

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ**

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hotel na bázi dřeva

Vedoucí diplomové práce: Ing. Lukáš Blesák, Ph.D.

2017/2018

Bc. Ondřej Skalický

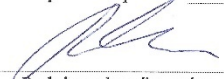
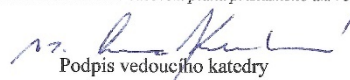


ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: Skalický	Jméno: Ondřej	Osobní číslo: 410723
Zadávací katedra: K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Studijní program: SI - Stavební inženýrství		
Studijní obor: C - Konstrukce pozemních staveb		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Hotel na bázi dřeva	
Název diplomové práce anglicky: Hotel based on wood	
Pokyny pro vypracování: Cílem diplomové práce je vypracování návrhu a posouzení nosných prvků hotelu na bázi dřeva, vypracování výkresové dokumentace, technické zprávy a posouzení vybraných spojů.	
Seznam doporučené literatury: Skripta katedry K134 Příslušné normy EN	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Lukáš Blesák, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 2. 10. 2017	Termín odevzdání diplomové práce: 7. 1. 2018 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

9. 10. 2017	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)



SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: ONDŘEJ SKALICKÝ

Název diplomové práce: HOTEL NA BÁZI DŘEVA

Základní část: STATIKA 101. STAVBY podíl: 85 %

Formulace úkolů: PŘEDBĚŽNÝ DR. SE VYPOČETEM STATICKÉHO
POVOUŽITÍ VYKAZUJÍCÍ DŘEVĚNÉ KOI. KONSTRUKCE A
PATŘNÝ; ZHOTOVENÍ VÝKRESŮ SOUHRNNÉ A T.V.

Podpis vedoucího DP: [Signature] Datum: 10.10.2017

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: KONSTRUKCE POZ. STAVBY podíl: 5 %

Konzultant (jméno, katedra): JIŘÍ PAZDERKA, K124

Formulace úkolů: SVISLÝ ŘEZ OBJEKTEM 1:50, VYBRANÉ
STAVEBNÍ DETAILY 1:5/1:10.

Podpis konzultanta: [Signature] Datum: 4.12.2017

3. Část: GEOOTECHNIKA podíl: 5 %

Konzultant (jméno, katedra): JAN SALÁK, K135

Formulace úkolů: NAVŮH DIMENZE DESKY
VÝKRES TVARU ZAČL. DESKY

Podpis konzultanta: [Signature] Datum: 5.12.2017

4. Část: BZK podíl: 5 %

Konzultant (jméno, katedra): IVA BROUKALOVÁ, K133

Formulace úkolů: PŘEDBĚŽNÝ STAVĚBNÍ VÝPOČET
ŽELEZOBETONOVÝCH PRŮV. VÝKRESY (SCHÉMATIČ)
TUATO.

Podpis konzultanta: [Signature] Datum: 5.12.2017

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci.
(Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Datum: 7. 1. 2018

Podpis:

Bc. Ondřej Skalický



Poděkování

Tímto děkuji Ing. Lukáši Blesákovi, Ph.D. za jeho odborné vedení a užitečné rady při zpracování diplomové práce.



Abstrakt

V diplomové práci je řešena novostavba hotelu umístěná v Sedlčanech. Novostavba má 4 nadzemní a 1 podzemní podlaží. Půdorysné rozměry hotelu jsou 18,750 x 31,250 m. Podzemní podlaží má železobetonovou nosnou konstrukci, nadzemní podlaží jsou řešena jako těžký dřevěný skelet.

V rámci diplomové práce jsou navrženy a posouzeny hlavní nosné prvky konstrukce, vybrané přípoje a je zpracována vybraná část výkresové dokumentace. Dále jsou zpracovány vybrané stavební detaily, předběžný návrh železobetonových prvků a výkresy tvaru.

Klíčová slova

Těžký skelet, dřevostavba, lepené lamelové dřevo, prostorový model, lepený I nosník.



Abstract

This thesis deals with the newly built hotel located in Sedlčany with 4 aboveground and 1 underground floor. The ground plan dimensions of the hotel are 18,750 x 31,250 m. The underground floor has a reinforced concrete structure and the above-ground floor is designed as a hard shell skeleton.

The master thesis proposes and evaluates the main supporting elements of the structure, selected connections and part of the project documentation. In addition, selected building details, preliminary design of reinforced concrete elements and shape drawings are processed.

Key words

Heavy frame, wooden construction, glued laminated timber, spatial model, glued I beam.



Obsah

ÚVOD	10
1 ZÁKLADNÍ POPIS OBJEKTU	11
2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	12
2.1 LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL24H	12
2.2 ROSTLÉ DŘEVO C24	13
2.3 PÁSNICE NOSNÍKŮ STEICO JOIST - LEPENÉ VRSTVENÉ DŘEVO LVL	14
2.4 STOJINA NOSNÍKŮ STEICO JOIST – DŘEVOVLÁKNITÁ DESKA	15
3 VÝPOČET ZATÍŽENÍ	15
3.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ	15
3.1.1 <i>Vlastní tíha</i>	15
3.1.2 <i>Ostatní stálé zatížení</i>	15
3.2 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ	21
3.2.1 <i>Užitné zatížení</i>	21
3.2.2 <i>Zatížení přemístitelnými příčkami</i>	22
3.2.3 <i>Zatížení sněhem</i>	22
3.2.4 <i>Zatížení větrem</i>	24
3.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY	36
3.4 KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ	36
4 NÁVRH A POSOUZENÍ NOSNÝCH PRVKŮ	38
4.1 OSB DESKY	38
4.2 KROKVE	42
4.2.1 <i>Posouzení průřezu 1 – maximální ohybový moment ve spodním poli krokve</i>	43
4.2.2 <i>Posouzení průřezu 2 – maximální normálová síla v krokvi s kombinací ohybového momentu</i>	46
4.2.3 <i>Posouzení krokve nesoucí výměnu u vikýře</i>	50
4.3 VRCHOLOVÁ VAZNICE	53
4.4 STŘEDOVÁ VAZNICE	57
4.5 KLEŠTINY	60
4.6 PÁSEK	62
4.7 VÝMĚNA	64
4.8 STROPNICE	66
4.9 PRŮVLAKY	70
4.9.1 <i>Průvlak běžného pole</i>	70
4.9.2 <i>Průvlak pole zatíženého užitným zatížením 5 kN/m²</i>	73



4.10	SLOUPY.....	75
4.10.1	<i>Sloup v obvodové stěně.....</i>	75
4.10.2	<i>Vnitřní sloup.....</i>	78
4.10.3	<i>Vnitřní sloup při požáru.....</i>	80
4.11	BALKONY.....	81
4.11.1	<i>Nosná konstrukce.....</i>	82
4.11.2	<i>Ocelová táhla.....</i>	84
4.12	ZTUŽENÍ.....	84
5	NÁVRH A POSOUZENÍ VYBRANÝCH PŘÍPOJŮ.....	86
5.1	PŘÍPOJ STROPNICE NA PRŮVLAK.....	86
5.2	PŘÍPOJ PRŮVLAKU NA SLOUP.....	88
5.3	PŘÍPOJ V PATĚ SLOUPU.....	103
5.4	PŘÍPOJ ZTUŽIDLA NA SLOUP.....	108
6	ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE.....	109
7	ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE.....	112
7.1	PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH SLOUPŮ.....	112
7.2	PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH STROPNÍ KONSTRUKCE.....	112
7.3	PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH SCHODIŠTĚ.....	113
8	TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	114
9	ZÁVĚR.....	117
	POUŽITÁ LITERATURA A PODKLADY.....	118
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	120
	SEZNAM TABULEK.....	124
	SEZNAM PŘÍLOH.....	125

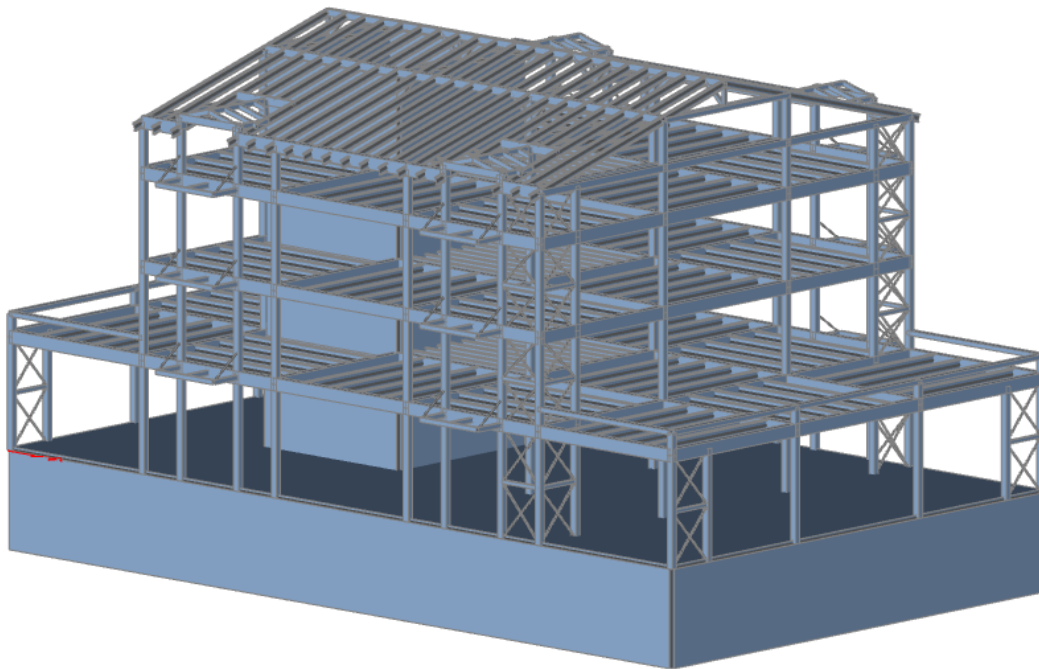


Úvod

V diplomové práci je řešen návrh a posouzení hlavních nosných prvků a vybraných přípojí novostavby hotelu. Konkrétně je zpracováno posouzení nosných prvků krovu (krokví, vrcholové a středové vaznice, kleštin, pásků) nad 4. nadzemním podlažím, průvlaků, stropnic, sloupů, ztužidel a OSB desek. Dále jsou posouzeny přípoje stropnice na průvlak, průvlaku na sloup, uložení sloupu a přípoj ztužidla. Je zpracován předběžný návrh železobetonových konstrukcí a vybraná část projektové dokumentace včetně detailů.

1 Základní popis objektu

Navrhovaná stavba slouží jako hotel. Objekt se skládá z 1 podzemního podlaží a 4 nadzemních podlaží, od 2. nadzemního podlaží je objekt půdorysně menší. Svislé nosné konstrukce v podzemním podlaží tvoří železobetonové stěny a sloupy, v nadzemních podlažích tvoří svislé nosné konstrukce dřevěné sloupy v rastru 6,25 x 6,25 m. Stropní konstrukce je tvořena obdélníkovými dřevěnými průvlaky a stropnicemi průřezu I. Konstrukční systém je řešen jako těžký skelet. Schodiště je železobetonové, uložené v železobetonovém jádru, které slouží zároveň jako ztužení. Objekt je zastřešen nad 4. nadzemním podlažím šikmou střechou se sklonem 15°, nosná konstrukce této střechy je valbový krov. Zastřešení nad 1. nadzemním podlažím je pomocí ploché střechy.



Obrázek 1 – Ukázka prostorového modelu



2 Materiálové charakteristiky

Při výpočtu návrhových hodnot pevností je uvažováno se střednědobým působením zatížení a třídou provozu 1. Předpokládaná vlhkost provozu v objektu hotelu je nižší než 65 % po většinu roku. Parciální součinitel spolehlivosti materiálu γ_m pro rostlé dřevo je 1,3, pro lepené lamelové dřevo 1,25, pro lepené vrstvené dřevo 1,20.

V projektu jsou použity následující materiály:

2.1 Lepené lamelové dřevo GL24h

Modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti pro LLD $k_{mod} = 0,8$.

Charakteristická hodnota pevnosti v ohybu: $f_{m,k} = 24$ MPa

Návrhová hodnota: $f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{24}{1,25} = 15,36$ MPa

Charakteristická hodnota pevnosti v tahu rovnoběžně s vlákny: $f_{t,0,k} = 16,5$ MPa

Návrhová hodnota: $f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{16,5}{1,25} = 10,56$ MPa

Charakteristická hodnota pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny: $f_{c,0,k} = 24$ MPa

Návrhová hodnota: $f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{24}{1,25} = 15,36$ MPa

Charakteristická hodnota pevnosti v tlaku kolmo k vláknům: $f_{c,90,k} = 2,7$ MPa

Návrhová hodnota: $f_{c,90,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{2,7}{1,25} = 1,73$ MPa

Charakteristická hodnota pevnosti ve smyku a kroucení: $f_{v,k} = 3,5$ MPa

Návrhová hodnota: $f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{3,5}{1,25} = 2,24$ MPa

Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,mean} = 11\ 600$ MPa

Modul pružnosti kolmo k vláknům: $E_{90,mean} = 390$ MPa

Modul pružnosti ve smyku: $G_{mean} = 720$ MPa

Charakteristická hodnota pružnosti $E_{0,05} = 5 / 6 * E_{0,mean} = 9\ 667$ MPa



Charakteristická hodnota pružnosti ve smyku $G_{0,05} = 5 / 6 * G_{0,mean} = 600$ MPa

2.2 Rostlé dřevo C24

Modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti pro rostlé dřevo $k_{mod} = 0,8$

Charakteristická hodnota pevnosti v ohybu: $f_{m,k} = 24$ MPa

Návrhová hodnota: $f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{24}{1,30} = 14,77$ MPa

Charakteristická hodnota pevnosti v tahu rovnoběžně s vlákny: $f_{t,0,k} = 14$ MPa

Návrhová hodnota: $f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{14}{1,30} = 8,61$ MPa

Charakteristická hodnota pevnosti v tahu kolmo k vláknům: $f_{t,90,k} = 0,4$ MPa

Návrhová hodnota: $f_{t,90,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{0,4}{1,30} = 0,246$ MPa

Charakteristická hodnota pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny: $f_{c,0,k} = 21$ MPa

Návrhová hodnota: $f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{21}{1,30} = 12,92$ MPa

Charakteristická hodnota pevnosti v tlaku kolmo k vláknům: $f_{c,90,k} = 2,5$ MPa

Návrhová hodnota: $f_{c,90,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{2,5}{1,30} = 1,538$ MPa

Charakteristická hodnota pevnosti ve smyku a kroucení: $f_{v,k} = 4,0$ MPa

Návrhová hodnota: $f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{4}{1,30} = 2,46$ MPa

Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,mean} = 11\ 000$ MPa

Charakteristická hodnota 5% kvantilu modulu pružnosti $E_{0,05} = 7400$ MPa

Modul pružnosti kolmo k vláknům: $E_{90,mean} = 370$ MPa

Modul pružnosti ve smyku: $G_{90,mean} = 690$ MPa



2.3 Pásnice nosníků STEICO joist - Lepené vrstvené dřevo LVL

Modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti pro LVL
 $k_{\text{mod}} = 0,8$

Dle podkladů výrobce STEICO:

Charakteristická hodnota pevnosti v ohybu při namáhání kolmo na směr lamel:
 $f_{\text{m,k}} = 45 \text{ MPa}$

Návrhová hodnota: $f_{\text{m,d}} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{\text{m,k}}}{\gamma_{\text{m}}} = 0,8 * \frac{45}{1,20} = 30 \text{ MPa}$

Charakteristická hodnota pevnosti v tahu rovnoběžně s vlákny: $f_{\text{t,0,k}} = 37 \text{ MPa}$

Návrhová hodnota: $f_{\text{t,0,d}} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{\text{t,0,k}}}{\gamma_{\text{m}}} = 0,8 * \frac{37}{1,20} = 24,67 \text{ MPa}$

Charakteristická hodnota pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny: $f_{\text{c,0,k}} = 48 \text{ MPa}$

Návrhová hodnota: $f_{\text{c,0,d}} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{\text{c,0,k}}}{\gamma_{\text{m}}} = 0,8 * \frac{48}{1,20} = 32 \text{ MPa}$

Charakteristická hodnota pevnosti v tlaku kolmo k vláknům: $f_{\text{c,90,k}} = 3,8 \text{ MPa}$

Návrhová hodnota: $f_{\text{c,90,d}} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{\text{c,90,k}}}{\gamma_{\text{m}}} = 0,8 * \frac{3,8}{1,20} = 2,533 \text{ MPa}$

Charakteristická hodnota pevnosti ve smyku a kroucení při namáhání kolmo na směr lamel: $f_{\text{v,k}} = 3,2 \text{ MPa}$

Návrhová hodnota: $f_{\text{v,d}} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{\text{v,k}}}{\gamma_{\text{m}}} = 0,8 * \frac{3,2}{1,20} = 2,13 \text{ MPa}$

Charakteristická hodnota pevnosti ve smyku a kroucení při namáhání rovnoběžně se směrem lamel: $f_{\text{v,k}} = 4,6 \text{ MPa}$

Návrhová hodnota: $f_{\text{v,d}} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{\text{v,k}}}{\gamma_{\text{m}}} = 0,8 * \frac{4,6}{1,20} = 3,07 \text{ MPa}$

Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny: $E_{0,\text{mean}} = 14\,000 \text{ MPa}$

Modul pružnosti ve smyku: $G_{90,\text{mean}} = 500 \text{ MPa}$



2.4 Stojina nosníků STEICO joist – dřevovláknitá deska

Dle podkladů výrobce STEICO:

Návrhová pevnost v ohybu: $f_{w,m,d} = 11,5$ MPa

Návrhová pevnost v tahu: $f_{w,t,d} = 11,5$ MPa

Návrhová pevnost v tlaku: $f_{w,c,d} = 12,0$ MPa

Návrhová pevnost ve smyku: $f_{w,v,d} = 8,0$ MPa

Modul pružnosti $E_{mean} = 1\,300$ MPa

3 Výpočet zatížení

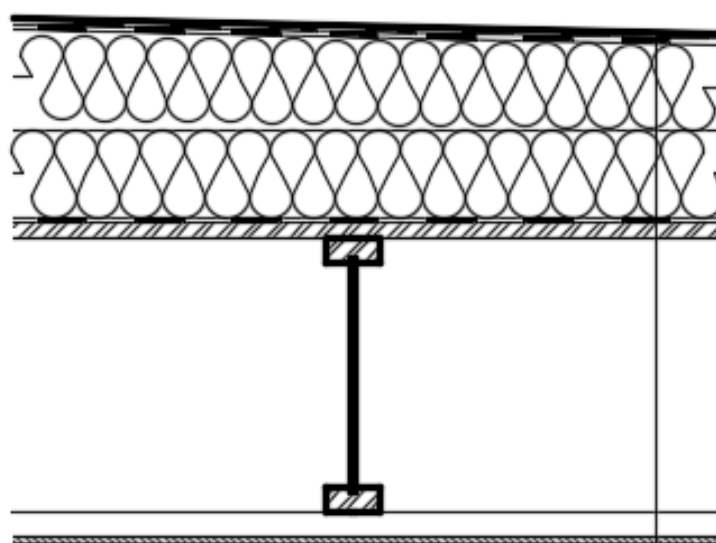
3.1 Stálé zatížení

3.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha všech modelovaných prvků byla spočtena programem SCIA Engineer.

