejména v případech bližšího určení materiálových charakteristik pro návrh a numerické modelování [3] a [4]. Samotný návrh konstrukčních částí je rozpracován do postupů uvedených v [5] a [6]. Mezi významné části návrhu a zejména konstrukční optimalizace patří modelování vlivu uložení. Z něj plynoucí efekt na hlavní nosnou konstrukci bude popsán na příkladu dřevěné konstrukce sportovní haly. Hala je tvořena z lepených lamelových prvků třídy řeziva GL28h. Spoje jsou z ocelových prvků třídy oceli S235J0. Ocel a spoje jsou v tomto příkladu uvedeny jen pro doplnění. Konstrukce haly byla modelována jako 3D prutová konstrukce pro získání globální tuhosti a tuhosti ve spoích v hlavním nosném rámu. Výpočet vnitřních sil a deformací je založen na metodě konečných prvků. Získané tuhosti jsou dále využity pro 2D prutové modely a 2D skořepinové modely hlavního nosného rámu. Tímto zjednodušením se získá nižší výpočtová náročnost modelu a vyšší přehlednost studované úlohy. Skořepinové modely jsou vyhotoveny v programu SCIA [7] a ANSYS [8].

Studovaná hala má základní rozměry 25x35x8m a je zobrazena Obr. 1. Jde o prostorovou dřevěnou lepenou lamelovou konstrukci. Konstrukce se skládá z hlavních rámu, štítových stěn, podélných stěn a střešní roviny. Prostorová tuhost je zajištěna výztužnou střešní rovinou, která svazuje rámové pole do štítových stěn. Podélné stěny zajišťují vodorovnou tuhost kolmo na štít. Rámové pole se tedy opírají o střešní výztužnou rovinu.

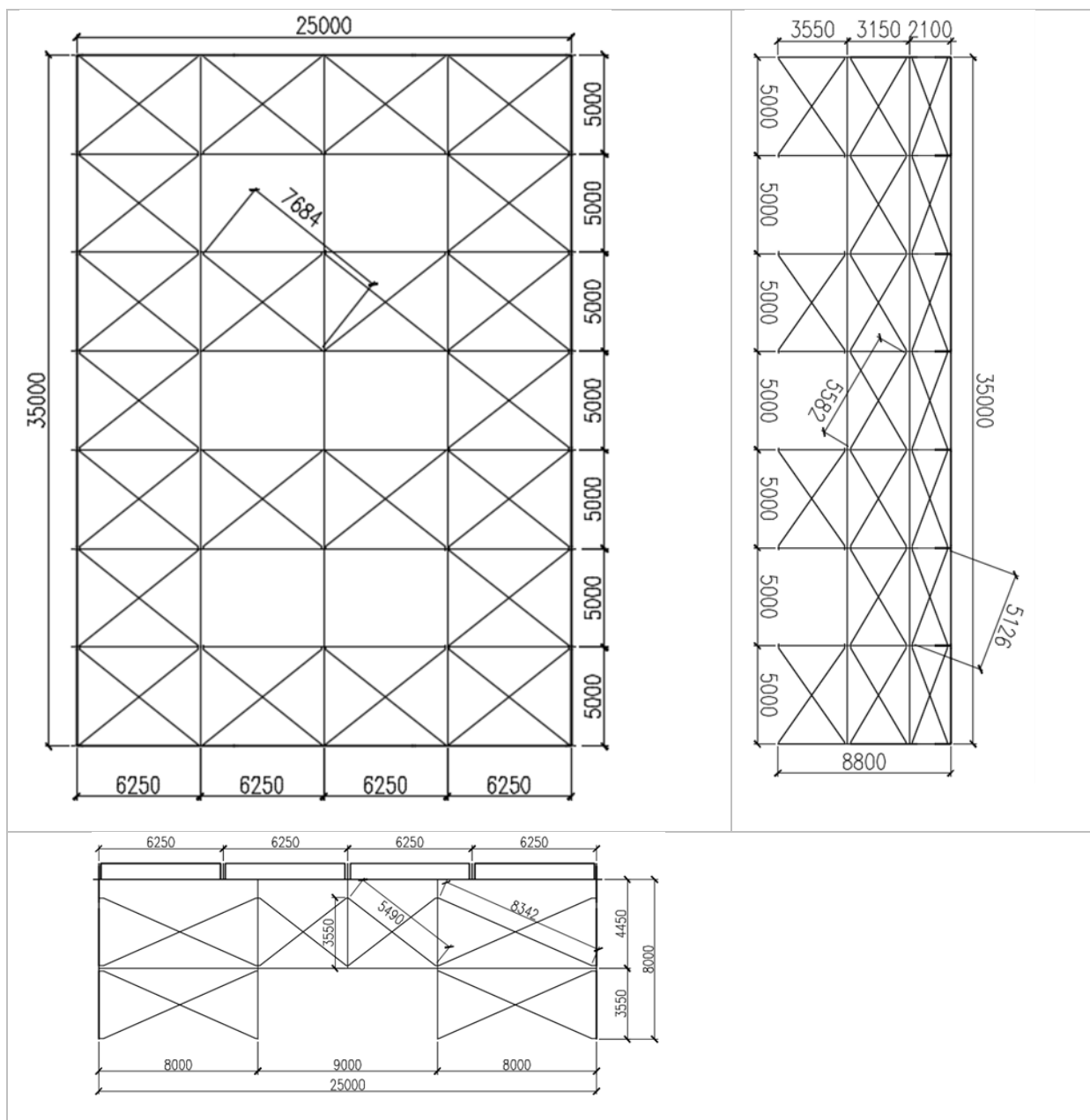
Provázání mezi jednotlivými nosnými prvky střešní roviny a štítových a podélných stěn musí být dostatečně tuhé a pevné. Rámové pole, jsou kotveny k základové konstrukci pomocí kloubového uložení s ocelovými kotevními třmeny. Po základním výpočtu 3D prutové konstrukce haly se vytvoří rámové pole Obr. 1 pomocí prutových prvků s různým typem napojení a skořepinovým ortotropním modelem. Vyztužení stěn a štítu včetně střešní roviny je tvořeno z ocelových rektifikovatelných táhel S355J0. Táhl musí být v době výstavby a

¹ Bc. Ondřej Miller, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 32 1391, e-mail: ondrej.miller.st@vsb.cz.

² Ing. David Mikolášek, Ph.D., Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 32 1391, e-mail: david.mikolasek@vsb.cz.

³ Ing. Petr Lehner, Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 32 1391, e-mail: petr.lehner@vsb.cz.

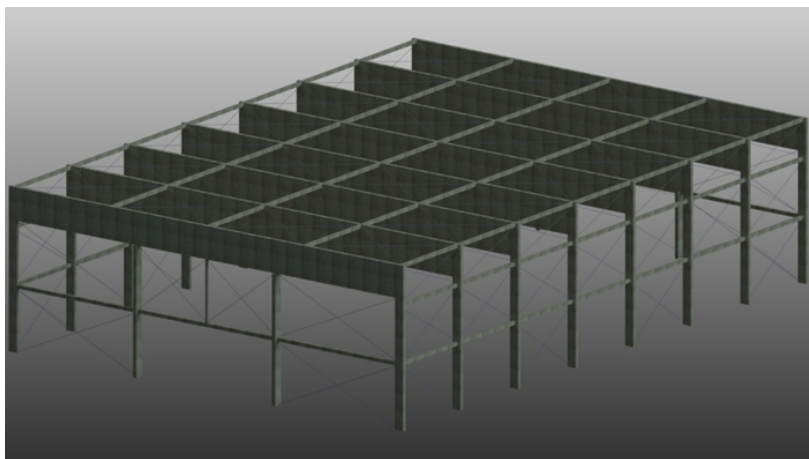
během celé životnosti stavby aktivní – předepnuté. Konstrukce haly byla modelována ve 3D pomocí prutů a základních excentricit.



Obr. 1: Základní schéma 3D konstrukce sportovní haly

Pomocí tohoto numerického modelu bylo dosaženo vhodného globálního chování konstrukce a přerozdělení vnitřních sil, které pak byly kontrolovány s 2D prutovým a zjednodušeným skořepinovým modelem.

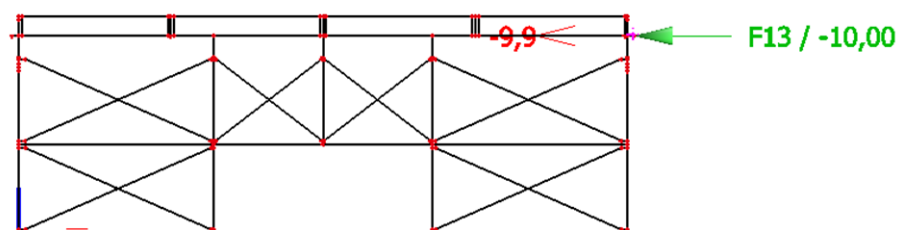
Na Obr. 2 je pohled na konstrukci prutového modelu haly. Horní konstrukce střechy byla uvažována v numerickém modelu se zohledněním excentricit uložení hlavního vodorovného nosníku na sloupy. Byla zde namodelována excentricita vzdálenosti uložení nosníku od jeho osy na vrchol sloupu.