3.1.2 Ostatní stálé zatížení

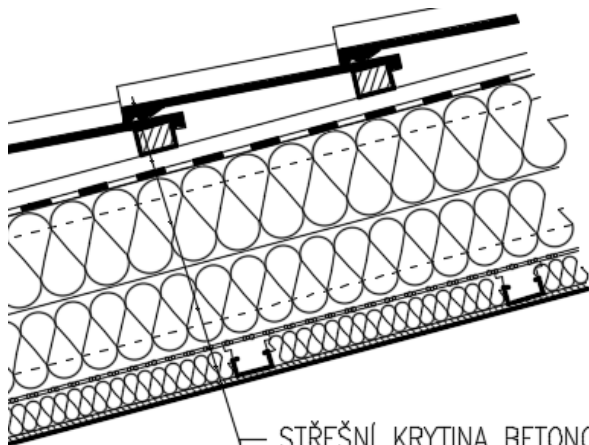
TABULKA 1 - STÁLÉ ZATÍŽENÍ – STŘECHA NAD 1. NP			
NÁZEV	TLOUŠŤKA [mm]	OBJEM. TÍHA [kg/m ³]	ZATÍŽENÍ g _k [kN/m ²]
MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 40 COMBI	4	-	0,002
MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 30 STICKER ULTRA	3	-	0,002
TEPELNÁ IZOLACE ISOVER EPS 100 TL. 100 mm + SPÁDOVÝ KLÍN	100 - 180	23	0,032
TEPELNÁ IZOLACE ISOVER EPS 100 TL. 150 mm	150	23	0,035
MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS SAMOLEPÍCÍ TOPDEK AL BARRIER	4	-	0,001
SÁDROKARTONOVÝ PODHLED ZAVĚŠENÝ NA ROŠTU	12,5	-	0,050
CELKEM			0,122



MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 40 COMBI	4 MM	—
MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 30 STICKER ULTRA	3 MM	—
TEPELNÁ IZOLACE ISOVER EPS 100 TL. 100 mm + SPÁDOVÝ KLÍN	180 MM	—
TEPELNÁ IZOLACE ISOVER EPS 100 TL. 150 mm	150 MM	—
MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS SAMOLEPÍCÍ TOPDEK AL BARRIER	4 MM	—
OSB DESKA	24 MM	—
DŘEVĚNÝ LEPENÝ I NOSNÍK	450 MM	—
SÁDROKARTONOVÁ DESKA NA ROŠTU	12,5 MM	—

Obrázek 2 – Skladba střechy nad 1. NP

TABULKA 2 - STÁLÉ ZATÍŽENÍ - STŘECHA NAD 4. NP			
NÁZEV	TLOUŠŤKA [mm]	OBJEM. TÍHA [kg/m ³]	ZATÍŽENÍ g _k [kN/m ²]
BETONOVÁ KRYTINA BRAMAC MAX	-	-	0,375
LATĚ 60x40 mm á 400 mm	40	450	0,032
KONTRALATĚ 60x40 mm á 1000 mm	40	450	0,011
POJISTNÁ HYDROIZOLAČNÍ VRSTVA JUTAHADCH 150	-	-	0,002
TEPELNÁ IZOLACE ISOVER UNIROL PROFI	160	21	0,034
TEPELNÁ IZOLACE ISOVER UNI	140	40	0,056
PAROZÁBRANA JUTAFOL N110 SPECIAL	-	-	0,001
SÁDROKARTONOVÝ PODHLED ZAVĚŠENÝ NA ROŠTU + TEPELNÁ IZOLACE TL. 40 mm	12,5	-	0,065
CELKEM			0,671

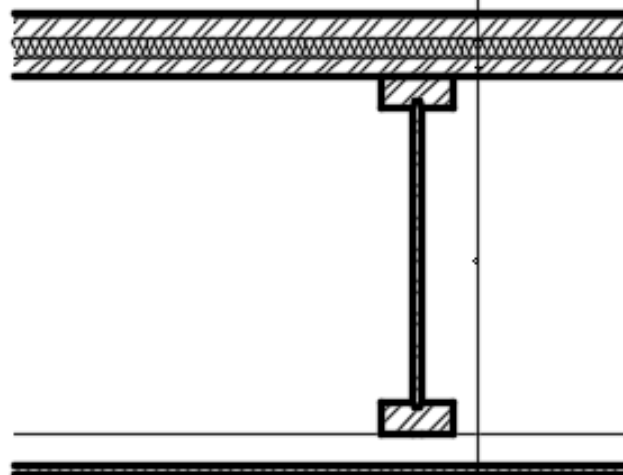


- STŘEŠNÍ KRYTINA BETONOVÁ BRAMAC MAX
- LATĚ 40 x 60 mm
- KONTRALATĚ 40 x 60 mm
- DIFÚZNÍ MEMBRÁNA JutaDACH 150
- TEPELNÁ IZOLACE MEZI KROKVEMI Isover Unirol Profi tl. 160 mm
- TEPELNÁ IZOLACE MEZI KROKVEMI Isover Uni tl. 140 mm
- PAROZÁBRANA JutaFOL N 110 SPECIAL
- TEPELNÁ IZOLACE Isover Uni tl. 40 mm
- SÁDROKARTONOVÝ PODHLED TL. 12,5 mm

Obrázek 3 – Skladba střechy nad 4. NP

TABULKA 3 - STÁLÉ ZATÍŽENÍ – PODLAHA V 1. NP - 4. NP			
NÁZEV	TLOUŠŤKA [mm]	OBJEM. TÍHA [kg/m ³]	ZATÍŽENÍ g _k [kN/m ²]
KERAMICKÁ DLAŽBA	10	-	0,200
OSB DESKA TL. 25 mm	25	600	0,150
DŘEVOVLÁKNITÁ KROČEJOVÁ IZOLACE	24	-	0,064
SEPARAČNÍ FÓLIE VARIO KM	0	-	0,008
OSB DESKA TL. 25 mm	25	600	0,150
AKUSTICKÁ MINERÁLNÍ VATA ISOVER AKU	60	40	0,024
SÁDROKARTONOVÝ PODHLED ZAVĚŠENÝ NA ROŠTU	12,5	-	0,050
CELKEM			0,646

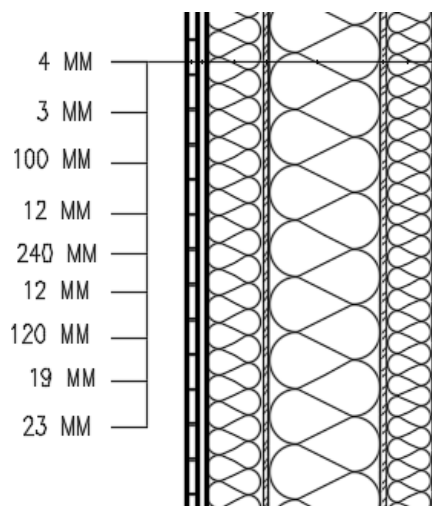
KERAMICKÁ DLAŽBA	8 mm	—
LEPÍCÍ TMEL NA DLAŽBU	2 mm	—
OSB DESKA	25 mm	—
DŘEVOVLÁKNITÁ KROČEJOVÁ IZOLACE	24 mm	—
OSB DESKA	25 mm	—
DŘEVĚNÝ NOSNÍK	500 mm	—
SÁDROKARTONOVÁ DESKA NA ROŠTU	12 mm	—



Obrázek 4 – Skladba podlahy

TABULKA 4 - STÁLÉ ZATÍŽENÍ - ATIKA			
NÁZEV	TLOUŠŤKA [mm]	OBJEM. TÍHA [kg/m ³]	ZATÍŽENÍ g _k [kN/m ²]
MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 40 COMBI	4	-	0,002
MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 30 STICKER ULTRA	3	-	0,002
TEPELNÁ IZOLACE ISOVER ORSET	100	30	0,030
OSB DESKA	15	600	0,090
TEPELNÁ IZOLACE ISOVER ORSET + DŘEVĚNÉ SLOUPKY á 625 mm	240	30/450	0,202
SÁDROVLÁKNITÁ DESKA FERMACELL	12	-	0,120
DŘEVOVLÁKNITÁ IZOLACE STEICO THERM	120		0,192
MODŘINOVÉ FASÁDNÍ LATĚ NA ROŠTU	23	600	0,188
CELKEM			0,825

MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 40 COMBI
 MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS GLASTEK 30 STICKER ULTRA
 DŘEVOVLÁKNITÁ TEPELNÁ IZOLACE STEICO THERM
 SÁDROVLÁKNITÁ DESKA FERMACELL
 DŘEVĚNÉ SLOUPY S TEPENOU IZOLACÍ ISOVER ORSET
 SÁDROVLÁKNITÁ DESKA FERMACELL
 DŘEVOVLÁKNITÁ TEPELNÁ IZOLACE STEICO THERM
 MODŘINOVÝ LAŤOVÝ ROŠT, LATĚ Á 1000 MM
 MODŘINOVÉ FASÁDNÍ LATĚ



Obrázek 5 – Skladba atiky

TABULKA 5 - STÁLÉ ZATÍŽENÍ – OBVODOVÁ STĚNA			
NÁZEV	TLOUŠŤKA [mm]	OBJEM. TÍHA [kg/m ³]	ZATÍŽENÍ g _k [kN/m ²]
SÁDROKARTONOVÁ DESKA NA ROŠTU	12,5	-	0,050
TEPELNÁ IZOLACE ISOVER ORSET	40	30	0,012
OSB DESKA	15	600	0,090
TEPELNÁ IZOLACE ISOVER ORSET + DŘEVĚNÉ SLOUPKY á 625 mm	240	30/450	0,202
SÁDROVLÁKNITÁ DESKA FERMACELL	12	-	0,120
DŘEVOVLÁKNITÁ IZOLACE STEICO THERM	120		0,192
MODŘÍNOVÉ FASÁDNÍ LATĚ NA ROŠTU	23	600	0,188
CELKEM			0,854

CELOPLOŠNÝ TMEL + AKRYLÁTOVÝ NÁTĚR

SÁDROKARTONOVÁ DESKA NA ROŠTU

ROŠT PRO SDK + TEPELNÁ IZOLACE ISOVER ORSET

OSB DESKA S PŘELEPENÝMI SPOJI

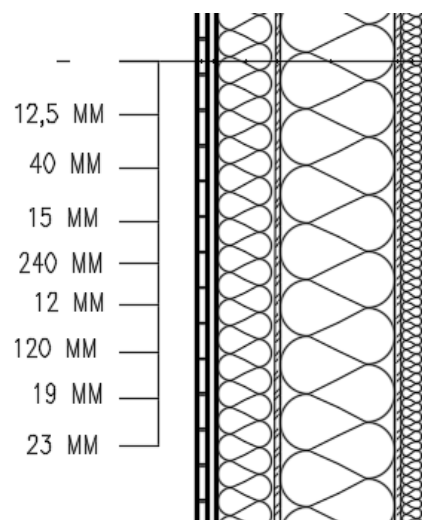
DŘEVĚNÉ SLOUPY S TEPENOU IZOLACÍ ISOVER ORSET

SÁDROVLÁKNITÁ DESKA FERMACELL

DŘEVOVLÁKNITÁ TEPELNÁ IZOLACE STEICO THERM

MODŘÍNOVÝ LAŤOVÝ ROŠT, LATĚ Á 1000 MM

MODŘÍNOVÉ FASÁDNÍ LATĚ



Obrázek 6 – Skladba obvodové stěny



3.2 Proměnné zatížení

3.2.1 Užité zatížení

- Užité zatížení v 1. PP – parkovací stání
- kategorie F - dopravní a parkovací plochy pro lehká vozidla (celková tíha vozidla ≤ 30 kN a s nejvýše 8 sedadly kromě řidiče)

$$q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

- Užité zatížení 1. NP – část restaurace
- kategorie C1-plochy se stoly atd., např. plochy ve školách, kavárnách, restauracích, jídelnách, čítárnách, recepcích

$$q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

- Užité zatížení 1. NP – část komunikace
- kategorie C3-plochy bez překážek pro pohyb osob, např. plochy v muzeích, ve výstavních sálích a přístupové plochy ve veřejných a administrativních budovách, hotelích, nemocnicích, železničních nádražních halách

$$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

- Užité zatížení 2. NP – 4. NP – část pokoje + balkony
- kategorie A-místnosti obytných budov a domů; lůžkové pokoje a čekárny v nemocnicích; ložnice hotelů a ubytoven, kuchyně a toalety

$$q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

- Užité zatížení 2. NP – 4. NP – část chodby
- kategorie C3-plochy bez překážek pro pohyb osob, např. plochy v muzeích, ve výstavních sálích a přístupové plochy ve veřejných a administrativních budovách, hotelích, nemocnicích, železničních nádražních halách

$$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

- Užité zatížení střech
- kategorie H-střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav

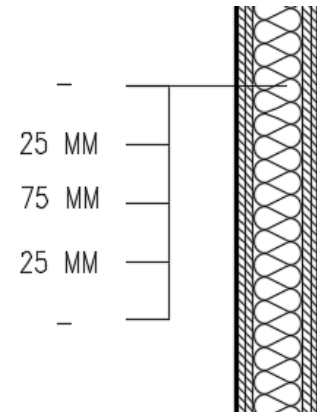
$$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

3.2.2 Zatížení přemístitelnými příčkami

Výpočet liniového zatížení od nejtěžší (mezibytové) příčky:

TABULKA 6 - ZATÍŽENÍ OD PŘÍČEK			
NÁZEV	TLOUŠŤKA [mm]	OBJEM. TÍHA [kg/m ³]	ZATÍŽENÍ g _k [kN/m ²]
2x SÁDROKARTONOVÁ DESKA	25	-	0,100
TEPELNÁ IZOLACE ISOVER ORSET	75	30	0,023
2x SÁDROKARTONOVÁ DESKA	25	-	0,100
CELKEM			0,223
Výška příček:	3 m	g _k =	0,6677 [kN/m']

CELOPLOŠNÝ TMEL + AKRYLÁTOVÝ NÁTĚR
2x SÁDROKARTONOVÁ DESKA NA ROŠTU
TEPELNÁ IZOLACE ISOVER ORSET
2x SÁDROKARTONOVÁ DESKA NA ROŠTU
CELOPLOŠNÝ TMEL + AKRYLÁTOVÝ NÁTĚR



Obrázek 7 – Skladba příček

Všechny příčky mají vlastní tíhu do 1 kN/m'. Jsou v modelu uvažovány jako ekvivalentní rovnoměrné plošné zatížení o velikosti 0,5 kN/m².

3.2.3 Zatížení sněhem

Objekt leží ve II. sněhové oblasti. Charakteristická hodnota zatížení sněhem s_k = 1,0 kN/m².

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k$$

Tvarový součinitel zatížení sněhem $\mu_1 = 0,8$

Součinitel expozice C_e = 1,0 (typ krajiny normální)

Tepelný součinitel C_t = 1,0 (střecha je zateplená)

- **Střecha nad 4. NP – sedlová, sklon 15°**

- a) Zatížení nenavátým sněhem:

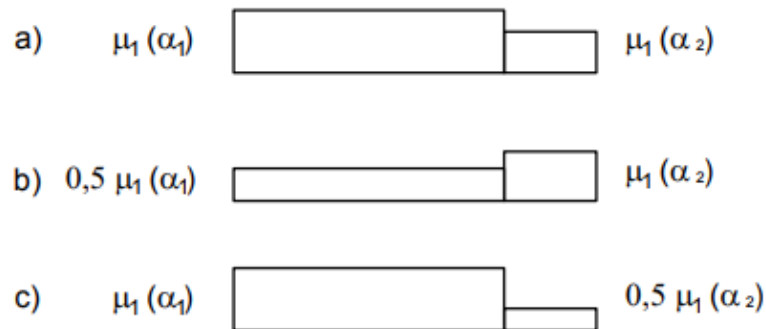
$$s = 0,8 * 1 * 1 * 1 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

Přepočet na délku střešní roviny: $0,8 / 1,03527 = 0,773 \text{ kN/m}^2$

- b) Zatížení navátým sněhem:

$$s = 0,5 * 0,8 * 1 * 1 * 1 = 0,4 \text{ kN/m}^2$$

Přepočet na délku střešní roviny: $0,4 / 1,03527 = 0,387 \text{ kN/m}^2$



Obrázek 8 – Schéma působení zatížení při zatěžovacím stavu navátý sněh

zdroj: http://fast10.vsb.cz/sera/Zatizeni%20snehem_teorie.pdf

- c) Sněh převislý přes okraj střechy

Tento místní účinek zatížení sněhem se má uvažovat při umístění objektu v sněhové oblasti III až VIII. Objekt je umístěn ve II sněhové oblasti, nebude tudíž toto zatížení uvažováno.

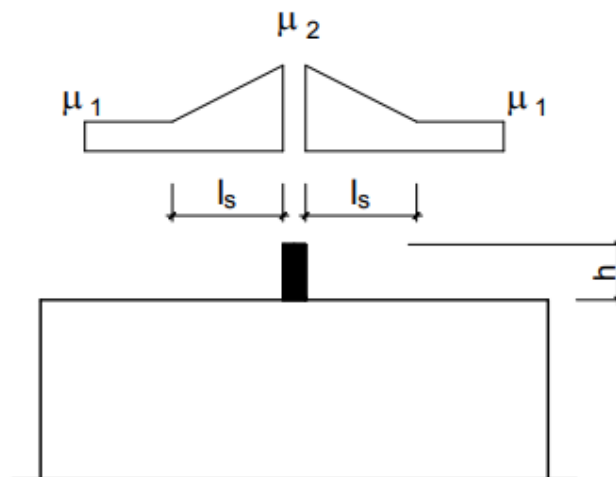
- **Střecha nad 1. NP – plochá, sklon 5°**

- a) Zatížení nenavátým i navátým sněhem:

$$s = 0,8 * 1 * 1 * 1 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

- b) Návěje na výstupky a překážky

V tomto projektu se jedná o atiku na střeše 1. NP.



kde $\mu_1 = 0,8$

$\mu_2 = \gamma \cdot h / s_k$ hodnota je omezena $0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$

γ je objemová tíha sněhu ($\gamma = 2 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$)

$l_s = 2h$ doporučené omezení $5 \text{ m} \leq l_s \leq 15 \text{ m}$

Obrázek 9 – Způsob výpočtu zatížení sněhem u atiky

zdroj: http://fast10.vsb.cz/sera/Zatizeni%20snehem_theorie.pdf

Tvarový součinitel zatížení sněhem $\mu_2 = 2 \cdot 0,5 / 1 = 1 \text{ kN/m}^2$

Vzdálenost zatížení od atiky $l_s = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ m}$

V modelu je toto zatížení pro zjednodušení modelováno jako konstantní o velikost 1 kN/m^2 v pásu o šířce 1 m podél atiky.

3.2.4 Zatížení větrem

Objekt leží ve II. větrné oblasti. Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

Kategorie terénu III

Měrná hmotnost vzduchu $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Základní rychlost větru v_b

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

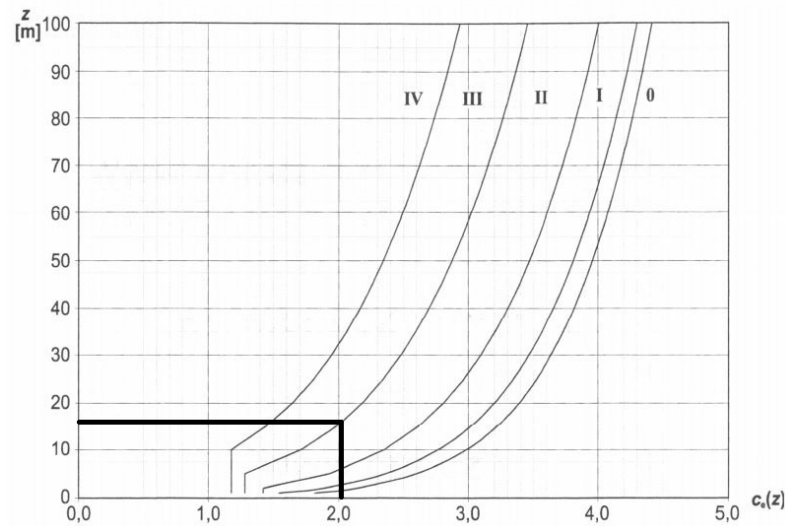
Základní dynamický tlak větru q_b

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b(z)^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

- **Zatížení větrem na střechu nad 4. NP – sedlová střecha**

Výška hřebene nad terénem 15,6 m

Rozměry střechy 19,750 x 19,750 m, sklon 15°



Obrázek 10 – Graf pro zjištění součinitele expozice pro výšku 15,6 m

zdroj: http://www.leonardo.cvut.cz/download/4b_Zatizeni-klimaticka-vitr.pdf

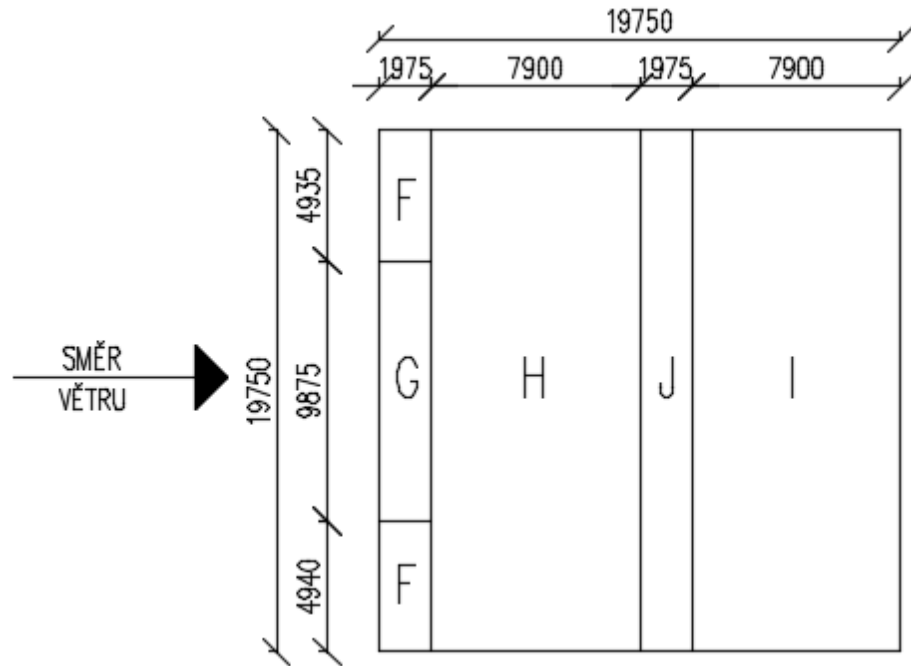
Součinitel expozice pro výšku 15,6 m $c_e(15,6) = 2,05$

Maximální dynamický tlak $q_p = q_b * c_e(15,6) = 0,39 * 2,05 = 0,800 \text{ kN/m}^2$

a) Směr větru kolmo k hřebenu (podélný směr větru)

$$e = \min (b; 2 * h) = \min (19,75; 2 * 15,6) = \min (19,75; 31,2)$$

$$e = 19,75 \text{ m}$$



Obrázek 11 – Schéma rozmístění oblastí na šikmé střeše při působení větru kolmo ke hřebenu

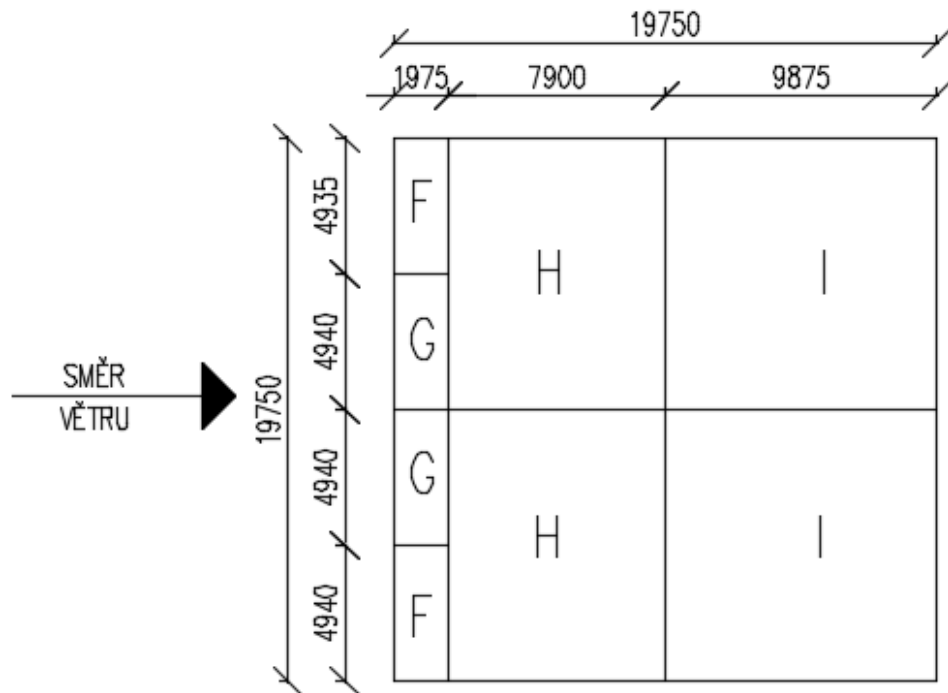
Tabulka 7 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro úhel 15° , sání					
	F	G	H	I	J
$C_{pe,10}$ [-]	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
W_e [kN/m ²]	-0,72	-0,64	-0,24	-0,32	-0,8

Tabulka 8 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro úhel 15° , tlak					
	F	G	H	I	J
$C_{pe,10}$ [-]	0,2	0,2	0,2	0	0
W_e [kN/m ²]	0,16	0,16	0,16	0	0

b) Směr větru rovnoběžně s hřebenem (příčný směr větru)

$$e = \min (b; 2 * h) = \min (19,75; 2 * 15,6) = \min (19,75; 31,2)$$

$$e = 19,75 \text{ m}$$



Obrázek 12 – Schéma rozmístění oblastí na šikmé střeše při působení větru rovnoběžně se hřebenu

Tabulka 9 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro úhel 15°				
	F	G	H	I
$C_{pe,10}$ [-]	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
W_e [kN/m^2]	-1,04	-1,04	-0,48	-0,4

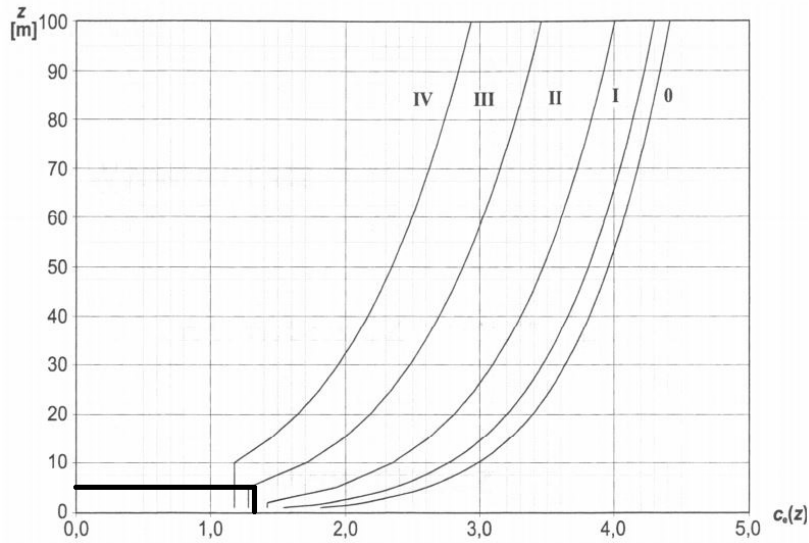
- **Zatížení větrem na střechu nad 1. NP – plochá střecha s atikou**

Výška horní hrany atiky nad terénem 5,4 m

Výška pod atiku $h = 4,6$ m

Výška atiky $h_p = 0,8$ m

Poměr výšky atiky ku výšce pod atikou $h_p / h = 0,8 / 4,6 = 0,174$



Obrázek 13 – Graf pro zjištění součinitele expozice pro výšku 5,4 m

zdroj: http://www.leonardo.cvut.cz/download/4b_Zatizeni-klimaticka-vitr.pdf

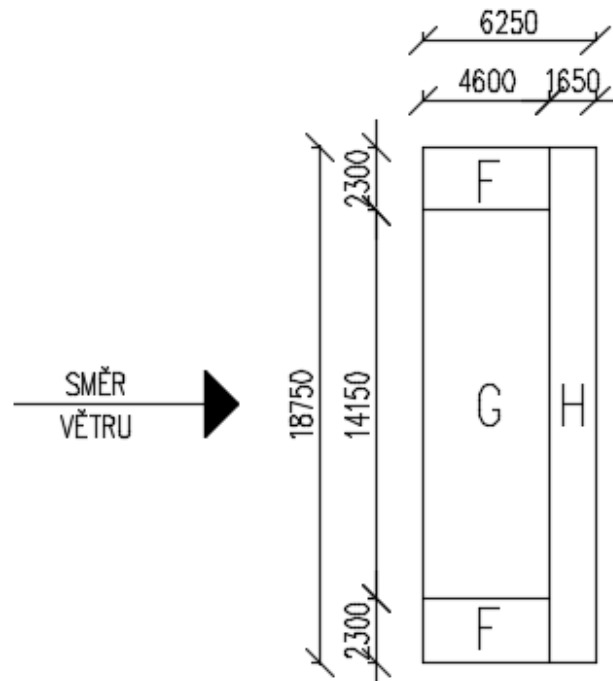
Součinitel expozice pro výšku 5,4 m $c_e(5,4) = 1,30$

Maximální dynamický tlak $q_p = q_b * c_e(5,4) = 0,39 * 1,30 = 0,507 \text{ kN/m}^2$

a) Příčný směr větru

$$e = \min (b; 2 * h) = \min (18,75; 2 * 4,6) = \min (18,75; 9,2)$$

$$e = 9,2 \text{ m}$$



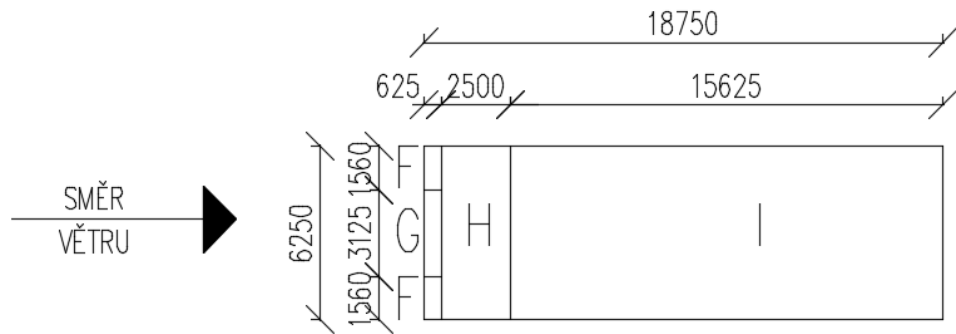
Obrázek 14 – Schéma rozmístění oblastí na ploché střeše při příčném působení větru

Tabulka 10 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro střešu s atikou			
	F	G	H
$C_{pe,10}$ [-]	-1,2	-0,8	-0,7
W_e [kN/m ²]	-0,608	-0,406	-0,355

b) Podélný směr větru

$$e = \min (b; 2 * h) = \min (6,25; 2 * 4,6) = \min (6,25; 9,2)$$

$$e = 6,25 \text{ m}$$



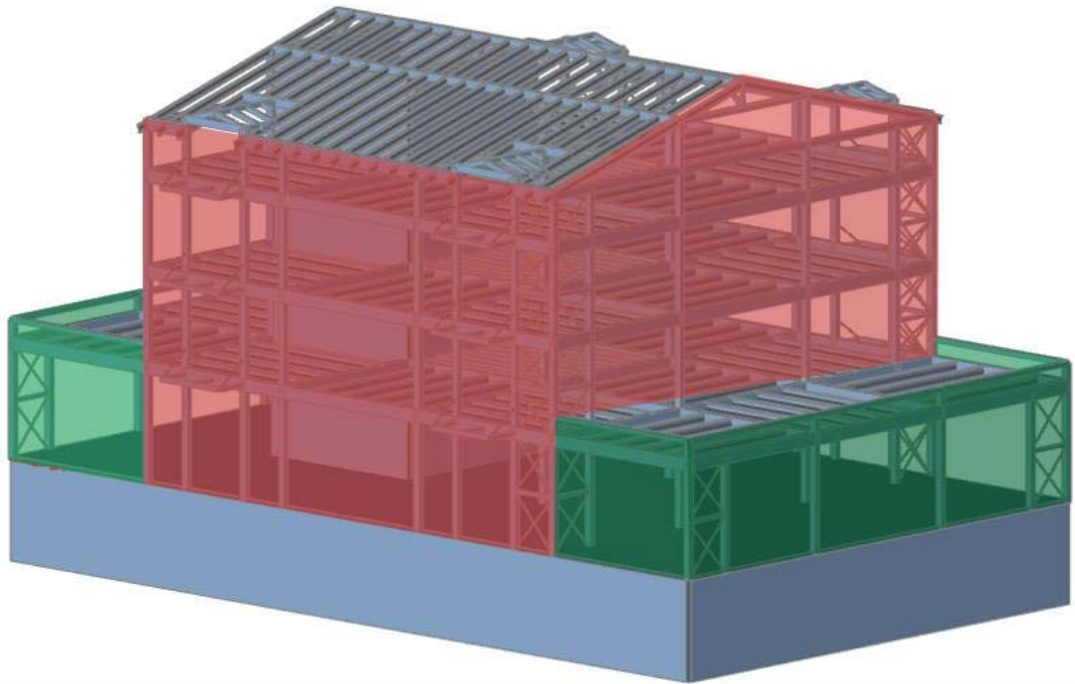
Obrázek 15 – Schéma rozmístění oblastí na ploché střeše při podélném působení větru

Tabulka 11 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro střešu s atikou, sání				
	F	G	H	I
$C_{pe,10}$ [-]	-1,2	-0,8	-0,7	-0,2
W_e [kN/m ²]	-0,608	-0,406	-0,355	-0,101

Tabulka 12 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro střešu s atikou, tlak				
	F	G	H	I
$C_{pe,10}$ [-]	-1,2	-0,8	-0,7	0,2
W_e [kN/m ²]	-0,608	-0,406	-0,355	0,101

- **Zatížení větrem na stěny**

Z obou posuzovaných stran objektu je větší rozměr šířky nad výškou. Po výšce objektu bude ve výpočtu uvažován konstantní tlak větru. Objekt je pro výpočet větru rozdělen na část s 1 nadzemním podlažím a na část se 4 nadzemními podlažními.



Obrázek 16 – Schéma rozdělení objektu pro výpočet zatížení větrem

a) Příčný směr větru pro část objektu s 1 nadzemním podlažím

Referenční výška $z_e = h = 5,4$ m

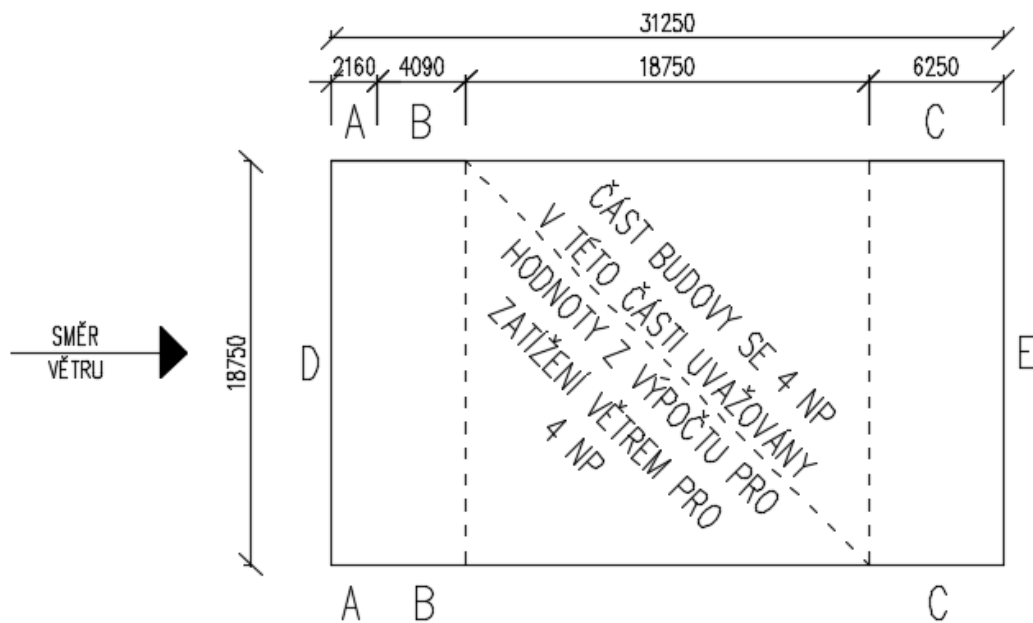
Součinitel expozice pro výšku 5,4 m $c_e(5,4) = 1,30$ (viz obr. č. 13)

Poměr $h / d = 5,4 / 31,25 = 0,173$

$e = \min(b; 2 * h) = \min(18,75; 2 * 5,4) = \min(18,75; 10,8)$

$e = 10,8$ m

$e < d$ – rozdělení stěn na oblasti A, B, C



Obrázek 17 – Schéma rozmístění oblastí na stěnách při příčném působení větru v části objektu s 1 nadzemním podlažím

Tabulka 13 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro stěnu					
	A	B	C	D	E
$C_{pe,10}$ [-]	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3
W_e [kN/m ²]	-0,608	-0,406	-0,254	0,355	-0,152

b) Podélný směr větru pro část objektu s 1 nadzemním podlažím

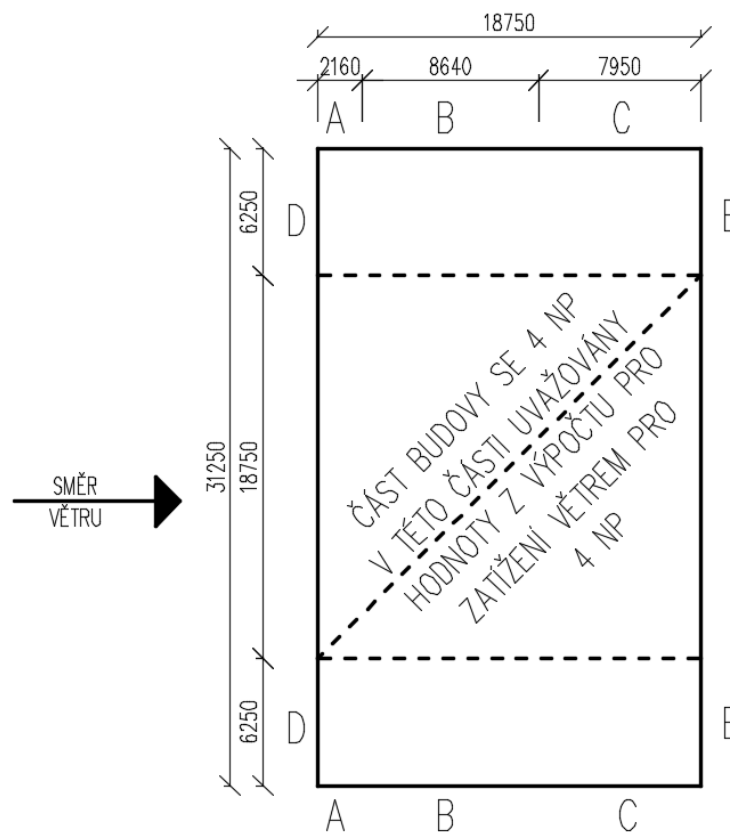
Součinitel expozice pro výšku 5,4 m $c_e(5,4) = 1,30$ (viz obr. č. 13)

Poměr $h / d = 5,4 / 18,750 = 0,288$

$e = \min(b; 2 * h) = \min(31,25; 2 * 5,4) = \min(31,25; 10,8)$

$e = 10,8$ m

$e < d$ – rozdělení stěn na oblasti A, B, C



Obrázek 18 – Schéma rozmístění oblastí na stěnách při podélném působení větru v části objektu s 1 nadzemním podlažím