Obr. 2: Renderring numerického modelu sportovní haly

2 VÝPOČET VODOROVNÉ TUHOSTI STŘEDOVÉHO RÁMOVÉHO POLE

Zde je za pomoci 3D prutového modelu haly získána vodorovná tuhost pro 2D prutové a skořepinové modely. Takto získaná vodorovná tuhost je potom dosazena do středu vodorovného nosníku zjednodušených modelů kde reprezentuje upnutí do ztužidlového pole ve střešní rovině. Translační vodorovná tuhost byla získána tak, že prostorový model haly byl zatížen vodorovnou silou uprostřed haly a byla spočtena deformace uzlu, ve kterém byla osazena síla. Schéma osazení síly a deformace je vidět na Obr. 3, kde je znázorněn pohled na halu směrem do štítu. Vnitřní rámové pole jsou kyvné stojky, proto musí být opřeny do střešní výztužné roviny.



Obr. 3: Schéma výpočtu vodorovné tuhosti haly

$$F_{xy} = K_{xy} * u_{xy} \rightarrow K_{xy} = \frac{F_{xy}}{u_{xy}} = \frac{10 \cdot 10^3}{9,9 \cdot 10^{-3}} = 1.01 \text{ MNm}^{-1} \quad (1)$$

kde:

F_{xy} – je vodorovná síla v uzlu středu haly [kN],

u_{xy} – deformace uzlu od vodorovné síly F_{xy} [m],

K_{xy} – translační tuhost uzlu (rámového pole) v konstrukci haly [MNm^{-1}].

Zde uvedený vztah (1) a jeho hodnota platí pro tento typ konstrukce a okrajové podmínky a místo působení. Získaná tuhost je dále použita v dalších numerických modelech.

3 ZATÍŽENÍ NA KONSTRUKCI HALY

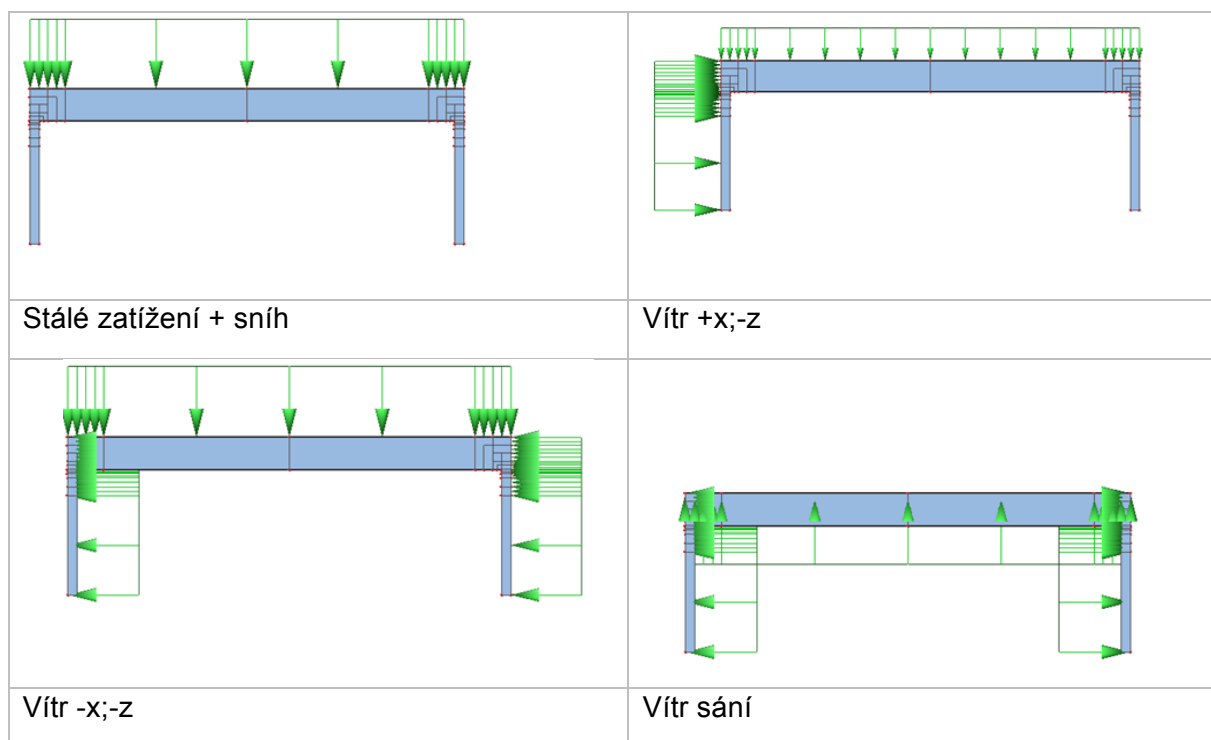
Konstrukce haly je pro zvolený typ analýzy zatížena zjednodušeně bez uvážení kombinací podle EC. Zjednodušený přístup v zatěžování konstrukce a tvorbě kombinací je volen z důvodu přehlednosti získaných výsledků a skutečnosti, že i zjednodušené ručně kombinované zatěžovací stavy mají podobné výsledné hodnoty reakcí a vnitřních sil jako kombinace podle EC. Dalším důvodem pro použití zjednodušených kombinací je

vyhodnocování účinků zatížení a excentricit na sloup. Kde má v tomto případě dominantní vliv na přídatný moment od excentricity zatížení stálé a zatížení sněhem.

Tab. 1: Základní typy zatížení na konstrukci haly

Zatěžovací Stav	Typ působení	q_x [kN/m ²]	q_z [kN/m ²]
Stálé + sněh	Stálé + sněh	-	-4,0
Vítr +x;-z	proměnné	1	-0,5
Vítr -x;-z	proměnné	-0,5	-0,5
Vítr sání	proměnné	-1 ; 1	1

Zatížení v tabulce Tab. 1 udává základní směr a hodnotu pro zadání na rámové pole haly. U zatížení je brán zřetel především na výslednou hodnotu a směr, nejsou zde uvažovány rozdílné oblasti pro zatížení větrem a různé typy nesymetrií zatížení sněhem a jiných klimatických zatížení nebo zatížení stálých.



Obr. 4: Zjednodušení zatěžovací stavy na konstrukci haly

Na obrázku Obr. 4 jsou zobrazeny čtyři základní typy zatížení na konstrukci. Jde o zatížení stálé spolu se sněhem a zatížení od větru. Zatížení sněhem a stálým zatížením je uvažováno v jednom zatěžovacím stavu z důvodu přehlednosti výpočtu a výsledků. Pro zjištění vlivu excentricity na moment ve sloupu má významný efekt svislá složka síly od vnějších zatížení a vlastní tíhy. Proto pro jednoduchost byly některé složky zatížení sečteny.

4 VÝPOČET EXCENTRICITY NA SLOUPU – ZJEDNODUŠENÝ RUČNÍ VÝPOČET

Pro jednoduchost jsou spočítány vnitřní síly a napětí od stálého zatížení a zatížení sněhem. Ruční výpočet poslouží k ověření správnosti prutových a skořepinových modelů.

Tab. 2: Průřezové charakteristiky nosníku a sloupu

Příčel: 200x1800mm GL28h

Sloup:200x520mm GL28h

$A=$	3,60E-01	mm ²	$A=$	1,04E-01	mm ²
$E=$	1,26E+10	GPa	$E=$	1,26E+10	GPa
$I_y=$	9,72E-02	m ⁴	$I_y=$	2,34E-03	m ⁴
$W_y=$	1,08E-01	m ³	$W_y=$	9,01E-03	m ³
$S_y=$	8,10E-02	m ³	$S_y=$	6,76E-03	m ³
$b_{roz.}=$	5,00E+00	m	$b_{roz.}=$	5,00E+00	m

Tab. 3: Vnitřní síly na prutech rámového pole

-	$L[m]$	$U_z[mm]$	$N[kN]$	$V_z[kN]$	$M_y[kNm]$
Příčel	25,00	-83,06	-	-250,00	-1562,5
Sloup	7,10	-	-250,00	-7,62	-54,08

Tab. 4: Napětí na prutech rámového pole

-	$\sigma_{x,T}[MPa]$	$\sigma_{x,M}[MPa]$	$\Sigma\sigma_x[MPa]$	$\tau_{yz}[MPa]$
Příčel	-	-14,47	-14,47	-1,04
Sloup	-2,40	-6,00	-8,40	-0,11

Tab. 5: Excentricita na prutech rámového pole v místě uložení

			$x[mm]$
Tlak rovnoběžně s vlákny ($f_{c,0,d}$) [MPa]	19,08		131,027
Tlak kolmo na vlákna ($f_{c,90,d}$) [MPa]	2,16		1157,407
	e =	216,324	mm

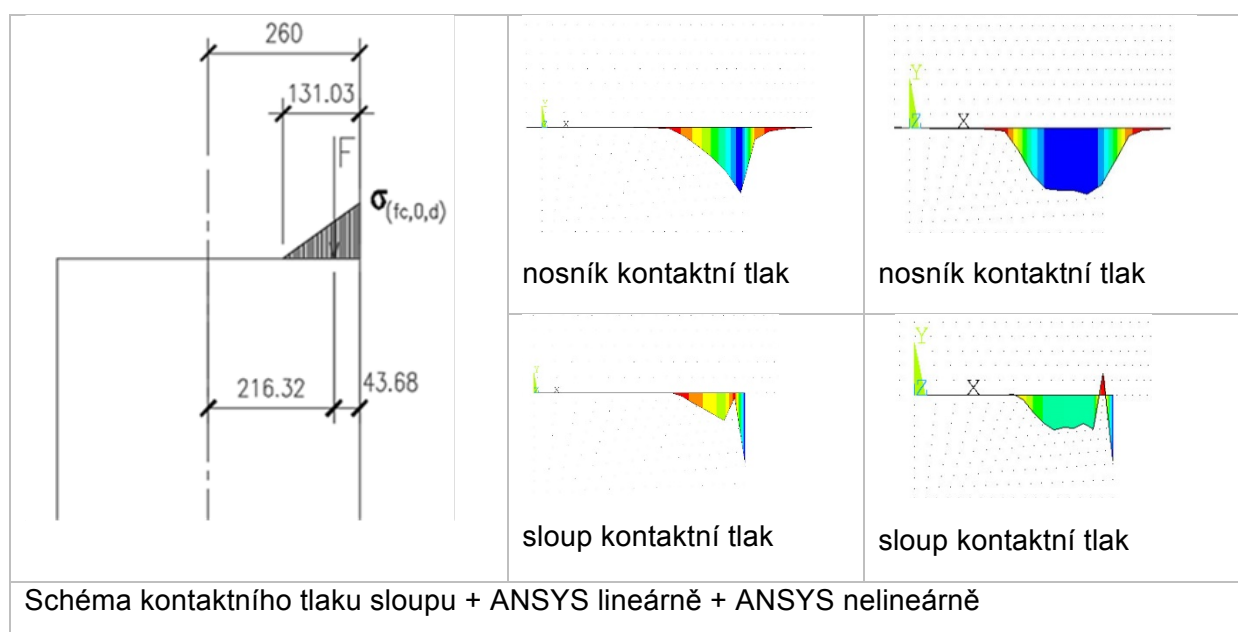
V tabulkách Tab. 2, Tab. 3 a Tab. 4 jsou uvedeny získané výsledky na rámovém poli podle ručního výpočtu za použitím základní rovnic statiky a pružnosti v lineárním oboru deformací a napětí (platí Hookův zákon). Tyto tabulky je pak možné srovnávat s hodnotami získanými pomocí prutových a skořepinových modelů.

V tabulce Tab. 5 je výsledek pro zjednodušený výpočet hodnoty excentricity vlivem uložení nosníku příčle na sloup. Výpočet byl proveden za předpokladu lineárního rozdělení napětí v tlaku po prvku zhlaví sloupu. Dále se předpokládá uložení dřevěného nosníku volně na sloup (dřevo na dřevo). Smykové síly mezi sloupem a nosníkem jsou přenášeny ocelovým kotvením, které není ve výpočtu uvažováno. V reálném uložení jsou ovšem oba prvky svázány jak vodorovně tak svisle, takže i toto kotvení má vliv na přerozdělení sil v otlacení jednotlivých prvků. U reálné konstrukce by také sehrálo svou roli detailní řešení uložení, například pomocí neoprenové podložky částečně eliminující natočení a tím otláčování

vodorovného nosníku přes hranu sloupu. Neopren má také schopnost rovnoměrněji přerozdělit podporové tlaky na jednotlivé zatěžované prvky.

Dále je zjednodušení pro ruční výpočet uvažováno tak, že při natočení nosníku bude rovnoměrné rozdělení napětí pouze po zhlaví sloupu, ale po kontaktní ploše nosníku bude hmota dřeva stlačena a nebude zde platit Hookův zákon. Tedy rovnováha sil bude sestavena jen na sloupu (na nosníku budou podporové tlaky vyšší než mez kluzu v tlačení kolmo na vlákna nosníku).

U ručního výpočtu je zanedbána rozdílná tuhost pro nosník a sloup. Sloup je namáhán tlakem rovnoběžně s vlákny a nosník je namáhán kolmo na vlákna. U ručního výpočtu je zohledněn pouze tlak rovnoběžně s vlákny u sloupu pro výpočet délky otlacení a tím excentricity uložení. Pro běžné řezivo je rozdíl v napětí kolmo na vlákna s napětím rovnoběžně s vlákny kolem 1/10 až 1/7 a podíl tuhostí (modulů pružností) je kolem 1/10.



Obr. 5: Schéma rozdělení kontaktního tlaku na sloupu ANSYS

Na obrázku Obr. 5 se nachází schéma pro výpočet kontaktního tlaku. Výpočet kontaktního tlaku je omezen maximálním lineárním napětím v tlaku rovnoběžně s vlákny což je podle Tab. 5 kolem 19,05 MPa. Pro trojúhelníkový tvar tlaku a konstantní šířky průřezu sloupu 200 mm je možné na základě rovnováhy sil spočítat nutnou délku kontaktního tlaku a tím také excentricitu připojení vodorovného nosníku k ose sloupu. Ve středovém a pravém sloupci je kontaktní napětí pro lineární materiál ANSYS a nelineární materiál ANSYS.

Pokud získáme tuto excentricitu, můžeme následně spočítat vodorovnou sílu v podpoře sloupu (vodorovná reakce). Tato síla musí vyrovnat moment vzniklý od svislého zatížení a excentricity v místě hlavy sloupu na nulovou hodnotu. Předpokládá se, že v místě uložení není momentový spoj a je zde v připojení sloupu a nosníku moment roven nule. Reakce pak vyvozuje po sloupu ohybový moment trojúhelníkového tvaru s maximální hodnotou ve vrcholu sloupu. Tento moment je v tomto případě jen od svislých zatížení.