	A	B	C	D	E
$C_{pe,10}$ [-]	-1,2	-0,85	-0,5	0,71	-0,32
W_e [kN/m ²]	-0,608	-0,431	-0,254	0,360	-0,162

c) Příčný směr větru pro část objektu s 4 nadzemními podlažími

Součinitel expozice pro výšku 15,6 m $c_e(15,6) = 2,05$

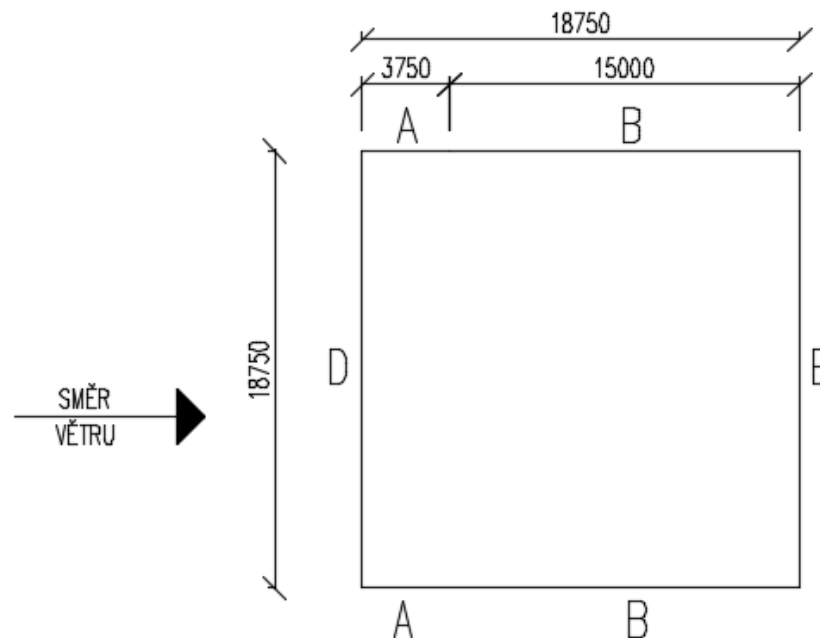
$$q_p = q_b * c_e(15,6) = 0,39 * 2,05 = 0,800 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Poměr } h / d = 15,6 / 18,75 = 0,80$$

$$e = \min(b; 2 * h) = \min(18,75; 2 * 15,6) = \min(18,75; 31,2)$$

$$e = 18,75 \text{ m}$$

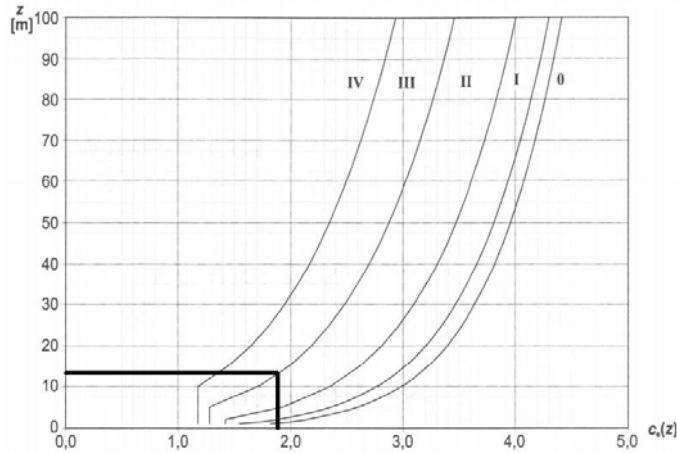
$e = d$ – rozdělení stěn na oblasti A, B



Obrázek 19 – Schéma rozmístění oblastí na stěnách při příčném působení větru v části objektu s 4 nadzemními podlažími

Tabulka 15 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro stěnu				
	A	B	D	E
$C_{pe,10} [-]$	-1,2	-1,24	0,773	-0,446
$W_e [\text{kN/m}^2]$	-0,960	-0,992	0,618	-0,357

d) Podélný směr větru pro část objektu s 4 nadzemními podlažími



Obrázek 20 – Graf pro zjištění součinitele expozice pro výšku 12,4 m

zdroj: http://www.leonardo.cvut.cz/download/4b_Zatizeni-klimaticka-vitr.pdf

Součinitel expozice pro výšku 12,4 m $c_e(12,4) = 1,90$

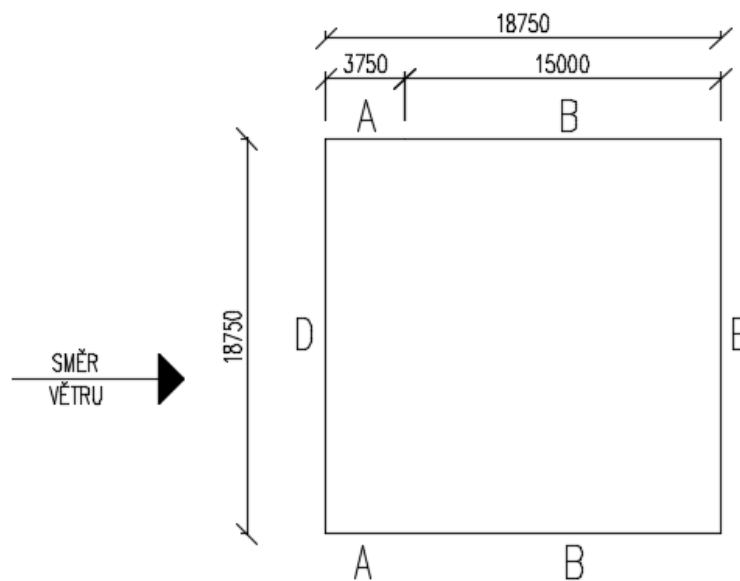
Maximální dynamický tlak $q_p = q_b * c_e(12,4) = 0,39 * 1,90 = 0,741 \text{ kN/m}^2$

Poměr $h / d = 12,4 / 18,75 = 0,661$

$e = \min(b; 2 * h) = \min(18,75; 2 * 12,4) = \min(18,75; 24,8)$

$e = 18,75 \text{ m}$

$e = d$ – rozdělení stěn na oblasti A, B



Obrázek 21 – Schéma rozmístění oblastí na stěnách při podélném působení větru v části objektu s 4 nadzemními podlažími

	A	B	D	E
$C_{pe,10}$ [-]	-1,2	-1,129	0,755	-0,41
W_e [kN/m ²]	-0,889	-0,837	0,559	-0,304

3.3 Zatěžovací stavy

V programu SCIA Engineer byly pro výpočet vnitřních sil zadány tyto zatěžovací stavy:

Tabulka 17 – Seznam zatěžovacích stavů

ZS1:	Vlastní tíha
ZS2:	Ostatní stálé zatížení
ZS3:	Užitné zatížení + zatížení od příček
ZS4:	Zatížení sněhem
ZS5:	Zatížení navátým sněhem
ZS6:	Zatížení příčným větrem
ZS7:	Zatížení podélným větrem sání
ZS8:	Zatížení podélným větrem tlak

3.4 Kombinace zatěžovacích stavů

V programu SCIA Engineer byly pro výpočet vnitřních sil zadány následující kombinace zatěžovacích stavů. Pro mezní stav únosnosti byla všechna stálá zatížení kromě kombinačního součinitele vynásobena ještě součinitelem zatížení $\gamma_g = 1,35$ a všechna proměnná zatížení součinitelem zatížení $\gamma_q = 1,5$. Všechny nosné prvky, kromě ztužidel byly posuzovány na základě lineární kombinace níže uvedených zatěžovacích stavů. Ztužidla byla dimenzována na základě nelineární kombinace totožných zatěžovacích stavů.



$$\text{KZS01: } (ZS1 + ZS2 + ZS3) * 1,0 + ZS4 * 1,0 + ZS6 * 0,6$$

$$\text{KZS02: } (ZS1 + ZS2 + ZS3) * 1,0 + ZS4 * 1,0 + ZS7 * 0,6$$

$$\text{KZS03: } (ZS1 + ZS2 + ZS3) * 1,0 + ZS4 * 1,0 + ZS8 * 0,6$$

$$\text{KZS04: } (ZS1 + ZS2 + ZS3) * 1,0 + ZS5 * 1,0 + ZS6 * 0,6$$

$$\text{KZS05: } (ZS1 + ZS2 + ZS3) * 1,0 + ZS5 * 1,0 + ZS7 * 0,6$$

$$\text{KZS06: } (ZS1 + ZS2 + ZS3) * 1,0 + ZS5 * 1,0 + ZS8 * 0,6$$

$$\text{KZS07: } (ZS1 + ZS2 + ZS3) * 1,0 + ZS6 * 1,0 + ZS4 * 0,5$$

$$\text{KZS08: } (ZS1 + ZS2 + ZS3) * 1,0 + ZS6 * 1,0 + ZS5 * 0,5$$

$$\text{KZS09: } (ZS1 + ZS2 + ZS3) * 1,0 + ZS7 * 1,0 + ZS4 * 0,5$$

$$\text{KZS10: } (ZS1 + ZS2 + ZS3) * 1,0 + ZS7 * 1,0 + ZS5 * 0,5$$

$$\text{KZS11: } (ZS1 + ZS2 + ZS3) * 1,0 + ZS8 * 1,0 + ZS4 * 0,5$$

$$\text{KZS12: } (ZS1 + ZS2 + ZS3) * 1,0 + ZS8 * 1,0 + ZS5 * 0,5$$

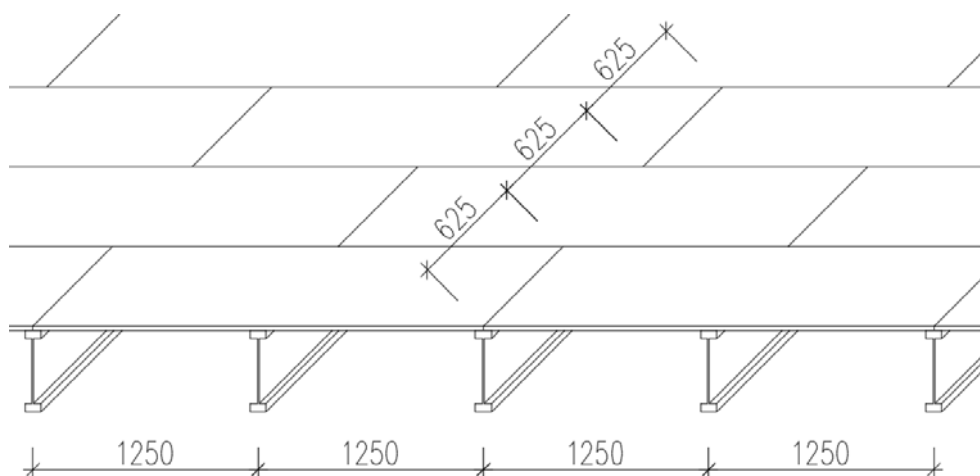
$$\text{KZS13: } (ZS1 + ZS2) * 0,9 + ZS6 * 1,0$$

$$\text{KZS14: } (ZS1 + ZS2) * 0,9 + ZS7 * 1,0$$

4 Návrh a posouzení nosných prvků

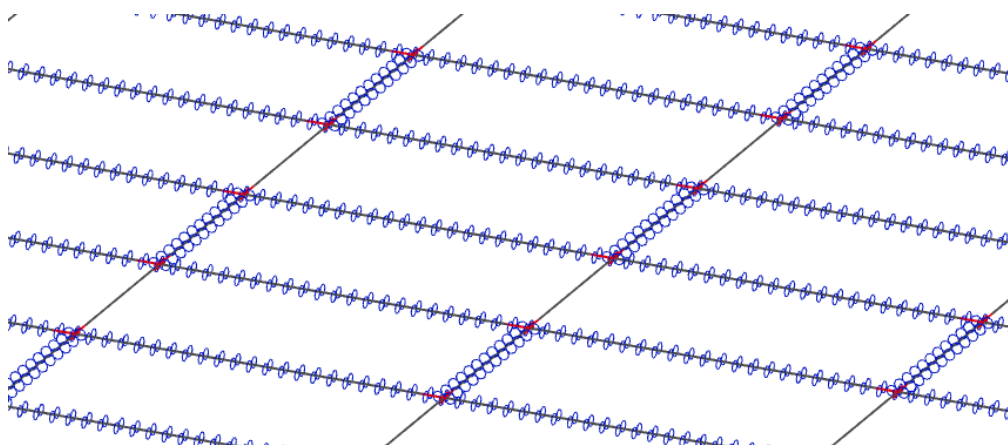
4.1 OSB desky

Byly posuzovány nejzatíženější OSB desky v podlaze ve 2. NP. Navržen je typ OSB/3 tloušťky 25 mm s pero-drážkou, který je použit jako záklop a OSB/3 tloušťky 25 mm, který je použit jako roznášecí vrstva. Ve výpočtu je uvažováno s únosností obou desek. Desky o rozměrech 2500 x 625 mm jsou podepřeny po 1250 mm stropnicemi I průřezu.



Obrázek 22 – Schéma umístění OSB desek

V programu SCIA Engineer byly jednotlivé desky uloženy na stropnice kloubově tak, aby nebylo zabráněno natočení v žádném směru, zabráněno je pouze posunům. V místě probíhající OSB desky přes stropnici bylo uvažováno vetknutí. Byla vytvořena síť s průměrnou velikostí plošného prvku 0,1 m.

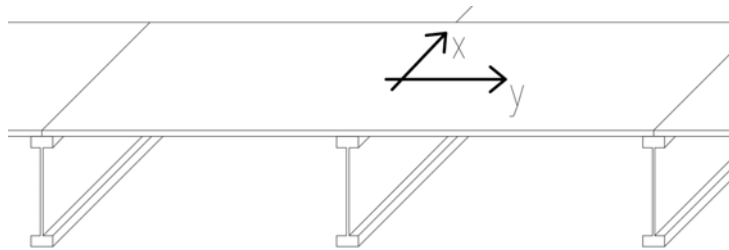


Obrázek 23 – Modelování OSB desek v prostorovém modelu

OSB desky byly modelovány jako ortotropní z důvodu rozdílných modulů pružnosti desky ve směru x a y.

Pro vystižení přesného působení 2 vrstev OSB desek, které spolu nejsou spřaženy (je mezi nimi vložena kročejová izolace), bude vymodelována náhradní deska se stejným momentem setrvačnosti jako mají 2 OSB desky. Tloušťka takto modelované desky bude 31,5 mm.

Pro výpočet budou použity následující materiálové charakteristiky:



Obrázek 24 – Zavedení souřadného systému OSB desek

Charakteristická pevnost v ohybu pro namáhání rovnoběžně s orientací částic povrchové vrstvy $f_{m,k} = 14,8$ MPa

Návrhová pevnost v ohybu pro namáhání rovnoběžně s orientací částic povrchové vrstvy $f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,7 * \frac{14,8}{1,2} = 8,633$ MPa

Poissonův součinitel ve směru x $\nu_{21} = 0,45$ (počítáno se součinitelem pro smrkové dřevo)

Modul pružnosti pro namáhání rovnoběžně s orientací částic povrchové vrstvy – směr y $E_2 = 4930$ MPa

Modul pružnosti pro namáhání kolmo k orientaci částic povrchové vrstvy – směr x $E_1 = 1980$ MPa

Poissonův součinitel ve směru y ν_{12} :

$$\nu_{12} = \nu_{21} * \frac{E_1}{E_2} = 0,45 * \frac{1980}{4930} = 0,180$$

Smykový modul pro ortotropní materiál a deskový prvek:

$$G_{12} = \frac{\sqrt{E_1 * E_2}}{(2 * (1 + \sqrt{\nu_{12} * \nu_{21}}))} = \frac{\sqrt{1980 * 4930}}{(2 * (1 + \sqrt{0,180 * 0,45}))}$$

$$G_{12} = 1216,06 \text{ MPa}$$

Pro výpočet ortotropie byly do programu SCIA Engineer zadány následující parametry:

$$D_{11} = \frac{E_1 * h^3}{(12 * (1 - \nu_{12} * \nu_{21}))} = \frac{1980 * 0,0315^3}{(12 * (1 - 0,18 * 0,45))} = 2,805 * 10^{-3} \text{ MNm}$$

$$4,790 * 10^{-3} \text{ MNm}$$

$$D_{22} = \frac{E_2 * h^3}{(12 * (1 - \nu_{12} * \nu_{21}))} = \frac{4930 * 0,0315^3}{(12 * (1 - 0,18 * 0,45))} = 6,985 * 10^{-3} \text{ MNm}$$

$$1,119 * 10^{-2}$$

$$D_{33} = \frac{G_{12} * h^3}{12} = \frac{1216,06 * 0,0315^3}{12} = 1,583 * 10^{-3} \text{ MNm}$$

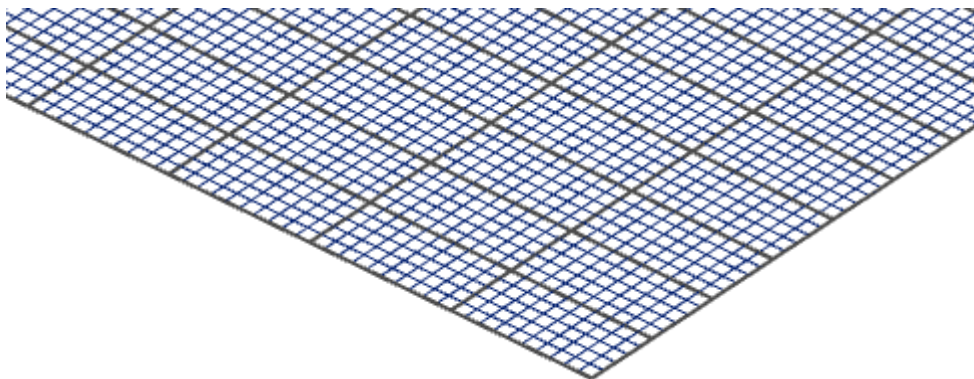
$$3,167 * 10^{-3} \text{ MNm}$$

$$D_{12} = D_{21} = \nu_{12} * D_{22} = 0,180 * 6,985 * 10^{-3} = 1,262 * 10^{-3} \text{ MNm}$$

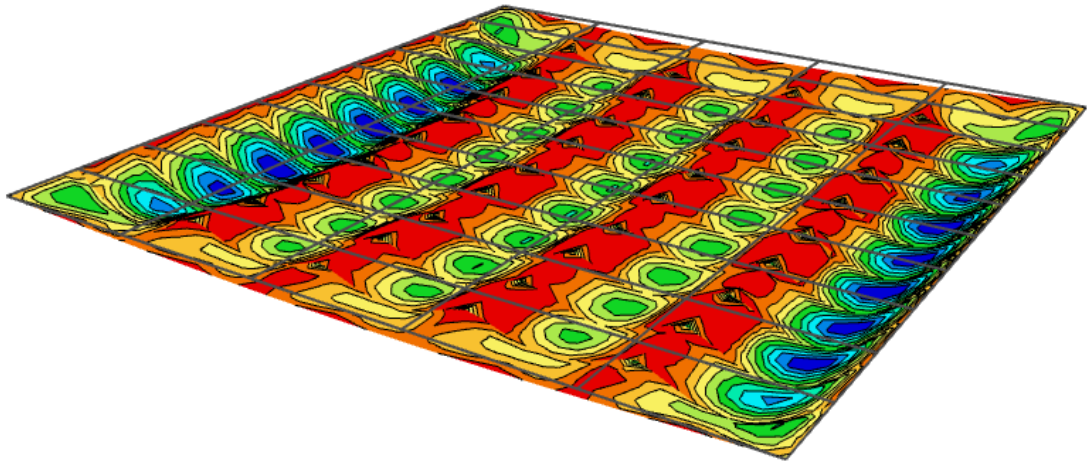
$$2,0142 * 10^{-3} \text{ MNm}$$

Parametry D_{44} a D_{55} jsou ponechány tak, jako byly určeny programem SCIA Engineer.