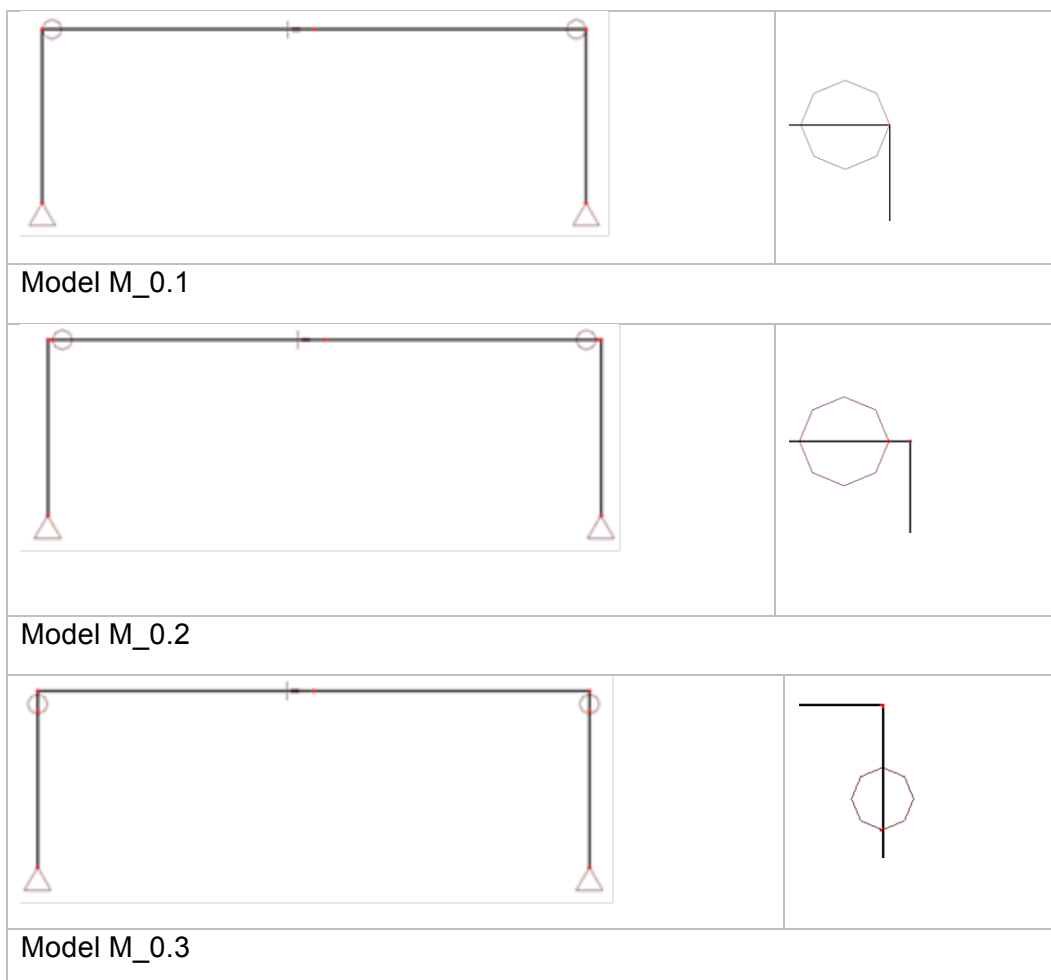
4.1 Výpočet podle SCIA Engineer 15.3

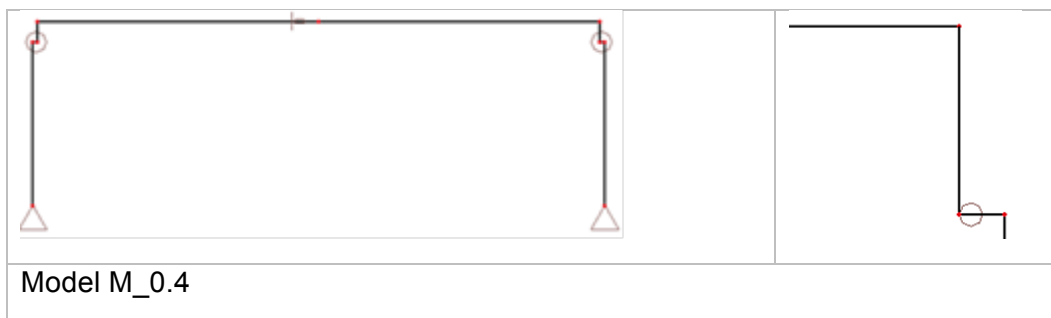
Aby byl zjištěn vliv excentrického napojení prvků na průběh vnitřních sil, je vytvořeno několik prutových modelů zohledňujících excentrické napojení. Pro přesné vyšetření konstrukce a srovnání výstupů z prutových modelů je vytvořen model skořepinový, který zohledňuje ortogonální vlastnosti dřeva (tlak kolmo - rovnoběžně s vlákny). Na prutových modelech jsou zvoleny různé typy excentrického napojení prvků konstrukce tak, aby byly názorně vidět změny vnitřních sil. Skořepinovým modelem by mělo být reprezentováno „reálné“ chování konstrukce. Tím je myšleno, že je vzato v potaz ortogonální chování dřeva a tím reálnější přetvoření a napětí na jednotlivých konstrukčních prvcích rámu.

4.2 Prutové modely s uvážením excentricit

Pro srovnání změny průběhu vnitřních sil jsou vytvořeny čtyři numerické prutové modely zobrazené na Obr. 6. První model má přímé napojení na osy prutů. V dalších dvou modelech je příčel připojená na sloup pomocí tuhého ramene, které demonstruje excentrické napojení. Velikost ramene je zvolena podle myšleného napojení prvků.

Velikost ramene pro napojení sloupu $e_s = 216,324\text{mm}$ a příčle $e_p = 900\text{mm}$. Do středu příčle je vložena pružina, které je dána již spočtená příčná tuhost haly (nahrazuje výztužné působení střešní roviny). Poslední, čtvrtý model zohledňuje obě dvě excentricity najednou. Z toho lze usoudit, že průběh vnitřních sil na čtvrtém modelu by měl nejvíce odpovídat vnitřním silám na skořepinovém modelu.

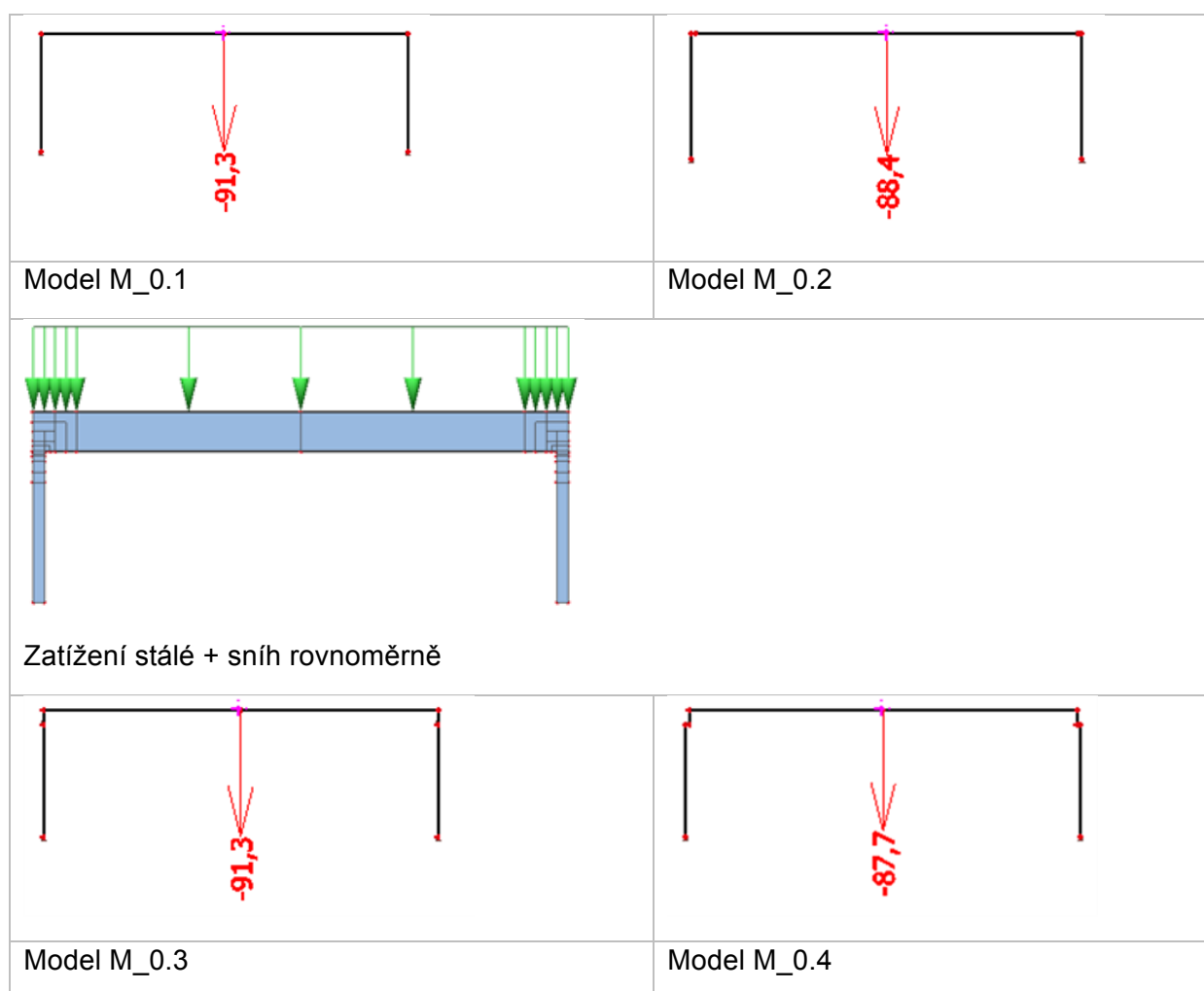




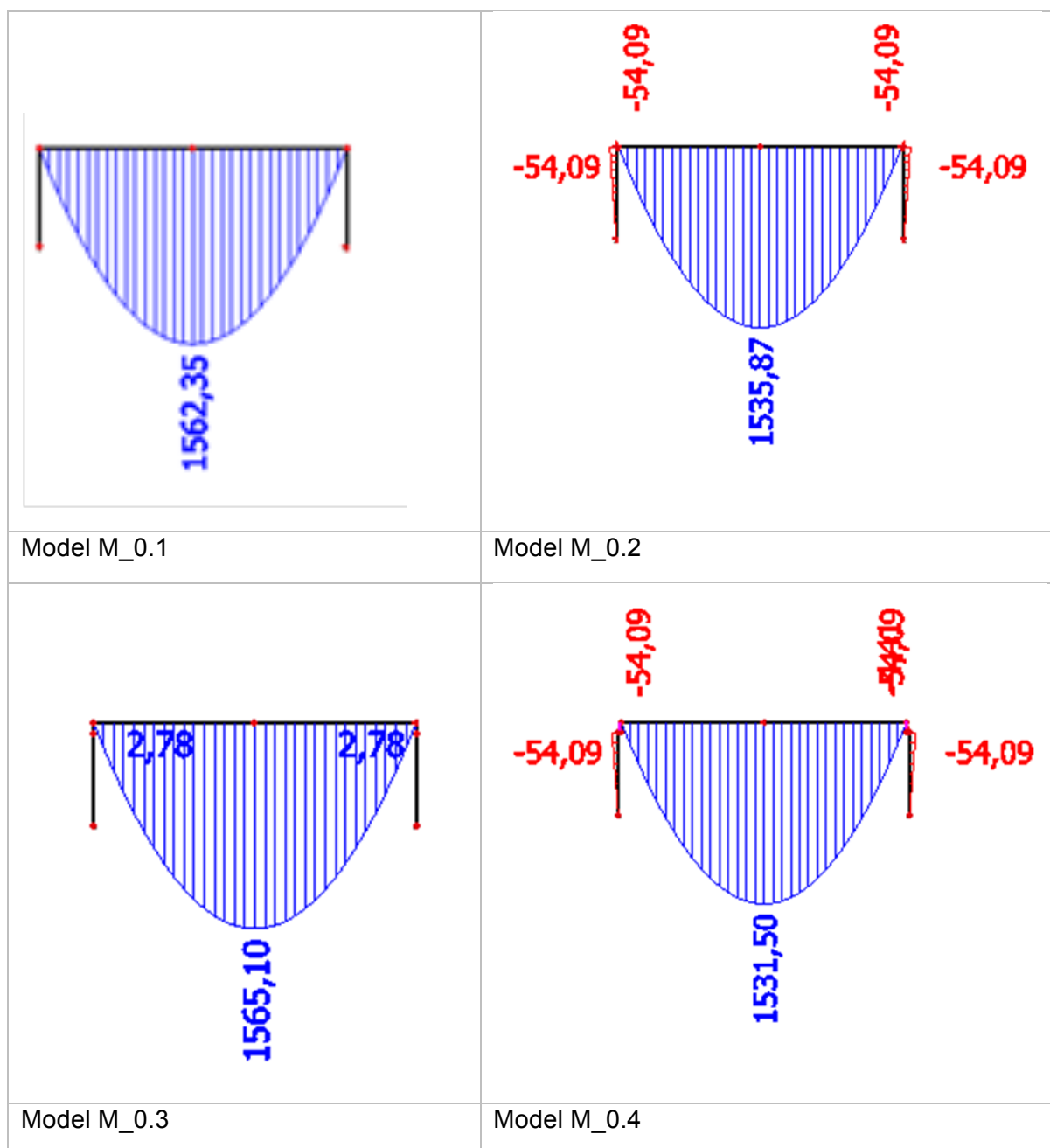
Obr. 6: Zjednodušené schémata typů vnitřních vazeb rámového pole

4.3 Prutové modely deformace a vnitřní síly

Z důvodu porovnání výstupních hodnot vnitřních sil jsou podrobně uvedeny vnitřní síly od stálého zatížení spolu se sněhem. Dále jsou uvedeny vnitřní síly od kombinací zatěžovacích stavů, tak aby bylo možné pozorovat jejich změny, které jsou závislé na typu připojení prvků.



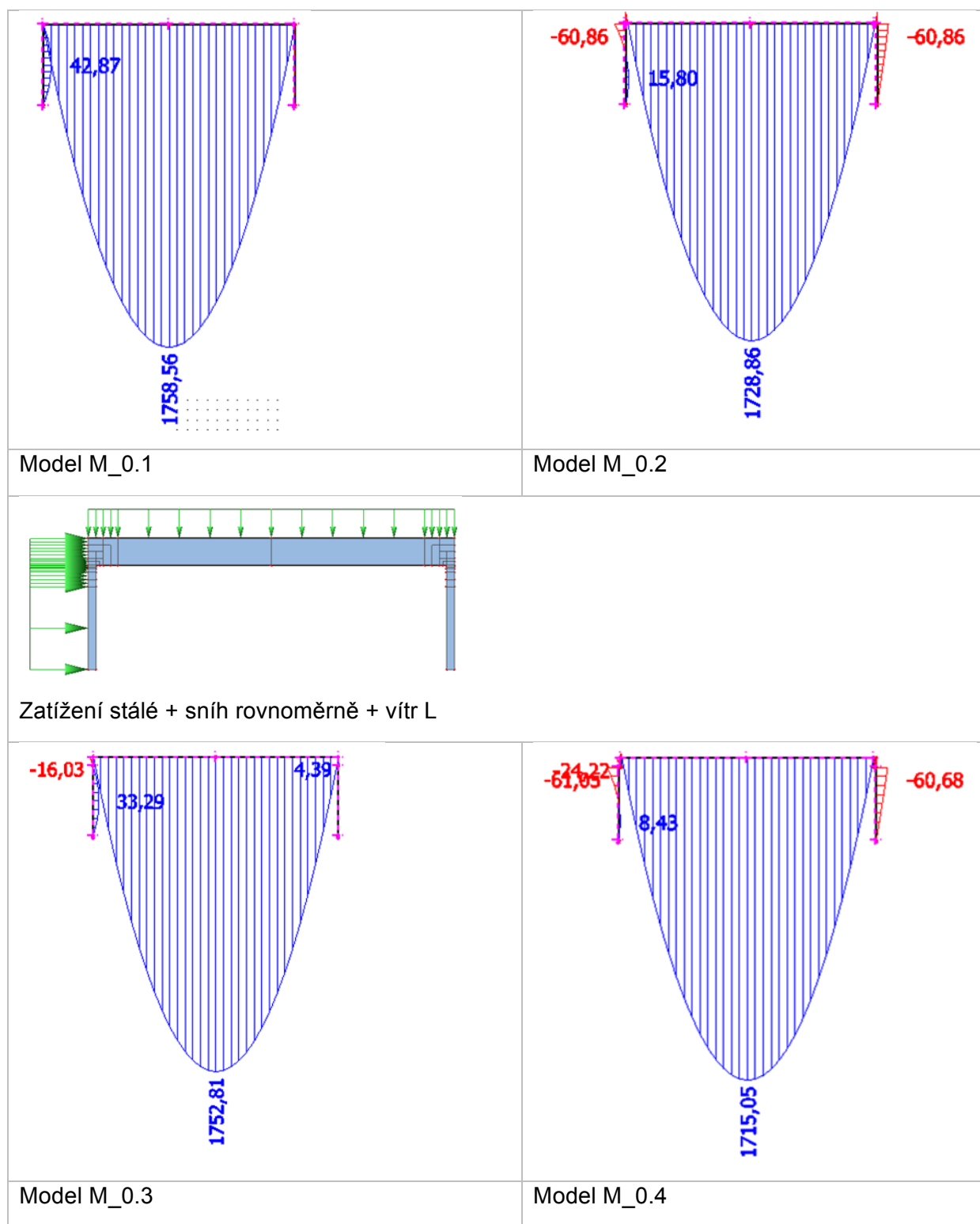
Obr. 7: Deformace prutových modelů od stálého zatížení a sněhu