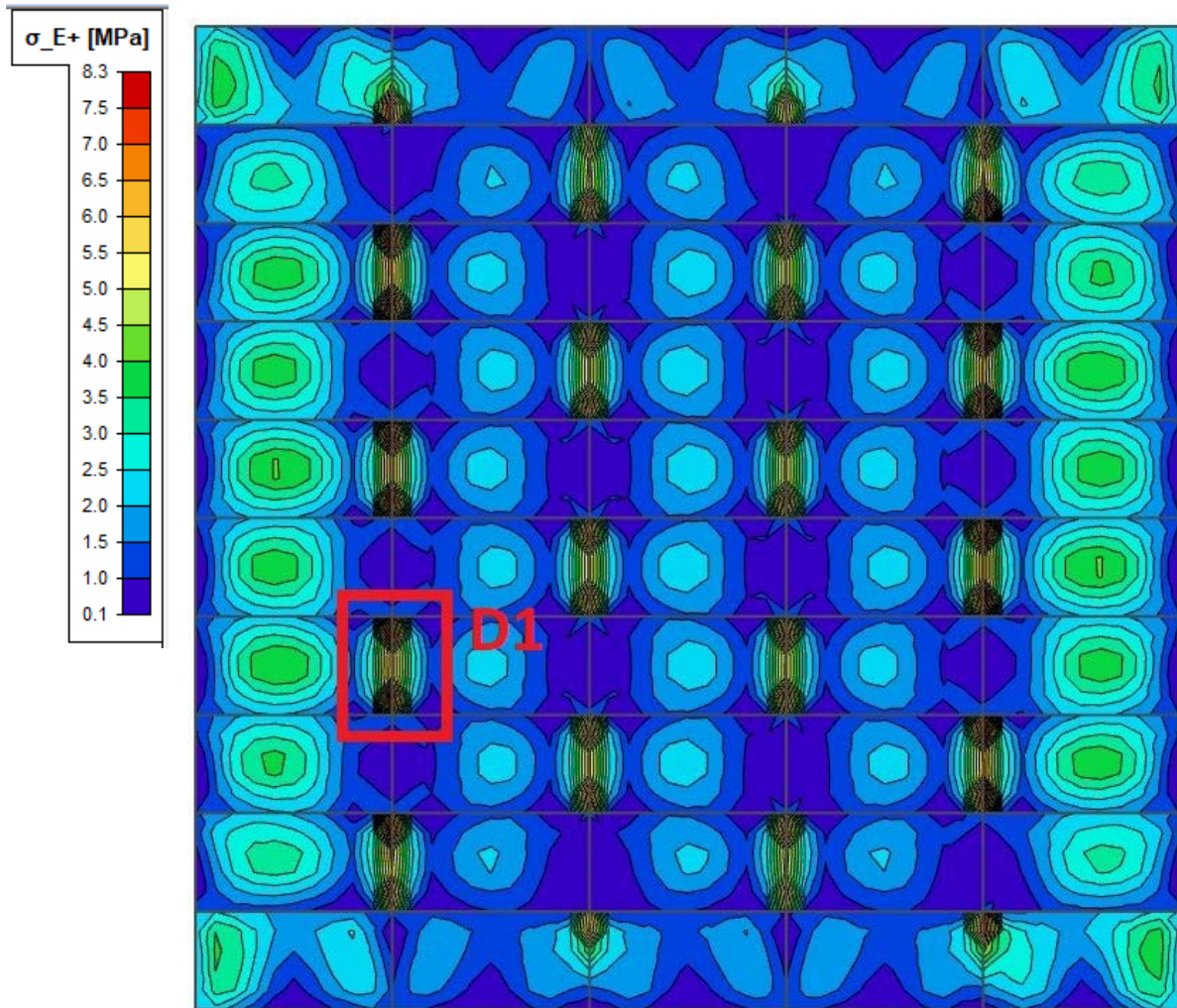
Výstup programu:



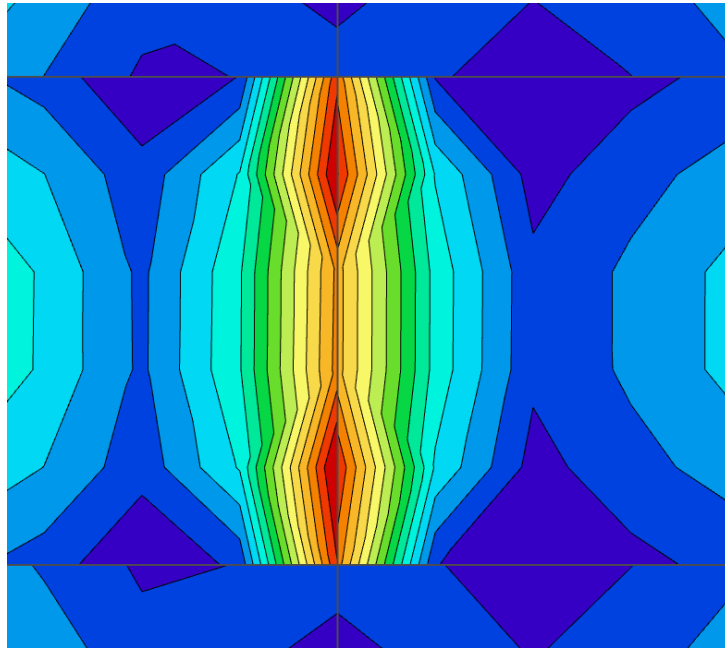
Obrázek 25 – Ukázka sítě o velikosti prvku 0,1 m



Obrázek 26 – Ukázka deformované konstrukce



Obrázek 27 – Vykreslení napětí



Obrázek 28 – Detail D1

Posouzení OSB desek:

Maximální napětí v OSB desce $\sigma_{max,ed} = 8,3 \text{ MPa}$

Návrhová pevnost v ohybu pro namáhání rovnoběžně s orientací částic povrchové vrstvy $f_{m,d} = 8,633 \text{ MPa}$

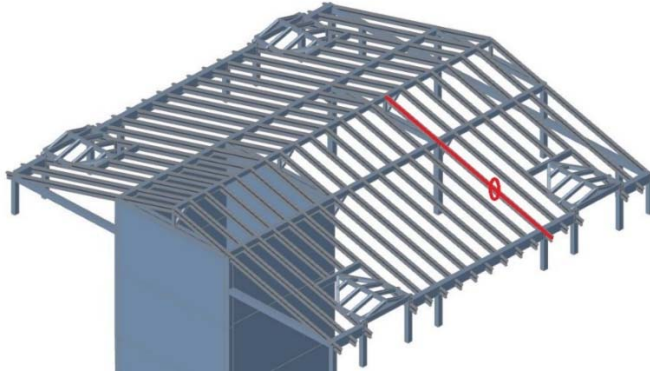
$$\sigma_{max,ed} = 8,3 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 8,633 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

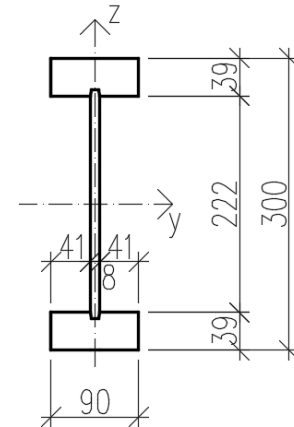
4.2 Krokve

Krokve jsou navrženy jako dřevěné I nosníky STEICO joist o výšce 300 mm. Pásnice těchto nosníků jsou z lepeného vrstveného dřeva LVL a stojina z dřevovláknité desky. Krokve jsou podepřeny pozednicí, středovou a vrcholovou vaznicí. V místě všech podpor bude vyztužena stojina krokví dle podkladů výrobce.

4.2.1 Posouzení průřezu 1 – maximální ohybový moment ve spodním poli krokve



Obrázek 29 – Pozice průřezu krokve



Obrázek 30 – Průřez krokve

Působící vnitřní síly v místě posouzení:

$$M_{y,ed} = 11,83 \text{ kNm}$$

$$N_{ed}^- = -2,08 \text{ kN}$$

$$N_{ed}^+ = 2,94 \text{ kN}$$

Napětí od normálové síly bude ve výpočtu v tomto průřezu zanedbáno. Tlačená pásnice (horní) je v tomto průřezu zajištěna proti klopení pomocí latí v osové vzdálenosti 350 mm. Výpočtem bylo ověřeno, že součinitel příčné a torzní stability $k_{crit} > 1$.

Protože je průřez tvořen různými materiály, je nutné stanovit statické veličiny pro účinný průřez:

$$I_{y,eff} = 2 * \left(\frac{b * h_f^3}{12} + b * h_f * (0,5 * (h - h_f))^2 \right) + b_w * h_w^3 * \frac{E_2}{12 * E_1}$$

$$I_{y,eff} = 2 * \left(\frac{90 * 39^3}{12} + 90 * 39 * (0,5 * (300 - 39))^2 \right) + 8 * 222^3 * \frac{1300}{12 * 14000}$$

$$I_{y,eff} = 120,252 * 10^6 \text{ mm}^4$$

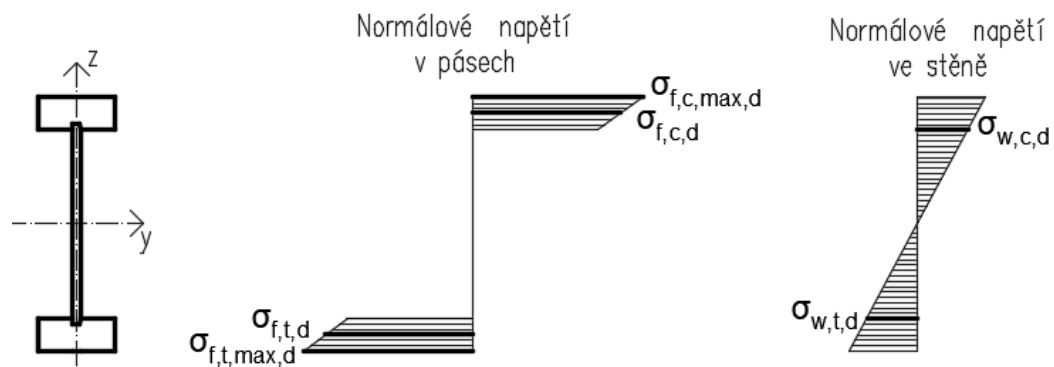
$$I_{z,\text{eff}} = 2 * \left(\frac{h_f * b^3}{12} \right) + \frac{h_w * b_w^3}{12} * \frac{E_2}{E_1}$$

$$I_{z,\text{eff}} = 2 * \left(\frac{39 * 90^3}{12} \right) + \frac{222 * 8^3}{12} * \frac{1300}{14000}$$

$$I_{z,\text{eff}} = 4,739 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{\text{eff}} = A_f + A_w * \frac{E_2}{E_1} = 2 * 39 * 90 + 222 * 8 * \frac{1300}{14000} = 7,184 * 10^3 \text{ mm}^2$$

$$i_{z,\text{eff}} = \sqrt{\frac{I_{z,\text{eff}}}{A_{\text{eff}}}} = \sqrt{\frac{4,739 * 10^6}{7,184 * 10^3}} = 25,6 \text{ mm}$$



Obrázek 31 – Rozložení napětí v průřezu

Posouzení největšího normálového napětí v krajních vláknech průřezu:

$$\sigma_{f,c,\text{max},d} = \sigma_{f,t,\text{max},d} = \frac{M_{y,\text{ed}} * h}{2 * I_{\text{eff}}} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{f,c,\text{max},d} = \sigma_{f,t,\text{max},d} = \frac{11,83 * 300}{2 * 120,252 * 10^6} = 14,756 \text{ MPa} < 30,00 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení napětí v těžišti horního pásu:

$$\sigma_{f,c,d} = \frac{M_{y,\text{ed}} * (h - h_f)}{2 * I_{\text{eff}}} \leq k_{\text{crit}} * f_{c,0,d}$$

Výpočet k_{crit} :

$$\lambda_z = \sqrt{12} * \frac{l_c}{b} = \sqrt{12} * \frac{350}{90} = 13,471$$



$$\lambda_{z,rel} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{13,471}{\pi} * \sqrt{\frac{48}{12000}} = 0,271$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{z,rel} - 0,3) + \lambda_{z,rel}^2)$$

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,1 * (0,271 - 0,3) + 0,271^2) = 0,535$$

$$k_c = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{z,rel}^2}} = \frac{1}{0,535 + \sqrt{0,535^2 - 0,271^2}} = 1,003 > 1$$

$k_{crit} = 1$... neuvažuje se příčná a torzní nestabilita

$$\sigma_{f,c,d} = \frac{11,83 * (300 - 39)}{2 * 120,252 * 10^6} = 12,84 \text{ MPa} \leq 1 * 32 < 32 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení napětí v těžišti spodního (taženého) pásu:

$$\sigma_{f,t,d} = \frac{M_{y,ed} * (h - h_f)}{2 * I_{y,eff}} \leq f_{t,0,d}$$

$$\sigma_{f,t,d} = \frac{11,83 * (300 - 39)}{2 * 120,252 * 10^6} = 12,84 \text{ MPa} < 24,68 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení největších normálových napětí ve stěnách:

$$\sigma_{w,c,d} = \frac{M_{y,ed} * h_w * \frac{E_2}{E_1}}{2 * I_{y,eff}} \leq f_{c,w,d}$$

$$\sigma_{w,c,d} = \frac{11,83 * 222 * \frac{1300}{14000}}{2 * 120,252 * 10^6} = 1,00 \text{ MPa} \leq 12 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

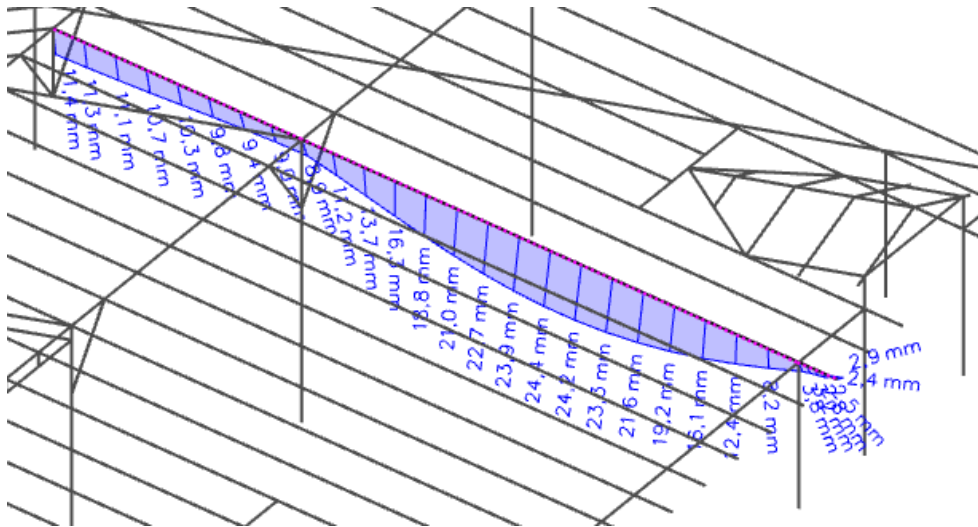
$$\sigma_{w,t,d} = \frac{M_{y,ed} * h_w * \frac{E_2}{E_1}}{2 * I_{y,eff}} \leq f_{t,w,d}$$

$$\sigma_{w,t,d} = \frac{11,83 * 222 * \frac{1300}{14000}}{2 * 120,252 * 10^6} = 1,00 \text{ MPa} \leq 11,5 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení boulení je provedeno v místě působení největší posouvající síly, v místě nad podporou, viz kapitola 4.2.2.

Posouzení průhybu:



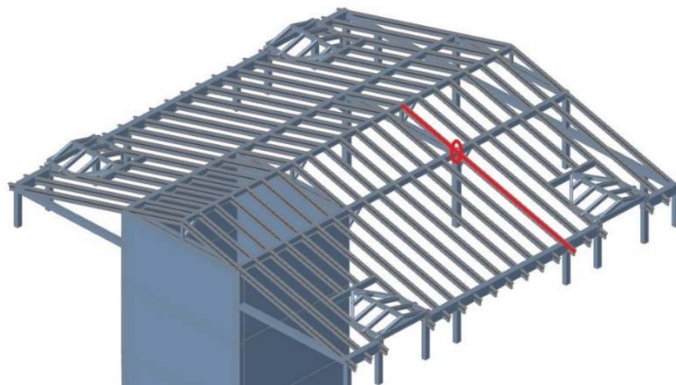
Obrázek 32 – Průhyb krokve

$$\text{Maximální průhyb dle SCIA: } w = 24,4 - \frac{8,9+3,8}{2} = 18,05 \text{ mm}$$

$$\text{Limitní průhyb } w_{\text{lim}} = \frac{1}{300} = \frac{6470}{300} = 21,57 \text{ mm}$$

→VYHOVUJE

4.2.2 Posouzení průřezu 2 – maximální normálová síla v krokvi s kombinací ohybového momentu



Obrázek 33 – Pozice průřezu krokve

Působící vnitřní síly v místě posouzení:

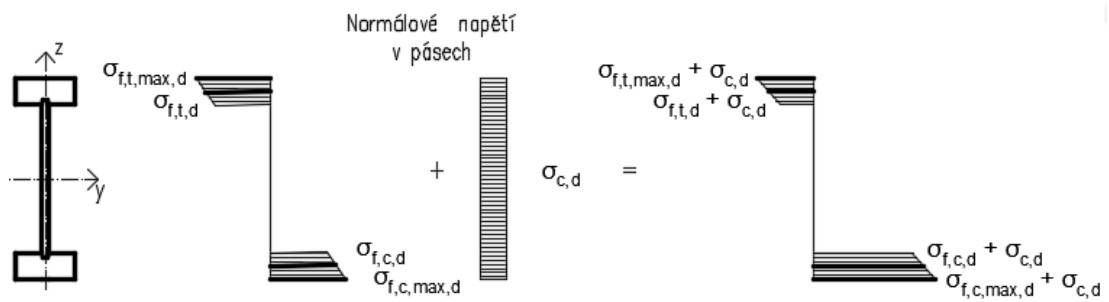
$$M_{y,ed} = -10,96 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -32,54 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = 11,43 \text{ kN}$$

Materiálové charakteristiky viz kapitola 3.2.1.

Tlačená pásnice (spodní) není v celé své délce zajištěna proti příčné a torzní nestabilitě, únosnost v ohybu bude redukována součinitelem příčné a torzní stability k_{crit} . Každých 0,9 m bude spodní pásnice stabilizována pomocí táhel. Ve výpočtu je uvažováno, že veškerý tlak přebírají pásnice.



Obrázek 34 – Rozložení napětí v průřezu

Posouzení největšího normálového napětí v krajních vláknech průřezu:

Tlačený okraj:

$$\frac{M_{y,ed} * h}{2 * I_{eff}} + \frac{N_{Ed}}{A_f} \leq 1$$

$$\frac{10,96 * 300}{2 * 120,252 * 10^6} + \frac{32,54}{2 * 90 * 39} \leq 1$$

$$0,455 + 0,144 = 0,599 \leq 1$$

→VYHOVUJE



Tažený okraj:

$$\frac{M_{y,ed} * h}{2 * I_{eff}} - \frac{N_{Ed}}{A_f} \leq \frac{f_{m,d}}{f_{c,f,d}}$$

$$\frac{10,96 * 300}{2 * 120,252 * 10^6} - \frac{32,54}{2 * 90 * 39} \leq 1$$

$$0,455 - 0,144 = 0,311 \leq 1$$

→VYHOVUJE

Posouzení napětí v těžišti spodního pásu:

$$\frac{M_{y,ed} * (h - h_f)}{2 * I_{eff}} + \frac{N_{Ed}}{A_f} \leq k_{crit} * f_{c,0,d}$$

Výpočet součinitele k_{crit} :

$$\lambda_z = \sqrt{12} * \frac{l_c}{b} = \sqrt{12} * \frac{900}{90} = 34,64$$

$$\lambda_{z,rel} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{34,64}{\pi} * \sqrt{\frac{48}{12000}} = 0,697$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{z,rel} - 0,3) + \lambda_{z,rel}^2)$$

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,1 * (0,697 - 0,3) + 0,697^2) = 0,946$$

$$k_{crit} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{z,rel}^2}} = \frac{1}{0,946 + \sqrt{0,946^2 - 0,697^2}} = 0,63 < 1$$

$k_{crit} < 1$... únosnost je zmenšena vlivem příčné nestability

Výpočet součinitele $k_{c,z}$:

$$l = 0,900 \text{ m}$$

$$I_{z,eff} = 4,739 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{eff} = 7,184 * 10^3 \text{ mm}^2$$

$$i_{z,eff} = 25,6$$

Uložení je uvažováno jako kloubové na obou stranách, součinitel

$$\beta = 1,0.$$



$$l_{cr} = \beta * l = 1 * 0,9 = 0,900 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr}}{i_z} = \frac{0,900}{0,0256} = 35,156$$

$$\sigma_{crit,z} = \pi^2 * \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \pi^2 * \frac{10500}{35,156^2} = 83,847 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{crit,z}}} = \sqrt{\frac{26,5}{83,847}} = 0,562$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,1 * (0,562 - 0,3) + 0,562^2) = 0,671$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{z,rel}^2}} = \frac{1}{0,671 + \sqrt{0,671^2 - 0,562^2}} = 0,964$$

$$\frac{10,96 * (300 - 39)}{2 * 120,252 * 10^6} + \frac{32,54}{0,964 * 32} \leq 1$$

$$0,589 + 0,150 = 0,739 < 1$$

→VYHOVUJE

Posouzení boulení:

$$h_w \leq 70 * b_w$$

$$222 \text{ mm} \leq 70 * 8 < 560 \text{ mm}$$

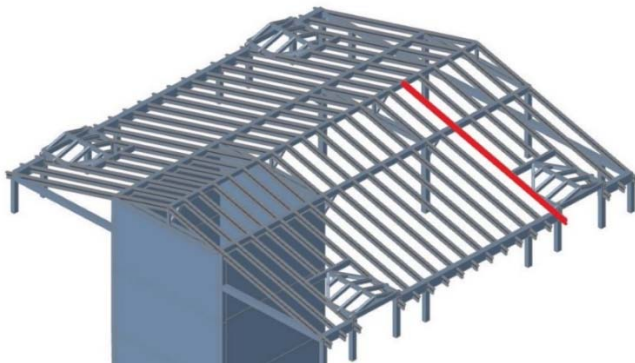
$$F_{v,w,Ed} \leq 35 * b_w^2 * f_{v,0,d} * \left(1 + 0,5 * \frac{h_{f,t} + h_{f,c}}{h_w}\right)$$

$$11,43 \text{ kN} \leq 35 * 0,008^2 * 8000 * \left(1 + 0,5 * \frac{0,039 + 0,039}{0,222}\right) < 21,096 \text{ kN}$$

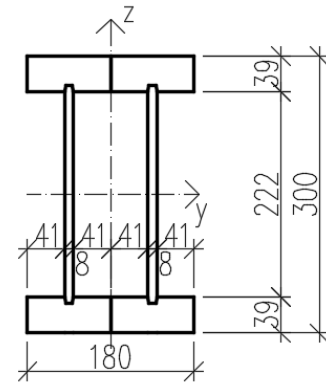
→VYHOVUJE, není třeba provést podrobný výpočet boulení

Posouzení napětí v těžišti horního pásu není provedeno, protože horní pás je tažený od ohybového momentu, normálová síla je tlaková a zmenšuje tah v horní pásnici. Napětí v těžišti taženého pásu je provedeno v kapitole 3.2.1 a napětí v tomto průřezu nepřekročí napětí vypočítané v kapitole 3.2.1. Průhyb této krokve a posouzení napětí ve stěnách je řešeno v kapitole 3.2.1.