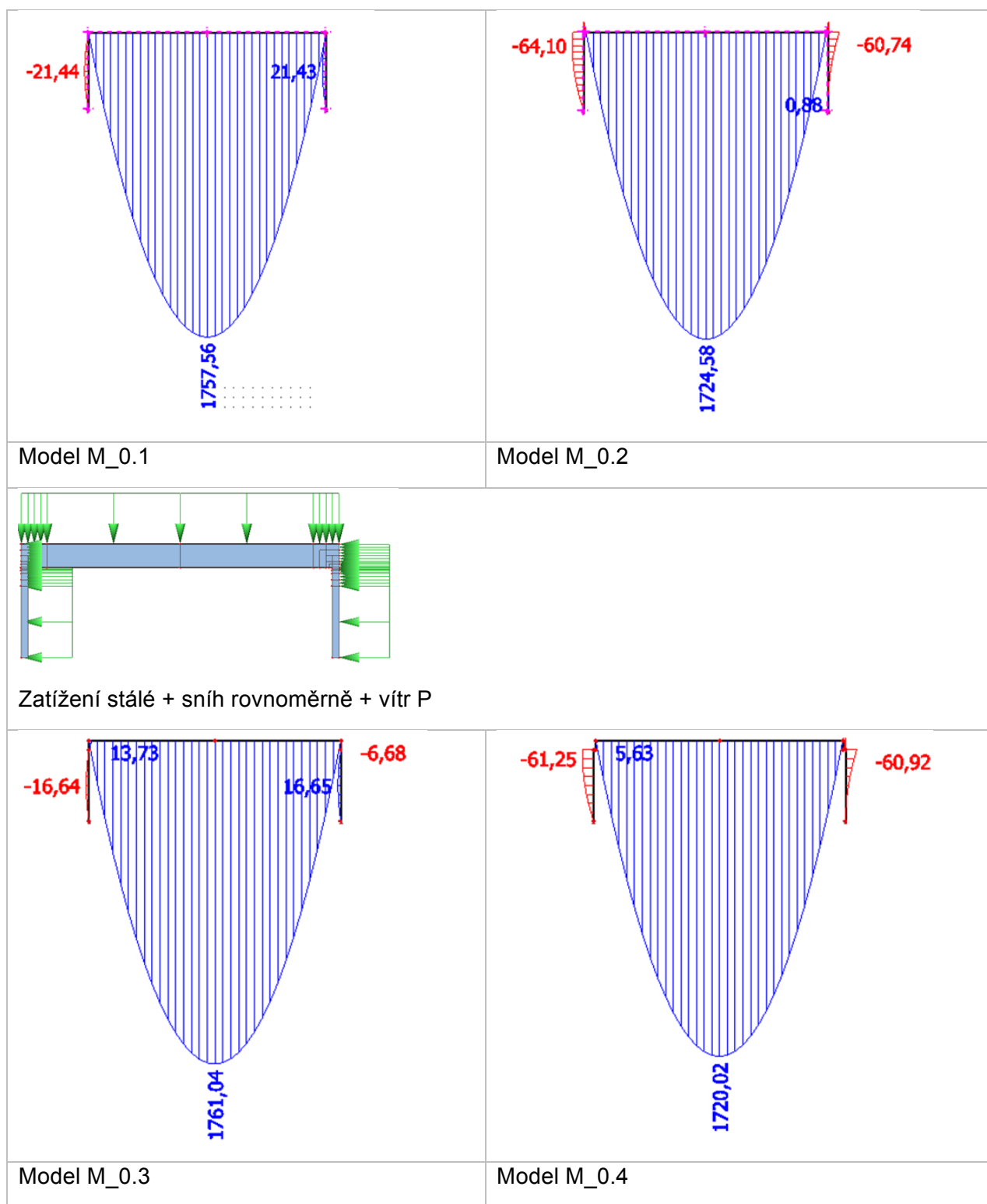
Obr. 8: Vnitřní síly M_y [kNm] prutových modelů od stálého zatížení a sněhu

Na obrázku Obr. 7 a 8 je vidět deformace a přerozdělení vnitřních sil v závislosti na excentricitě uložení. Jak se dalo předpokládat tak pro model M_0.1 a M_0.3, kde excentricita není ve vodorovném směru, nevzniká od svislých rovnoměrných zatížení žádný moment na sloupu (pro výpočet podle teorie I. řádu bez imperfekcí). Další výstupy vnitřních sil jsou zobrazeny na Obr. 9 až 11.

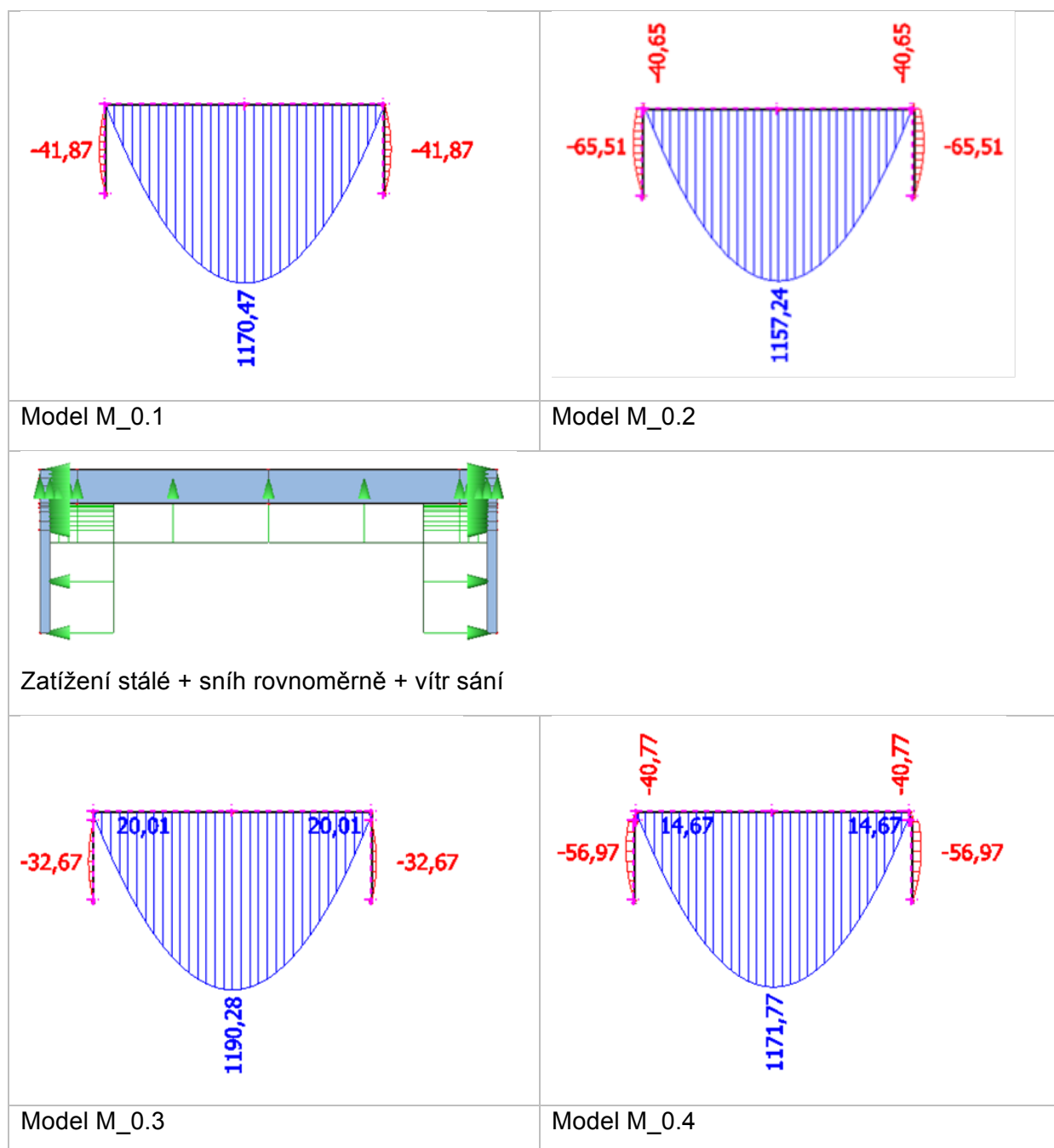
Na modelu M_0.2 a M_0.4 jsou uvažovány excentricity ve vodorovném směru a dochází zde k vzniku momentů na sloupech. Moment je závislý na velikosti excentricity, velikosti reakce ve sloupu, délce sloupu a na pružných vazbách v kotvení sloupu a v kotvení mezi sloupem a nosníkem. Získané svislé deformace nosníku z prutových konečně prvkových modelů byly shodné se skořepinovými modely SCIA a ANSYS. Vodorovná reakce pro lineární materiálový model v ANSYS se lišila o cca 20% od reakce pro materiálově nelineární model. Pro materiálově lineární model ANSYS byla vodorovná reakce v podpoře symetrická o hodnotě cca 12,4 kN.



Obr. 9: Vnitřní síly M_y [kNm] prutových modelů od stálého zatížení a sněhu a větru



Obr. 10: Vnitřní síly M_y [kNm] prutových modelů od stálého zatížení a sněhu a větru



Obr. 11: Vnitřní síly M_y [kNm] prutových modelů od stálého zatížení a sněhu a větru

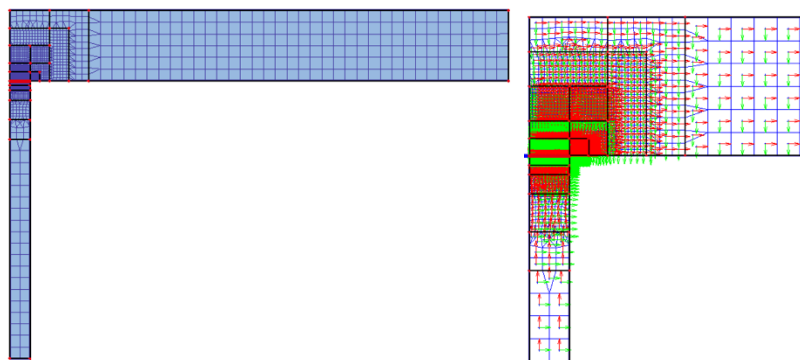
Na modelu M_0.2 a M_0.4 jsou uvažovány excentricity ve vodorovném směru a dochází zde k vzniku momentů na sloupech. Moment je závislý na velikosti excentricity, velikosti reakce ve sloupu, délce sloupu a na pružných vazbách v kotvení sloupu a v kotvení mezi sloupem a nosníkem.

Jak je patrné z jednotlivých obrázků průběhů momentů, tak vítr se může v momentových účincích sčítat nebo odečítat s momenty vzniklými od excentricity. Účinky se sčítají po výšce sloupu a k maximum pak dochází ve vnitřní části sloupu, protože pro tento případ má vítr maximální momentový účinek uprostřed a excentricita ve vrcholu sloupu.

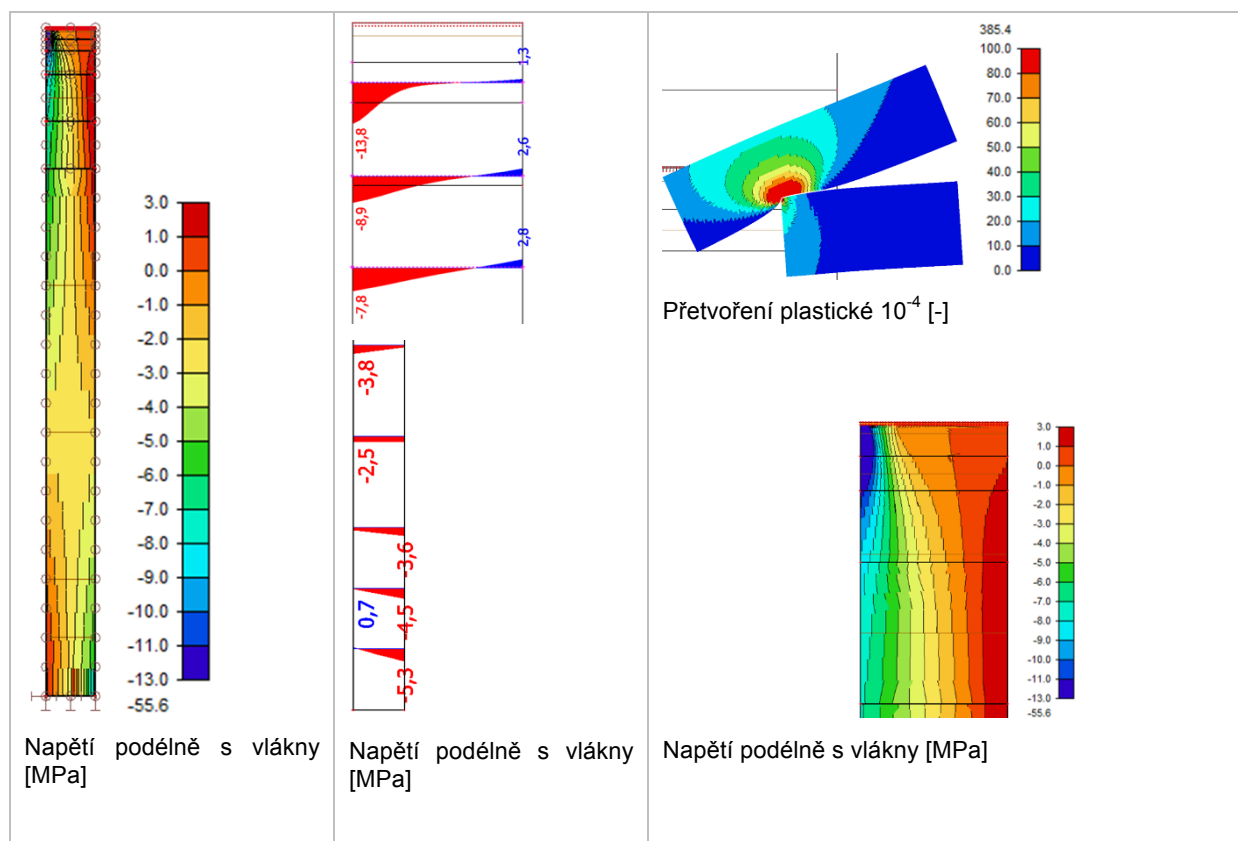
5 SKOŘEPINOVÝ MODEL

Výpočetní skořepinový model je vytvořen z ploch v programu AutoCad. Ty jsou následně importovány do programu Scia Engineer 15.3 ve kterém jim jsou přiřazeny vlastnosti

materiálu a tloušťky. V tomto případě jde o lepené lamelové dřevo GL28h s tím, že se klade důraz na ortotropní povahu materiálu, které je nutno nastavit podle LSS vyšetřovaného prvku. Ortotropní tuhosti materiálu jsou spočteny podle manuálu, který poskytuje Scia Engineer 15.3 [7]. Velikost sítě konečných prvků je přizpůsobena výpočetnímu modelu tak, aby byl výpočet programu časově nenáročný a zároveň poskytoval dostatečně vypovídající hodnoty a chování konstrukčního detailu.



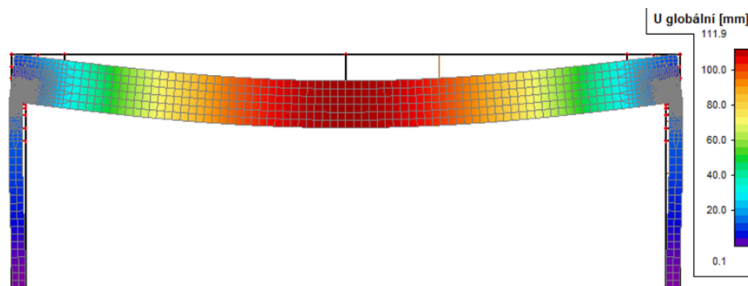
Obr. 12: Zobrazení jemnosti sítě a nastavení ortotropie nosníku a sloupu



Obr. 13: Zobrazení napětí na sloupu pro zatížení stálé + sníh

Na Obr. 12 je vidět postupné zjemňování sítě, které má za úkol zpřesnit numerické řešení úlohy a zajistit modelu numerickou stabilitu a výpočetní náročnost tak, aby byl výpočet časově a ergonomicky optimální. Obr. 13 poskytuje náhled na rozliv napětí po prvku sloupu. Je zde vidět, že sloup je podle barevného spektra namáhán tlakem a ohybem od svislé síly. Tento ohyb je způsobem excentricitou vzniklou natočení nosníku kolem vnitřní hrany sloupu. Na horním pravém obrázku je vidět také přetvoření v okolí uložení mezi sloupem a nosníkem. Nosník je namáhán kolmo na vlákna a sloup rovnoběžně s vlákny. Dřevo je obecně anizotropní, ale dá se uvažovat jako ortotropní kde směr kolmo na vlákna má

výrazně menší tuhost a pevnost než směr rovnoběžně s vlákny. Proto zde, na tomto horním pravém obrázku Obr. 13 dochází k otlacení vodorovného nosníku s přetvořením v extrému okolo 3,854% a v širším okolí kolem 1-2%.



Obr. 14: Zobrazení globální deformace rámového pole pro výpočet podle teorie 2 řádu

Na Obr. 14 je znázorněna globální deformace. Maximum deformace je ve směru svislém a hodnota je okolo 111,90 mm. Tato hodnota je vyšší než u prutových modelů a to z důvodu, že při nelineárním výpočtu podle teorie druhého řádu se modul pružnosti snižuje podílem součinitelem materiálu, který zde je podle EC [mm] 1,25. Pokud deformaci 111,9 podělíme součinitelem 1,25, dostaneme blízkou hodnotu deformace jako u prutového modelu a to okolo 89,52 mm. V této hodnotě je zohledněno i samotné stlačení vodorovného prvku kolmo na osu, které u prutového modelu nemůže být spočteno. Důvodem je že prutové prvky ve standardních komerčních programech se deformují pouze ve své ose, od ohybu a smyku. V prutových modelech se dá tato deformace zahrnout přes dodatečnou pružinovou tuhost v místě napojení sloupu a nosníku.