4.2.3 Posouzení krokve nesoucí výměnu u vikýře



Obrázek 35 – Pozice krokve



Obrázek 36 – Průřez krokve

Působící vnitřní síly:

V poli:

$$N_{ed} = 1,89 \text{ kN}$$

$$M_{y,ed} = 19,80 \text{ kNm}$$

Nad podporou:

$$N_{ed} = 4,77 \text{ kN}$$

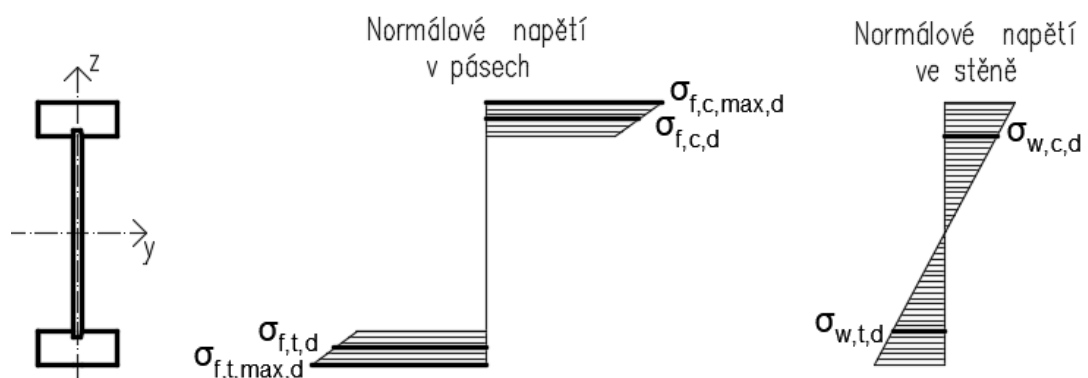
$$M_{y,ed} = -12,05 \text{ kNm}$$

$$V_{z,ed} = 14,58 \text{ kN}$$

Je navržena dvojice I nosníků STEICO joist výšky 300 mm.

$$I_{y,eff} = 2 * I_{y,eff,1} = 2 * 120,252 * 10^6 = 240,504 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Průřez bude posouzen v místě v poli na normálové napětí a v místě nad podporou na smykové napětí. Normálová síla bude ve výpočtu zanedbána. V poli je průřez jištěn proti příčné a torzní nestabilitě pomocí latí a kontralatí, které jsou kotveny ke krokvi každých 350 mm, součinitel $k_{crit} = 1$ (viz kapitola 3.2.1).



Obrázek 37 – Rozložení napětí v průřezu



Posouzení největšího normálového napětí v krajních vláknech průřezu:

$$\sigma_{f,c,max,d} = \sigma_{f,t,max,d} = \frac{M_{y,ed} * h}{2 * I_{eff}} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{f,c,max,d} = \sigma_{f,t,max,d} = \frac{21,48 * 300}{2 * 240,504 * 10^6} = 13,339 \text{ MPa} < 30,00 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení napětí v těžišti horního pásu:

$$\sigma_{f,c,d} = \frac{M_{y,ed} * (h - h_f)}{2 * I_{eff}} \leq k_{crit} * f_{c,0,d}$$

$k_{crit} = 1$ (viz kapitola 3.2.1) ... neuvažuje se příčná a torzní nestabilita

$$\sigma_{f,c,d} = \frac{21,48 * (300 - 39)}{2 * 240,504 * 10^6} = 11,655 \text{ MPa} \leq 1 * 32 < 32 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení napětí v těžišti spodního (taženého) pásu:

$$\sigma_{f,t,d} = \frac{M_{y,ed} * (h - h_f)}{2 * I_{y,eff}} \leq f_{t,0,d}$$

$$\sigma_{f,t,d} = \frac{21,48 * (300 - 39)}{2 * 240,504 * 10^6} = 11,655 \text{ MPa} < 24,68 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení největších normálových napětí ve stěnách:

$$\sigma_{w,c,d} = \frac{M_{y,ed} * h_w * \frac{E_2}{E_1}}{2 * I_{y,eff}} \leq f_{c,w,d}$$

$$\sigma_{w,c,d} = \frac{21,48 * 222 * \frac{1300}{14000}}{2 * 240,504 * 10^6} = 0,921 \text{ MPa} \leq 12 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

$$\sigma_{w,t,d} = \frac{M_{y,ed} * h_w * \frac{E_2}{E_1}}{2 * I_{y,eff}} \leq f_{t,w,d}$$

$$\sigma_{w,t,d} = \frac{21,48 * 222 * \frac{1300}{14000}}{2 * 240,504 * 10^6} = 0,921 \text{ MPa} \leq 11,5 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení boulení:

$$V_{z,ed} = 14,58 \text{ kN}$$

$$h_w \leq 70 * b_w$$

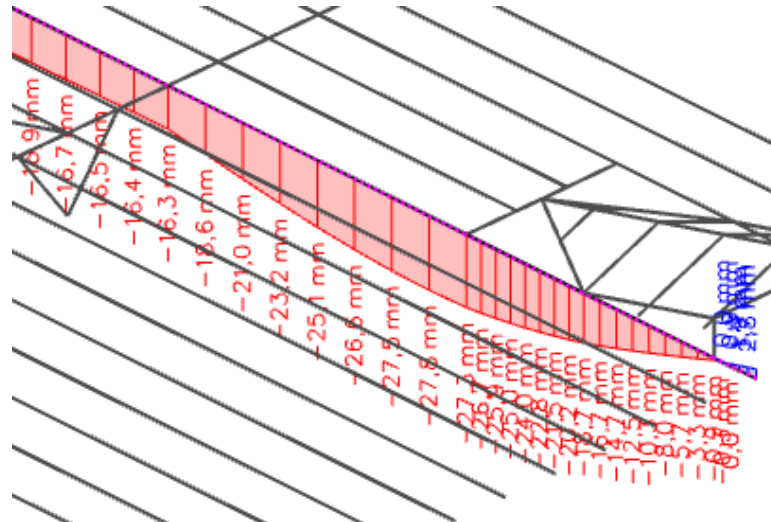
$$222 \text{ mm} \leq 2 * 70 * 8 < 1120 \text{ mm}$$

$$F_{v,w,Ed} \leq 35 * b_w^2 * f_{v,0,d} * \left(1 + 0,5 * \frac{h_{f,t} + h_{f,c}}{h_w}\right)$$

$$\frac{14,58}{2} = 7,29 \text{ kN} \leq 35 * 0,008^2 * 8000 * \left(1 + 0,5 * \frac{0,039 + 0,039}{0,222}\right) < 21,096 \text{ kN}$$

→VYHOVUJE, není třeba provést podrobný výpočet boulení

Posouzení průhybu:



Obrázek 38 – Průhyb krokve

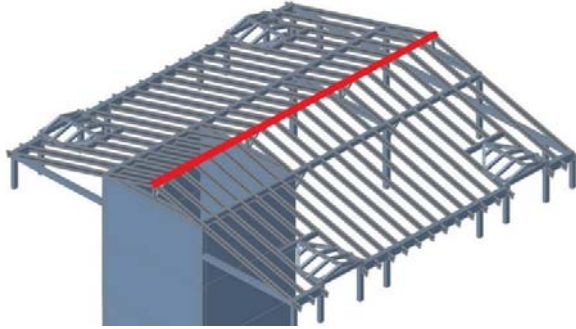
$$\text{Maximální průhyb dle SCIA: } w = 27,8 - \frac{16,3+3,3}{2} = 18,00 \text{ mm}$$

$$\text{Limitní průhyb } w_{lim} = \frac{1}{300} = \frac{6470}{300} = 21,57 \text{ mm}$$

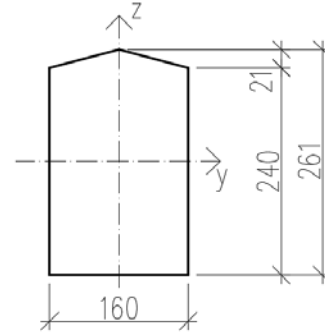
→VYHOVUJE

4.3 Vrcholová vaznice

Vrcholová vaznice je navržena z lepeného lamelového dřeva GL24h. Průřez je obdélníkový o šířce 160 a výšce 240 mm s navýšením ve špičce pro uložení krokve ve sklonu 15°.



Obrázek 39 – Pozice vrcholové vaznice



Obrázek 40 – Průřez vaznice

Posouzení kombinace největšího záporného ohybového momentu a příslušného osového tahu – v místě nad podporou

Vnitřní síly v místě nad podporou:

$$M_{y,ed} = -10,97 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = 30,49 \text{ kN}$$

Tah vzniká ve vaznici od působení pásku a stabilizuje vaznici proti příčné a torzní nestabilitě.

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A}}{f_{t,0,d}} + \frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} * b * h^2}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} * h * b^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{30,49}{0,16 * 0,24} + \frac{10,97}{\frac{1}{6} * 0,16 * 0,24^2} + 0,7 * 0 \leq 1$$

$$0,075 + 0,464 + 0 = 0,539 < 1$$

→VYHOVUJE



$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6}b * h^2}}{f_{m,y,d}} + \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6}h * b^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{30,49}{0,16 * 0,24}}{10,56} + 0,7 * \frac{\frac{10,97}{\frac{1}{6} * 0,16 * 0,24^2}}{15,36} + 0 \leq 1$$

$$0,075 + 0,325 + 0 = 0,400 < 1$$

→VYHOVUJE

Posouzení kombinace největšího kladného ohybového momentu a příslušného osového tlaku – v poli

Vnitřní síly v místě v poli:

$$M_{y,ed} = 14,55 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -9,54 \text{ kN}$$

Je třeba posoudit vaznici na působení tlaku, který je ve vaznici v poli. Vaznice je modelována jako spojitý nosník, tlačena vlákna jsou u spodního okraje nad podporou a u horního okraje v poli, efektivní délka bude počítána z rozpětí mezi jednotlivými sloupky.

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} * f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

Výpočet k_{crit} :

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi * \sqrt{E_{0,05} * I_z * G_{0,05} * I_t}}{l_{ef} * W_y}$$

$$I_z = 8,192 * 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_t = 1,923 * 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$W_y = 1,536 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$l_{eff} = \beta * l = 1 * 6,25 = 6,25 \text{ m}$$



$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi * \sqrt{9667 * 8,192 * 10^{-5} * 600 * 1,9233 * 10^{-4}}}{6,250 * 1,536 * 10^{-3}}$$

$$\sigma_{m,crit} = 107,303 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{107,303}} = 0,511$$

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{pro } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{pro } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{pro } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

$$\rightarrow k_{crit} = 1$$

Obrázek 41 – Stanovení součinitele k_{crit}

Zdroj: P. Kuklík, A. Kuklíková, Navrhování dřevěných konstrukcí příručka k ČSN EN 1995-1, 2010

Výpočet $k_{c,z}$:

$$l_{cr} = \beta * l = 1 * 6,250 = 6,250 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr}}{i_z} = \frac{6,250}{0,046} = 135,87$$

$$\sigma_{crit,z} = \pi^2 * \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \pi^2 * \frac{9667}{135,87^2} = 5,613 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{crit,z}}} = \sqrt{\frac{24}{5,613}} = 2,172$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,1 * (2,172 - 0,3) + 2,172^2) = 2,952$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{z,rel}^2}} = \frac{1}{2,952 + \sqrt{2,952^2 - 2,172^2}} = 0,201$$

$$\left(\frac{14,55}{\frac{1}{6} * 0,16 * 0,24^2} * 1 * 15,36\right)^2 + \frac{9,54}{0,201 * 15,36} \leq 1$$

$$0,380 + 0,080 = 0,460 < 1$$

→ VYHOVUJE

Posouzení napětí ve smyku

Působící smyková síla:

$$V_{z,ed} = 11,53 \text{ kN}$$

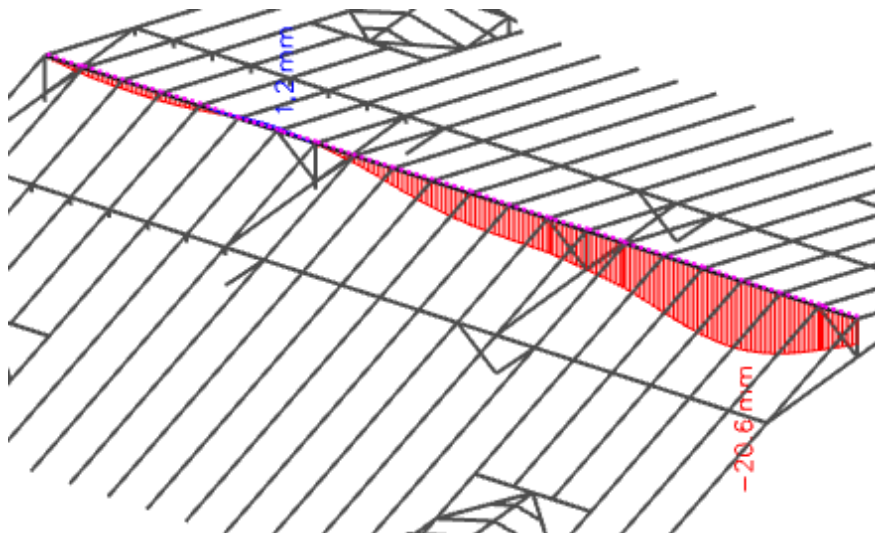
$$\tau_{z,v,d} = \frac{3 * V_{z,Ed}}{2 * A_{eff}} \leq f_{v,d}$$

$$A_{eff} = h * b_{eff} = h * k_{cr} * b = 0,24 * 0,67 * 0,16 = 0,0257 \text{ m}^2$$

$$\tau_{z,v,d} = \frac{3 * 11,53}{2 * 0,0257} = 0,674 \text{ MPa} < 2,24 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení průhybu



Obrázek 42 – Průhyb vrcholové vaznice

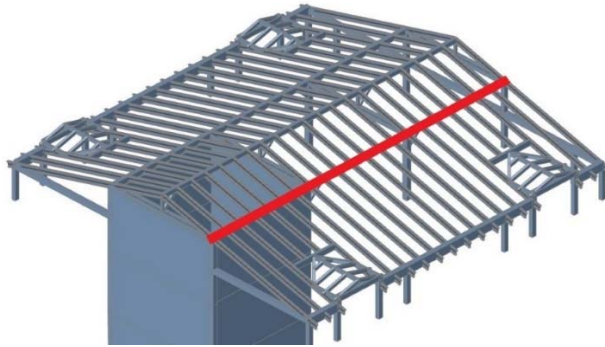
$$\text{Maximální průhyb dle SCIA: } w = 20,6 - \frac{11,6+7,7}{2} = 10,95 \text{ mm}$$

$$\text{Limitní průhyb } w_{lim} = \frac{1}{300} = \frac{6250}{300} = 20,833 \text{ mm}$$

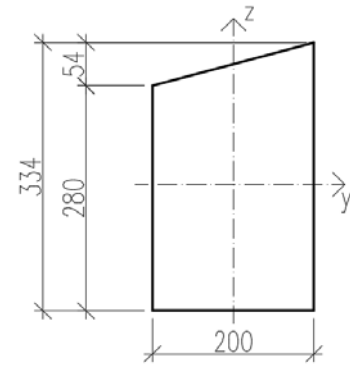
→VYHOVUJE

4.4 Středová vaznice

Středová vaznice je navržena z lepeného lamelového dřeva GL24h. Průřez je obdélníkový o šířce 200 a výšce 360 mm s navýšením ve sklonu 15° pro uložení krokví.



Obrázek 43 – Pozice středové vaznice



Obrázek 44 – Průřez vaznice

Posouzení v místě nad podporou na kombinaci ohybu a tahu

Působící vnitřní síly:

$$N_{ed} = 112,06 \text{ kN}$$

$$M_{y,ed} = -40,79 \text{ kNm}$$

$$M_{z,ed} = 5,53 \text{ kNm}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2} + k_m * \frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} h * b^2} \leq 1$$

$$\frac{112,06}{0,20 * 0,36} + \frac{40,79}{\frac{1}{6} * 0,20 * 0,36^2} + 0,7 * \frac{5,53}{\frac{1}{6} * 0,36 * 0,20^2} \leq 1$$

$$0,147 + 0,614 + 0,105 = 0,866 < 1$$

→VYHOVUJE



$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2}}{f_{m,y,d}} + \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} h * b^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{112,06}{0,20 * 0,36}}{10,56} + 0,7 * \frac{\frac{40,79}{\frac{1}{6} * 0,20 * 0,36^2}}{15,36} + \frac{\frac{5,53}{\frac{1}{6} * 0,36 * 0,20^2}}{15,36} \leq 1$$

$$0,147 + 0,430 + 0,150 = 0,727 < 1$$

→VYHOVUJE

Posouzení v poli v místě největšího ohybového momentu na ohyb

Působící vnitřní síly:

$$N_{ed}^- = -6,74 \text{ kN}$$

$$N_{ed}^+ = 8,51 \text{ kN}$$

$$M_{y,ed} = -52,90 \text{ kNm}$$

$$M_{z,ed} = 4,91 \text{ kNm}$$

Při výpočtu budou tlakové a tahové síly zanedbány.

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} h * b^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{52,90}{\frac{1}{6} * 0,20 * 0,36^2}}{15,36} + 0,7 * \frac{\frac{4,91}{\frac{1}{6} * 0,36 * 0,20^2}}{15,36} \leq 1$$

$$0,797 + 0,093 = 0,890 < 1$$

→VYHOVUJE



$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m * \frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2}}{f_{m,y,d}} + \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} h * b^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$0,7 * \frac{\frac{52,90}{\frac{1}{6} * 0,20 * 0,36^2}}{15,36} + \frac{\frac{4,91}{\frac{1}{6} * 0,36 * 0,20^2}}{15,36} \leq 1$$

$$0,558 + 0,133 = 0,691 < 1$$

→VYHOVUJE

Posouzení na smyk

Působící smykové síly:

$$V_{z,ed} = 54,91 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = 4,89 \text{ kN}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 * V_{ed}}{2 * A_{eff}} \leq f_{v,d}$$

$$A_{eff} = h * b_{eff} = h * k_{cr} * b = 0,28 * 0,67 * 0,2 = 0,0375 \text{ m}^2$$

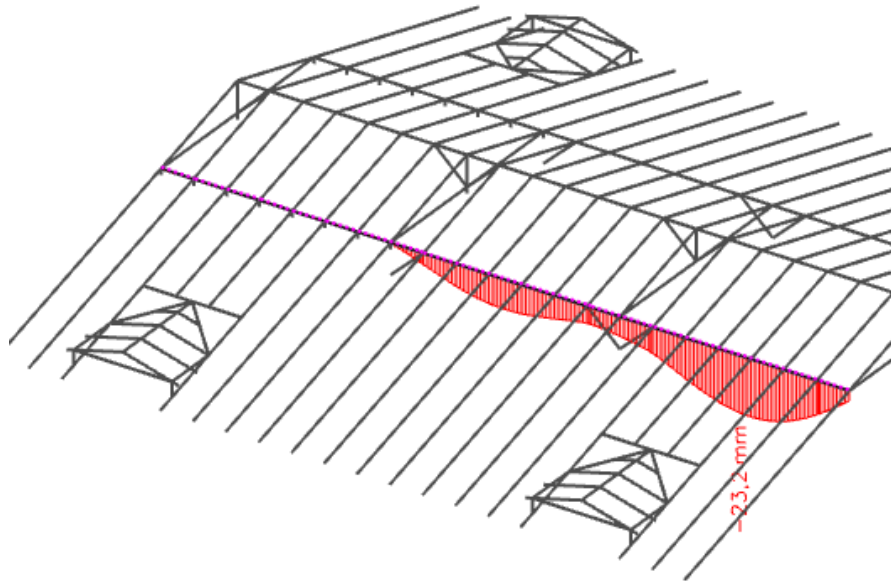
$$\tau_{z,v,d} = \frac{3 * 54,91}{2 * 0,0375} = 2,196 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,v,d} = \frac{3 * 4,89}{2 * 0,0375} = 0,196 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = \sqrt{\tau_{z,v,d}^2 + \tau_{y,v,d}^2} = \sqrt{2,196^2 + 0,196^2} = 2,204 \text{ MPa} < 2,24 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení průhybu



Obrázek 45 – Průhyb středové vaznice

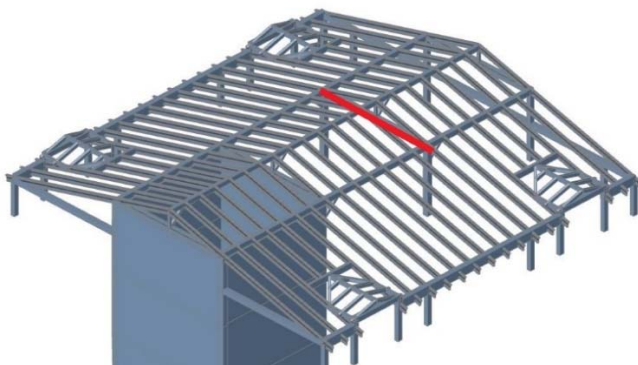
$$\text{Maximální průhyb dle SCIA: } w = 23,2 - \frac{7,9+4,0}{2} = 17,25 \text{ mm}$$

$$\text{Limitní průhyb } w_{\text{lim}} = \frac{1}{300} = \frac{6250}{300} = 20,833 \text{ mm}$$

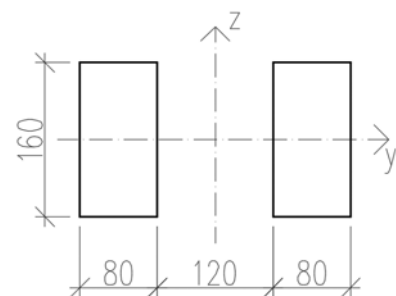
→VYHOVUJE

4.5 Kleštiny

Je navržena dvojice obdélníkových průřezů 80 x 160 mm z rostlého dřeva C24. Kleštiny budou u horního okraje spojeny OSB deskou, která bude průřez stabilizovat proti klopení.



Obrázek 46 – Pozice kleštin



Obrázek 47 – Průřez kleštin



Působící vnitřní síly:

$$N_{ed} = 39,31 \text{ kN}$$

$$M_{y,ed} = 0,86 \text{ kNm}$$

$$M_{z,ed} = 1,26 \text{ kNm}$$

$$V_{z,ed} = 0,50 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = 0,40 \text{ kN}$$

Posouzení kombinace ohybových momentů a osového tahu:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A}}{f_{t,0,d}} + \frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} h * b^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{39,31}{2 * 0,08 * 0,16} + \frac{0,86}{\frac{1}{6} * 2 * 0,08 * 0,16^2} + 0,7 * \frac{1,26}{\frac{1}{6} * 2 * 0,08^2 * 0,16} \leq 1$$

$$0,178 + 0,085 + 0,174 = 0,437 < 1$$

→VYHOVUJE

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2}}{f_{m,y,d}} + \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} h * b^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{39,31}{2 * 0,08 * 0,16} + 0,7 * \frac{0,86}{\frac{1}{6} * 2 * 0,08 * 0,16^2} + \frac{1,26}{\frac{1}{6} * 2 * 0,08^2 * 0,16} \leq 1$$

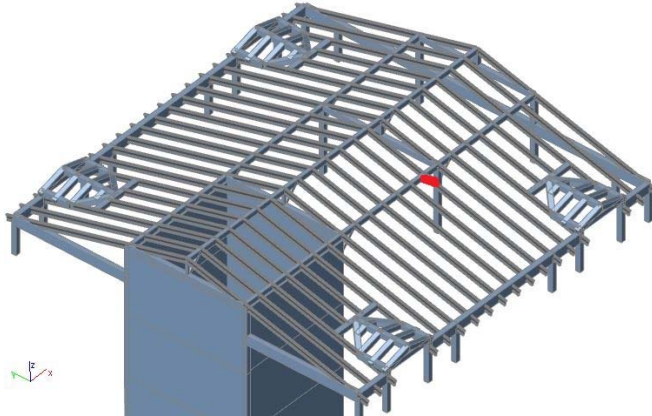
$$0,178 + 0,060 + 0,249 = 0,487 < 1$$

→VYHOVUJE

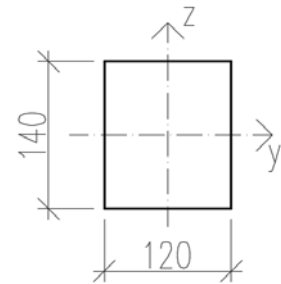
Posouzení na smyk není z důvodu malé posouvající síly provedeno.

4.6 Pásek

Pásy jsou navrženy z rostlého dřeva C24 o průřezu 120x140 mm.



Obrázek 48 – Pozice pásku



Obrázek 49 – Průřez pásku

Působící vnitřní síly:

$$N_{ed} = -145,67 \text{ kN}$$

Průřezové charakteristiky:

$$l = 1,225 \text{ m}$$

$$A = 0,0168 \text{ m}^2$$

$$I_y = 2,744 * 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 2,016 * 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$i_y = 40,4 \text{ mm}$$

$$i_z = 34,6 \text{ mm}$$

Posouzení na vzpěrný tlak

Pásek je uložen na obou stranách kloubově, součinitel vzpěrné délky $\beta = 1$.

$$l_{cr} = \beta * l = 1 * 1,225 = 1,225 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr}}{i_y} = \frac{1,225}{0,0404} = 30,322$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr}}{i_z} = \frac{1,225}{0,0346} = 35,405$$



$$\sigma_{\text{crit},y} = \pi^2 * \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \pi^2 * \frac{7400}{30,322^2} = 79,436 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{crit},z} = \pi^2 * \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \pi^2 * \frac{7400}{35,405^2} = 58,264 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{rel},y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{\text{crit},y}}} = \sqrt{\frac{21}{79,436}} = 0,514$$

$$\sigma_{\text{rel},z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{\text{crit},z}}} = \sqrt{\frac{21}{58,264}} = 0,600$$

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},y} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},y}^2)$$

$$k_y = 0,5 * (1 + 0,2 * (0,514 - 0,3) + 0,514^2) = 0,653$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},z} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},z}^2)$$

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,2 * (0,600 - 0,3) + 0,600^2) = 0,710$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{y,\text{rel}}^2}} = \frac{1}{0,653 + \sqrt{0,653^2 - 0,514^2}} = 0,947$$

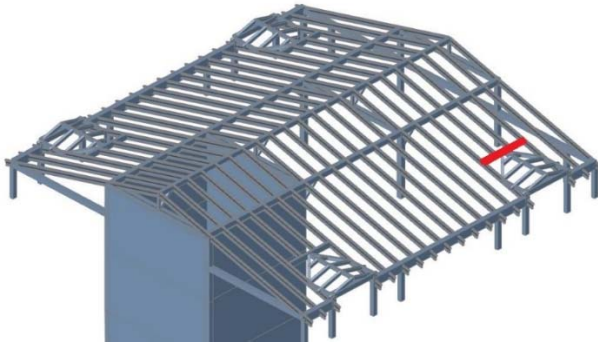
$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{z,\text{rel}}^2}} = \frac{1}{0,710 + \sqrt{0,710^2 - 0,600^2}} = 0,918$$

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{A} = \frac{145,67}{0,0168} = 8,67 \text{ MPa} \leq k_{c,z} * f_{c,0,d} \leq 0,918 * 12,92 < 11,861 \text{ MPa}$$

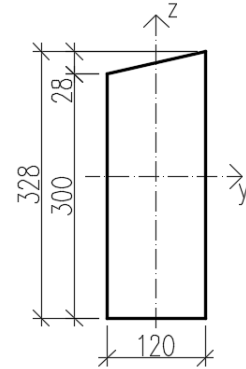
→VYHOVUJE

4.7 Výměna

Výměna je navržena z lepeného lamelového dřeva GL24h obdélníkového průřezu o rozměrech 300 x 120 mm. Namáhána je ohybovými momenty ve směru os y a z a posouvajícími silami ve směru osy y a z.



Obrázek 50 – Pozice výměny



Obrázek 51 – Průřez výměny

Působící vnitřní síly:

$$M_{y,ed} = 6,35 \text{ kNm}$$

$$M_{z,ed} = 1,36 \text{ kNm}$$

$$V_{z,ed} = 6,25 \text{ kN}$$

$$V_{y,ed} = 3,55 \text{ kN}$$

Posouzení na kombinaci ohybových momentů:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} * b * h^2}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} * h * b^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{6,35}{\frac{1}{6} * 0,12 * 0,30^2}}{15,36} + 0,7 * \frac{\frac{1,36}{\frac{1}{6} * 0,30 * 0,12^2}}{15,36} \leq 1$$

$$0,229 + 0,086 = 0,315 < 1$$

→VYHOVUJE



$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m * \frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2}}{f_{m,y,d}} + \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} h * b^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$0,7 \frac{\frac{6,35}{\frac{1}{6} * 0,12 * 0,30^2}}{15,36} + \frac{\frac{1,36}{\frac{1}{6} * 0,30 * 0,12^2}}{15,36} \leq 1$$

$$0,161 + 0,122 = 0,283 < 1$$

→VYHOVUJE

Posouzení na kombinaci posouvajících sil:

$$\tau_z = \frac{V_{z,ed} * S_y}{I_y * b} = \frac{V_{z,ed} * \frac{1}{2} * b * h^2}{\frac{1}{12} * b * h^3 * b} = \frac{6,25 * \frac{1}{2} * 0,12 * 0,30^2}{\frac{1}{12} * 0,12 * 0,30^3 * 0,12} = 1,041 \text{ MPa}$$

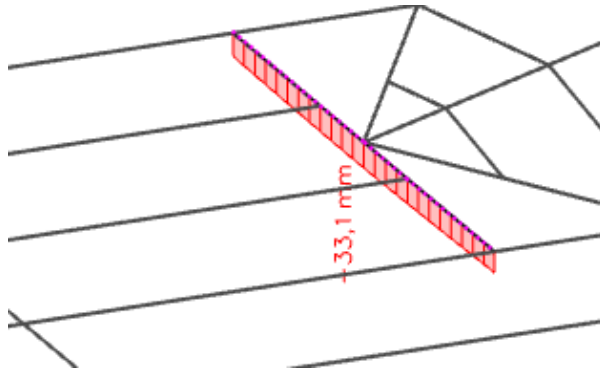
$$\tau_y = \frac{V_{y,ed} * S_z}{I_z * h} = \frac{V_{y,ed} * \frac{1}{2} * h * b^2}{\frac{1}{12} * h * b^3 * h} = \frac{3,55 * \frac{1}{2} * 0,30 * 0,12^2}{\frac{1}{12} * 0,30 * 0,12^3 * 0,30} = 0,591 \text{ MPa}$$

$$\tau = \sqrt{\tau_z^2 + \tau_y^2} = \sqrt{1,041^2 + 0,591^2} = 1,19 \text{ MPa}$$

$$\tau = 1,19 \text{ MPa} \leq f_{v,d} < 2,24 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení průhybu:



Obrázek 52 – Průhyb výměny

$$\text{Maximální průhyb dle SCIA: } w = 33,1 - \frac{27,3+27,3}{2} = 5,8 \text{ mm}$$

$$\text{Limitní průhyb } w_{\text{lim}} = \frac{1}{300} = \frac{2,680}{300} = 8,933 \text{ mm}$$

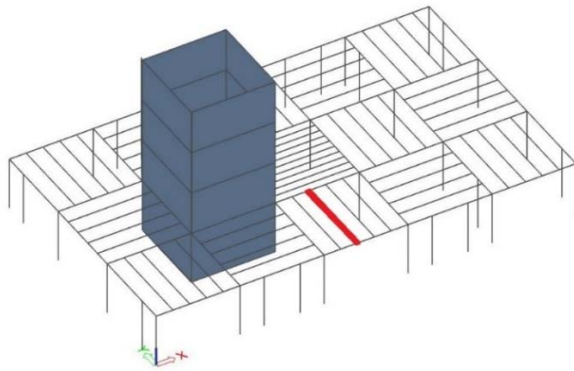
→VYHOVUJE

4.8 Stropnice

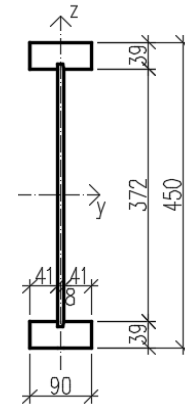
Všechny stropnice v objektu jsou navrženy jako dřevěné I nosníky STEICO joist o výšce 450 mm. Pásnice těchto nosníků jsou z lepeného vrstveného dřeva LVL a stojina z dřevovláknité desky. Osová vzdálenost nosníků je 1250 mm, v místě chodby je osová vzdálenost nosníků 625 mm z důvodu většího užitého zatížení (5 kN/m²). Pro posouzení byla vybrána nejvíce namáhaná stropnice. Tlačená pásnice je zajištěna proti klopení pomocí OSB desek připevněných každých 200 mm ke stropnicím. Výpočtem bylo ověřeno, že součinitel příčné a torzní stability $k_{\text{crit}} > 1$.

Působící vnitřní síly:

$$M_{y,\text{ed}} = 29,20 \text{ kNm}$$



Obrázek 53 – Pozice stropnice



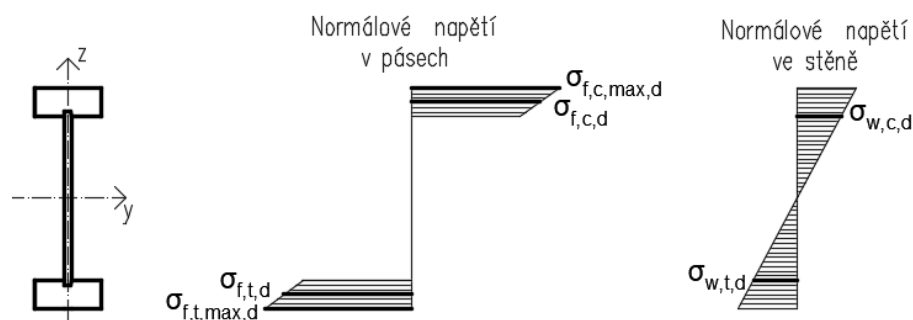
Obrázek 54 – Průřez stropnice

Protože je průřez tvořen různými materiály, je nutné stanovit statické veličiny pro účinný průřez:

$$I_{y,\text{eff}} = 2 * \left(\frac{b * h_f^3}{12} + b * h_f * (0,5 * (h - h_f))^2 \right) + b_w * h_w^3 * \frac{E_2}{12 * E_1}$$

$$I_{y,\text{eff}} = 2 * \left(\frac{90 * 39^3}{12} + 90 * 39 * (0,5 * (450 - 39))^2 \right) + 8 * 372^3 * \frac{1300}{12 * 14000}$$

$$I_{y,\text{eff}} = 303,719 * 10^6 \text{ mm}^4$$



Obrázek 55 – Rozložení napětí v průřezu

Posouzení největšího normálového napětí v krajních vláknech průřezu:

$$\sigma_{f,c,\text{max},d} = \sigma_{f,t,\text{max},d} = \frac{M_{y,\text{ed}} * h}{2 * I_{\text{eff}}} \leq f_{m,d}$$

$$\sigma_{f,c,\text{max},d} = \sigma_{f,t,\text{max},d} = \frac{29,20 * 450}{2 * 303,719 * 10^6} = 21,631 \text{ MPa} < 30,00 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE



Posouzení napětí v těžišti horního pásu:

$$\sigma_{f,c,d} = \frac{M_{y,ed} * (h - h_f)}{2 * I_{eff}} \leq k_c * f_{c,0,d}$$

$$\lambda_z = \sqrt{12} * \frac{l_c}{b} = \sqrt{12} * \frac{200}{90} = 7,698$$

$$\lambda_{z,rel} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{7,698}{\pi} * \sqrt{\frac{48}{12000}} = 0,155$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{z,rel} - 0,3) + \lambda_{z,rel}^2)$$

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,1 * (0,155 - 0,3) + 0,155^2) = 0,498$$

$$k_c = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{z,rel}^2}} = \frac{1}{0,498 + \sqrt{0,498^2 - 0,155^2}} = 1,03 > 1$$

$k_c = 1$... neuvažuje se vzpěrný tlak

$$\sigma_{f,c,d} = \frac{29,20 * (450 - 39)}{2 * 303,719 * 10^6} = 19,757 \text{ MPa} \leq 1 * 32 < 32 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení napětí v těžišti spodního pásu:

$$\sigma_{f,t,d} = \frac{M_{y,ed} * (h - h_f)}{2 * I_{y,eff}} \leq f_{t,0,d}$$

$$\sigma_{f,t,d} = \frac{29,20 * (450 - 39)}{2 * 303,719 * 10^6} = 19,757 \text{ MPa} < 24,68 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení největších normálových napětí ve stěnách:

$$\sigma_{w,c,d} = \frac{M_{y,ed} * h_w * \frac{E_2}{E_1}}{2 * I_{y,eff}} \leq f_{c,w,d}$$

$$\sigma_{w,c,d} = \frac{29,20 * 372 * \frac{1300}{14000}}{2 * 303,719 * 10^6} = 1,66 \text{ MPa} \leq 12 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

$$\sigma_{w,t,d} = \frac{M_{y,ed} * h_w * \frac{E_2}{E_1}}{2 * I_{y,eff}} \leq f_{t,w,d}$$

$$\sigma_{w,t,d} = \frac{29,20 * 372 * \frac{1300}{14000}}{2 * 303,719 * 10^6} = 1,66 \text{ MPa} \leq 11,5 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení boulení:

$$h_w \leq 70 * b_w$$

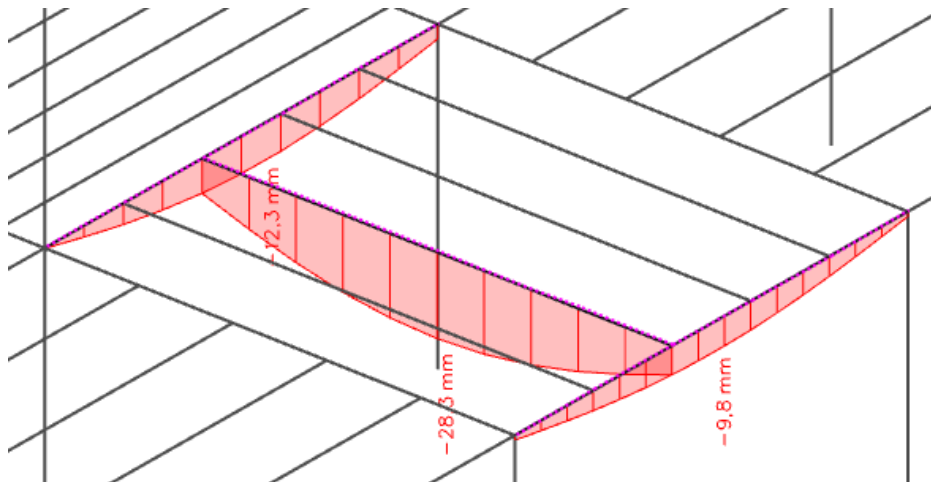
$$372 \text{ mm} \leq 70 * 8 < 560 \text{ mm}$$

$$F_{v,w,Ed} \leq 35 * b_w^2 * f_{v,0,d} * \left(1 + 0,5 * \frac{h_{f,t} + h_{f,c}}{h_w}\right)$$

$$18,66 \text{ kN} \leq 35 * 0,008^2 * 8000 * \left(1 + 0,5 * \frac{0,039 + 0,039}{0,372}\right) < 19,798 \text{ kN}$$

→VYHOVUJE, není třeba provést podrobný výpočet boulení

Posouzení průhybu:



Obrázek 56 – Průhyb stropnice

Průhyb stropnice = celkový průhyb – průhyb průvlaku v místě napojení

$$w = 28,3 - \frac{12,3 + 9,8}{2} = 17,25 \text{ mm}$$

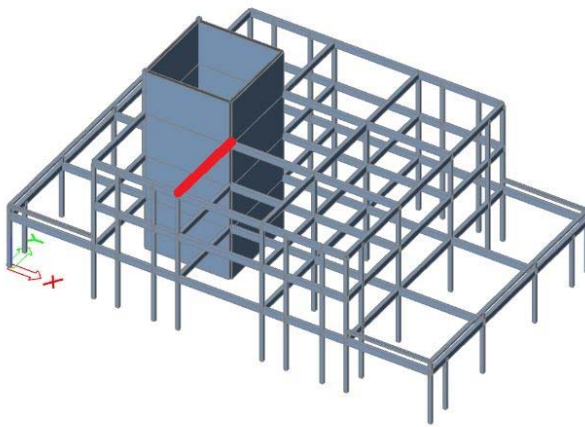
$$\text{Limitní průhyb } w_{lim} = \frac{l}{300} = \frac{6250}{300} = 20,833 \text{ mm}$$

→VYHOVUJE

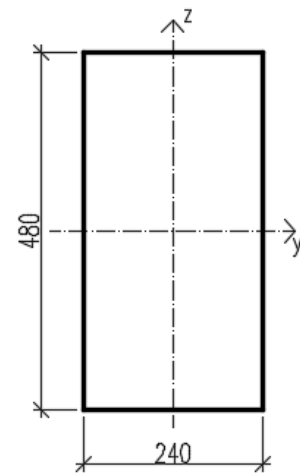
4.9 Průvlaky

4.9.1 Průvlak běžného pole

Je navržen průvlak z lepeného lamelového dřeva GL24h obdélníkového průřezu o rozměrech 240 x 480 mm. Průvlak bude posouzen na kombinaci tahu, který vzniká v průvlaku od působení větru a ohybového momentu. Dále bude posouzen na kombinaci tlaku, který vzniká v průvlaku od větru, který působí v opačném směru a ohybového momentu. Dále bude proveden posudek na smyk a průhyb.