Tab. 6: Deformace a napětí a vnitřní síly na skořepině

-	L[m]	Uz[mm]		
Příčel	25,00	111,90		
Sloup	7,10	-		
-	τ_{yz} [MPa]	$\Sigma\sigma_x$ [MPa]	$\sigma_{x,T}$ [MPa]	$\sigma_{x,M}$ [MPa]
Příčel	1,10	13,70	-	13,70
Sloup	0,22	8,90	2,50	6,40
-	N[kN]	Vz[kN]	My[kNm]	
Příčel	-	264,00	1479,60	
Sloup	260,00	15,53	57,69	

Tab. 7: Srovnávací tabulka jednotlivých způsobů řešení pro příčel (nosník)

	Deformace	Vnitřní síly			Procentuální odchylka		
Příčel	Uz[mm]	N[kN]	Vz[kN]	My[kNm]	$\mu_{(Uz)}[\%]$	$\mu_{(Vz)}[\%]$	$\mu_{(My)}[\%]$
Skořep. Model	89,52	0,00	264,00	1479,60	-		-
Prutové modely							
Model M_0.1	91,30	0,00	250,00	1562,35	-1,99	5,6	5,30
Model M_0.2	88,40	0,00	250,00	1535,87	1,25	5,6	3,66
Model M_0.3	91,30	0,00	250,00	1565,10	-1,99	5,6	5,46
Model M_0.4	87,70	0,00	250,00	1531,50	2,03	5,6	3,39
Ruč. výpočet	83,06	0,00	250,00	1562,50	7,22	5,6	5,31

Tabulka Tab. 6 zobrazuje deformační a silové a napěťové veličiny na skořepině. Tyto hodnoty byly dopočteny podle zásad statiky a nauky pružnosti z napěťových stavů na skořepině nebo odečteny přímo jako spočtené hodnoty ze skořepiny. Je patrná shoda s výsledky podle ručních zjednodušených výpočtů nebo prutových modelů. Pouze deformace je vyšší a to z důvodu již zmíněného nastavení programu podle normy (pro výpočet podle teorie druhého řádu se snižuje modul pružnosti). Rozdíl je možné také vysledovat ve vodorovné reakci u skořepinového modelu. Zde je vodorovná síla vyšší než u prutových modelů a ručního výpočtu. Důvodem je, že podle zjednodušeného výpočtu excentricity podle ručního výpočtu je tato excentricita použita také pro prutové modely. A při výpočtu podmínek rovnováhy se musí dospět pro ruční výpočet a prutové modely k podobné vodorovné síle. Zatímco skořepinový model měl trochu jiné okrajové podmínky uložení dolního kotvení a také kotvení sloup a nosník. A také skořepinový model byl spočten s uvážením ortotropie, což může vést na jinou hodnotu excentricity a tím také hodnotu vodorovné síly v podpoře kotvení.

Tab.8: Srovnávací tabulka jednotlivých způsobů řešení pro sloup

Sloup	Vnitřní síly			Procentuální odchylka		
	N[kN]	Vz[kN]	My[kNm]	$\mu_{(N)}$ [%]	$\mu_{(Vz)}$ [%]	$\mu_{(My)}$ [%]
Skořep. Model	260,00	15,53	57,69	-	-	-
Prutové modely						
Model M_0.1	250,00	0,00	0,00	4,00	-	-
Model M_0.2	250,00	6,46	54,09	4,00	58,44	6,66
Model M_0.3	250,00	0,00	0,00	4,00	-	-
Model M_0.4	250,00	6,51	54,09	4,00	58,08	6,66
Ruč. výpočet	250,00	7,62	54,08	4,00	50,93	6,68

Ve výše uvedené tabulce jsou zvýrazněny hodnoty, které se liší nejmenší výchylkou. Nejmenší výchylky od skořepinového modelu vycházejí v Modelu M_0.4. V tomto modelu jsou zohledněny obě dvě varianty excentrického napojení prvků.

6 ZÁVĚR

Tato práce se zaměřila na srovnání prutových modelů závislých na excentrickém napojení prvků se skořepinovým modelem. Prutový model M_0.4, jak bylo předpokládáno, se nejvíce blížil ke skořepinovému modelu a to díky tomu, že jsou na něm zohledněna excentrická napojení prvků podle předpokladů geometrie konstrukce rámu sportovní haly a ručního zjednodušeného výpočtu.

Výsledné hodnoty získané ručním výpočtem byly ověřeny prutovým 3D numerickým modelem, 2D prutovými modely s různými typy excentricit a skořepinovým modelem dobře korespondují mezi sebou. Lze říci že, při nevhodném uložení nebo při zanedbání možného vzniku excentricit může dojít k velkému lokálnímu namáhání dřevěného prvku kolmo na vlákna, ale také k možnému štípání nebo smykovému porušení prvku sloupu namáhaného rovnoběžně s vlákny a to z důvodu jeho zatěžování při okraji. K těmto efektům se pak také přidružuje ohybové namáhání sloupu vlivem vyosení a tím vzniku excentricit. Toto namáhání od ohybu vlivem excentricit může mít za následek snížení využitelnosti sloupu na ohyb mezi

10 – 30% (15% ve středu sloupu, protože tam je moment od excentricity poloviční oproti vrcholu sloupu) podle účinků a pozice vnitřních sil na geometrii zatěžovaného sloupu.

Tyto závěry ale platí pro velké vstupní síly a rozměrné prvky a to ještě za předpokladu nevhodného detailu v kotvení sloupu a vodorovného nosníku. Řešením jak zmenšit možné excentricity je podložení obou prvků neoprenovou podložkou, která se dotvaruje a tím zmenší vyosení a lokální kontaktní tlaky nebo použitím vhodné úpravy geometrie kontaktních ploch sloupu a nosníku, případně použitím ocelové detailu zajišťujícího osový přenos vnitřních sil mezi sloupem a nosníkem.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl realizován za finančního přispění Evropské unie v rámci projektu Partnerství v oblasti stavebnictví a architektury, č. projektu: CZ.1.07/2.4.00/17.0064.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 1702 mod DIN 1052:2004 Navrhování, výpočet a posouzení dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI. 2007. 174 s.
- [2] ČSN EN 1995-1-1 73 1701 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI. 2006. 114 s.
- [3] GUNDERSON, R. A., GOODMAN, J.R., BODIG, J. Plate Tests for Determination of Elastic Parameters of Wood, Wood Science, Vol. 5., p. 241-248, April 1973.
- [4] JOHNSON, H. Plug Shear Failure in Nailed Timber Connections - Avoiding Brittle and Promoting Ductile Failures. Doctoral thesis, Div. of Timber Structures, Luleå University of Technology, 2004:03.
- [5] KOŽELOUH, B. Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí, Obecná pravidla pro pozemní stavby, Komentář k ČSN 73 1702:2007, Praha: ČKAIT, 228 s, 2008, ISBN 978-80-87093-73-3 .
- [6] KOŽELOUH, B. Dřevěné konstrukce podle EUROKÓDU 5, STEP 2, Navrhování detailů a nosných systémů. Zlín: KODR, 2004, ISBN 80-86 769-13-5.
- [7] Scia Engineer [online]. 2015 [cit. 2016-01-01]. Dostupný z WWW: < <http://www.scia-online.com>>.
- [8] RELEASE 11 DOCUMENTATION FOR ANSYS, SAS IP, INC., 2007.

EFFECT OF CONNECTION ECCENTRIC BEARING ELEMENTS ON THE INTERNAL FORCES POLE

Keywords

Wood, glulam elements, ANSYS, eccentricity, deformation, FEM, stiffness.

Summary

Such a simplification highlights the major points. The purpose is to help the audience get the gist in a short period of time. This article focuses on the impact of the imposition main building blocks of wood glued lamellar structures. For large spans and thus the corresponding elements are large bearing surfaces, which may inappropriately horizontal mounting element lead to manifestations of eccentricities and thereby also the additional stress column bending moment. The aim of this study is to evaluate the effect of a specific example of such a store manager for eccentricity.

VĚDECKÁ RADA



Doc. Dr. Ing. Pavel Král

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Tel.: 545 134 160

Označení kanceláře: BA06N3006 (T3.06)

kral@mendelu.cz



Doc. Dr. Ing. Zdeňka Haviřová

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Tel.: 545 134 086

Označení kanceláře: BA06N1013 (T1.13)

havirova@mendelu.cz



Doc. Ing. Josef Chladil, CSc.

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Tel.: 545 134 516

Označení kanceláře: BA06N4005 (T4.05)

chladi@mendelu.cz

REDAKČNÍ RADA

Mendelova
univerzita
v Brně



VĚDECKÁ RADA



prof. Ing. Darja Kubečková, Ph.D.
Děkanka,
VŠB -TU Ostrava
Fakulta Stavební
Katedra pozemního stavitelství (225)
Tel.: 597 321 306
darja.kubeckova@vsb.cz



doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.
Akademický pracovník
VŠB -TU Ostrava
Fakulta Stavební
Katedra konstrukcí (221)
Tel.: 597 321 302
antonin.lokaj@vsb.cz



doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D.
Akademický pracovník
VŠB -TU Ostrava
Fakulta Stavební
Katedra stavební mechaniky (228)
Tel.: 597 321 321
jiri.brozovsky@vsb.cz

REDAKČNÍ RADA





INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



**Lesnická
a dřevařská
fakulta**

**Mendelova
univerzita
v Brně**

Hlavní editor

Ing. Simona Konvičková

Vydavatel

VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební (FAST)

Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, Telefon: 597 321 318, Fax: 597 321 356

e-mail: fast@vsb.cz, www.vsb.cz