Obrázek 57 – Pozice průvlaku



Obrázek 58 – Průřez průvlaku

Posouzení na kombinaci ohybového momentu a osového tahu:

Působící vnitřní síly:

$$M_{y,ed} = 88,40 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = 21,66 \text{ kN}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A}}{f_{t,0,d}} + \frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} h * b^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$



$$\frac{21,66}{0,24 * 0,45} + \frac{88,40}{\frac{1}{6} * 0,24 * 0,45^2} + 0,7 * 0 \leq 1$$

$$10,56 + 15,36 + 0 = 25,92 < 1$$

→VYHOVUJE

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{A} + k_m * \frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} * b * h^2}}{f_{m,y,d}} + \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} * h * b^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{21,66}{0,24 * 0,45} + 0,7 * \frac{88,40}{\frac{1}{6} * 0,24 * 0,45^2} + 0 \leq 1$$

$$10,56 + 15,36 + 0 = 25,92 < 1$$

→VYHOVUJE

Posouzení na kombinaci ohybového momentu a osového tlaku:

Nosník je po celé délce jištěn proti příčné a torzní nestabilitě a klopení pomocí OSB desek, které jsou kotveny k průvlaku každých 200 mm, masivní obdélníkový průřez není náchylný ke klopení. Součinitel k_{crit} a $k_{c,z}$ bude uvažován 1.

Působící vnitřní síly:

$$M_{y,ed} = 88,40 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -38,66 \text{ kNm}$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} * f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} * b * h^2}}{k_{crit} * f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\frac{N_{ed}}{A}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{88,40}{\frac{1}{6} * 0,24 * 0,45^2} \right)^2 + \frac{38,66}{\frac{0,24 * 0,45}{1 * 15,36}} \leq 1$$

$$0,504 + 0,023 = 0,527 < 1$$

→VYHOVUJE

Posouzení napětí ve smyku:

Působící vnitřní síly:

$$V_{z,ed} = 50,06 \text{ kN}$$

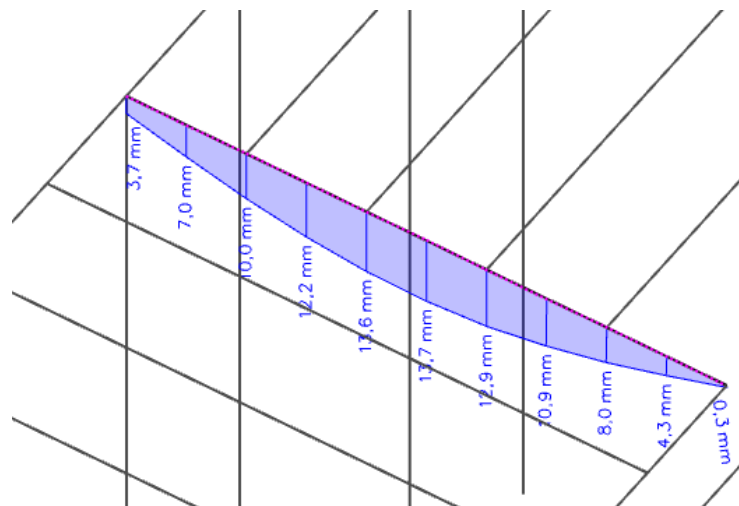
$$\tau_{v,d} = \frac{3 * V_{z,Ed}}{2 * A_{eff}} \leq f_{v,d}$$

$$A_{eff} = h * b_{eff} = h * k_{cr} * b = 0,45 * 0,67 * 0,24 = 0,0723 \text{ m}^2$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 * 50,06}{2 * 0,0723} = 1,038 \text{ MPa} < 2,24 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení průhybu:



Obrázek 59 – Průhyb průvlaku

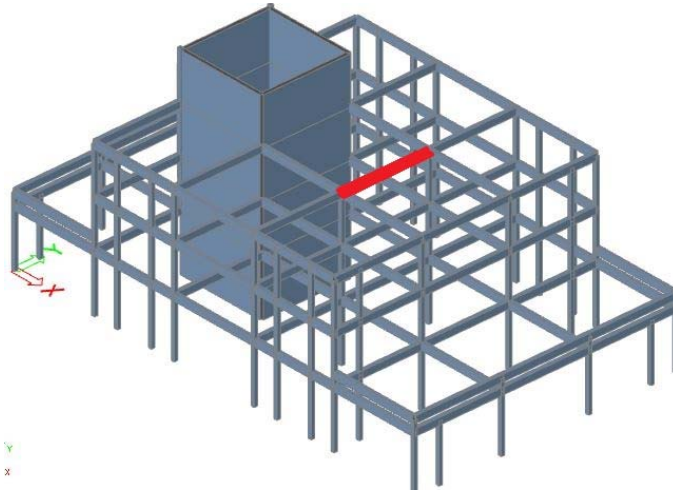
$$\text{Maximální průhyb dle SCIA: } w = 13,7 - \frac{0,3+3,7}{2} = 11,7 \text{ mm}$$

$$\text{Limitní průhyb } w_{lim} = \frac{1}{300} = \frac{6250}{300} = 20,83 \text{ mm}$$

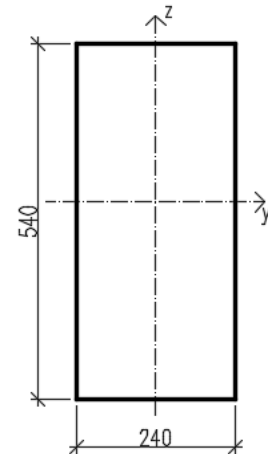
→VYHOVUJE

4.9.2 Průvlak pole zatíženého užitným zatížením 5 kN/m²

Je navržen průvlak z lepeného lamelového dřeva GL24h o rozměrech 540 x 240 mm. Průvlak bude posouzen na kombinaci tahu a ohybového momentu. Dále bude proveden posudek na smyk a průhyb. Průvlak je zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě pomocí OSB desek umístěných na průvlaku.



Obrázek 60 – Pozice průvlaku



Obrázek 61 – Průřez průvlaku

Posouzení kombinace ohybového momentu a osového tahu

Působící vnitřní síly:

$$M_{y,ed} = 161,16 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = 30,65 \text{ kN}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A}}{f_{t,0,d}} + \frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} h * b^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{30,65}{0,24 * 0,54} + \frac{161,16}{\frac{1}{6} * 0,24 * 0,54^2} + 0,7 * 0 \leq 1$$

$$0,022 + 0,899 + 0 = 0,921 < 1$$

→VYHOVUJE



$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A}}{f_{t,0,d}} + k_m * \frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6}b * h^2}}{f_{m,y,d}} + \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6}h * b^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{30,65}{0,24 * 0,54} + 0,7 * \frac{161,16}{\frac{1}{6} * 0,24 * 0,54^2} + 0 \leq 1$$

$$0,022 + 0,629 + 0 = 0,651 < 1$$

→VYHOVUJE

Posouzení napětí ve smyku

Působící vnitřní síly:

$$V_{z,ed} = 93,03 \text{ kN}$$

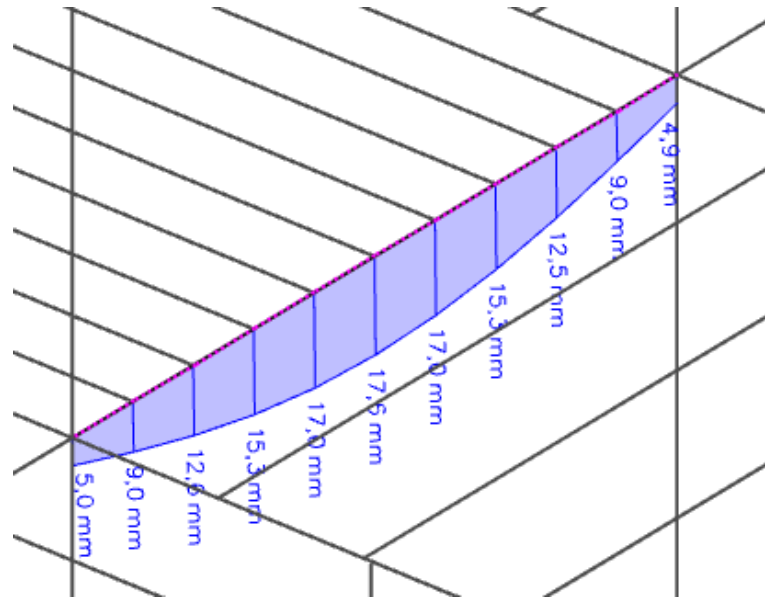
$$\tau_{v,d} = \frac{3 * V_{z,Ed}}{2 * A_{eff}} \leq f_{v,d}$$

$$A_{eff} = h * b_{eff} = h * k_{cr} * b = 0,54 * 0,67 * 0,24 = 0,0868 \text{ m}^2$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 * 93,03}{2 * 0,0868} = 1,607 \text{ MPa} < 2,24 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení průhybu:



Obrázek 62 – Průhyb průvlaku

Maximální průhyb dle SCIA: $w = 17,0 - 4,95 = 12,05 \text{ mm}$

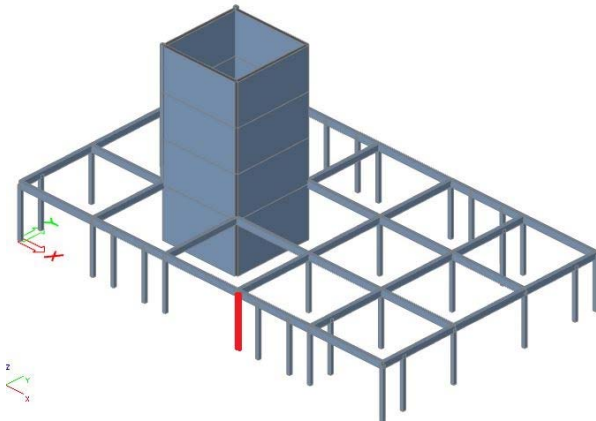
Limitní průhyb $w_{\text{lim}} = \frac{1}{300} = \frac{6250}{300} = 20,83 \text{ mm}$

→ VYHOVUJE

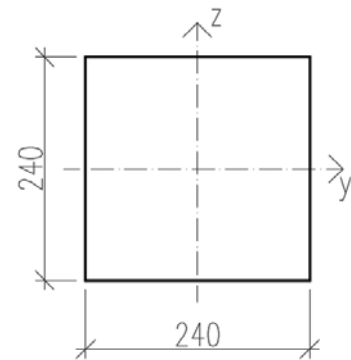
4.10 Sloupy

4.10.1 Sloup v obvodové stěně

Posouzení nejvíce zatíženého sloupu v obvodové stěně. Sloup je z lepeného lamelového dřeva GL24h čtvercového průřezu 240 x 240 mm. Sloup je zatížen normálovou silou a ohybovým momentem ve směru z. Bude posuzován na kombinaci vzpěrného tlaku a ohybového momentu.



Obrázek 63 – Pozice sloupu



Obrázek 64 – Průřez sloupu

Působící vnitřní síly:

$$N_{ed} = 383,73 \text{ kN}$$

$$M_{z,ed} = 7,49 \text{ kNm}$$

Průřezové charakteristiky:

$$l = 4,000 \text{ m}$$

$$A = 0,0576 \text{ m}^2$$

$$I_y = I_z = 2,765 * 10^{-4}$$

$$i_y = i_z = 69 \text{ mm}$$

Uložení sloupu je uvažováno jako kloubové v obou směrech na obou stranách sloupu, součinitel vzpěrné délky $\beta = 1,0$.

$$l_{cr} = \beta * l = 1 * 4,000 = 4,000 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{l_{cr}}{i_y} = \frac{4,000}{0,069} = 57,971$$

$$\sigma_{crit,y} = \sigma_{crit,z} = \pi^2 * \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \pi^2 * \frac{9667}{57,971^2} = 28,390 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{rel,y} = \sigma_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{crit,y}}} = \sqrt{\frac{24}{28,390}} = 0,919$$



$$k_y = k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

$$k_y = k_z = 0,5 * (1 + 0,1 * (0,919 - 0,3) + 0,919^2) = 0,953$$

$$k_{c,y} = k_{c,z} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{y,rel}^2}} = \frac{1}{0,953 + \sqrt{0,953^2 - 0,919^2}} = 0,829$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Hodnota $k_m = 0,7$ pro obdélníkové průřezy z lepeného lamelového dřeva

$$\frac{\frac{383,73}{0,0576}}{0,829 * 15,36} + 0 + 0,7 * \frac{\frac{7,49}{\frac{1}{6} * 0,24 * 0,24^2}}{15,36} \leq 1$$

$$0,523 + 0 + 0,211 = 0,734 < 1$$

→VYHOVUJE

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{A}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + k_m * \frac{\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2}}{f_{m,y,d}} + \frac{\frac{M_{z,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

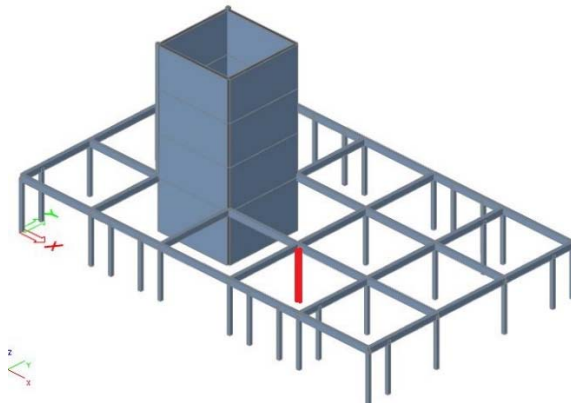
$$\frac{\frac{383,73}{0,0576}}{0,829 * 15,36} + 0,7 * 0 + \frac{\frac{7,49}{\frac{1}{6} * 0,24 * 0,24^2}}{15,36} \leq 1$$

$$0,523 + 0 + 0,301 = 0,824 < 1$$

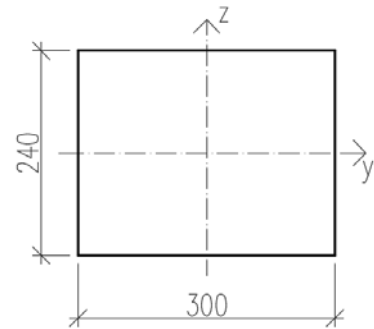
→VYHOVUJE

4.10.2 Vnitřní sloup

Posouzení nejvíce zatíženého sloupu. Sloup je z lepeného lamelového dřeva GL24h obdélníkového průřezu 240 x 320 mm. Sloup je zatížen pouze normálovou silou, bude posuzován na vzpěrný tlak.



Obrázek 65 – Pozice sloupu



Obrázek 66 – Průřez sloupu

Působící vnitřní síly:

$$N_{ed} = - 899,40 \text{ kN}$$

Průřezové charakteristiky:

$$l = 4,000 \text{ m}$$

$$A = 0,0768 \text{ m}^2$$

$$I_y = 3,686 * 10^{-4}$$

$$I_z = 6,554 * 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$i_y = 69 \text{ mm}$$

$$i_z = 92 \text{ mm}$$

Uložení sloupu je uvažováno jako kloubové na obou stranách, součinitel vzpěrné délky $\beta = 1,0$.

$$l_{cr} = \beta * l = 1 * 4,000 = 4,000 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr}}{i_y} = \frac{4,000}{0,069} = 57,971$$



$$\lambda_z = \frac{l_{cr}}{i_z} = \frac{4,000}{0,092} = 43,478$$

$$\sigma_{crit,y} = \pi^2 * \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \pi^2 * \frac{9667}{57,971^2} = 28,390 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{crit,z} = \pi^2 * \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \pi^2 * \frac{9667}{43,478^2} = 50,472 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{crit,y}}} = \sqrt{\frac{24}{28,390}} = 0,919$$

$$\sigma_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{crit,z}}} = \sqrt{\frac{24}{50,472}} = 0,690$$

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

$$k_y = 0,5 * (1 + 0,1 * (0,919 - 0,3) + 0,919^2) = 0,953$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

$$k_z = 0,5 * (1 + 0,1 * (0,690 - 0,3) + 0,690^2) = 0,757$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{y,rel}^2}} = \frac{1}{0,953 + \sqrt{0,953^2 - 0,919^2}} = 0,829$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{z,rel}^2}} = \frac{1}{0,757 + \sqrt{0,757^2 - 0,690^2}} = 0,936$$

$$\frac{N_{Ed}}{A} = \frac{899,40}{0,0768} = 11,710 \text{ MPa} \leq k_{c,y} * f_{c,0,d} \leq 0,829 * 15,36 < 12,73 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE



4.10.3 Vnitřní sloup při požáru

Vnitřní sloup není jako jediná dřevěná konstrukce v interiéru chráněna sádkartonovou konstrukcí před účinky požáru.

Výpočet únosnosti za požáru byl proveden v programu FIN EC 2018. Byla zvolena metoda redukovaného průřezu.

Reakce v patě sloupu byla vypočítána podle vztahu:

$$N_{fi,d} = \eta_{fi} * N_{ed},$$

kde N_{ed} je návrhová hodnota normálové síly v patě sloupu určená pro běžnou teplotu a η_{fi} je redukční součinitel pro určení návrhové úrovně při požární situaci a určí se ze vztahu:

$$\eta_{fi} = \frac{\gamma_{GA} * G_k + \psi_{2,1} * Q_{k,1}}{\gamma_G * G_k + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1}}$$

kde G_k je součet stálých zatížení, $Q_{k,1}$ dominantní nahodilé zatížení (v tomto případě užité zatížení), $\gamma_{G,A} = 1,0$ dílčí součinitel zatížení pro mimořádnou návrhovou situaci, $\gamma_G = 1,1$ dílčí součinitel stálého zatížení, $\gamma_{Q,1} = 1,4$ dílčí součinitel nahodilého zatížení. Součinitel kombinace $\psi_{1,2}$ dle následující tabulky:

Tabulka 18 – Doporučené hodnoty součinitelů kombinace

(zdroj: <http://web.cvut.cz/ki/710/pdf/cvicenibk2.pdf>)

Zatížení	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategorie užitných zatížení pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-1)			
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6

$$G_k = - 153,65 \text{ kN}$$

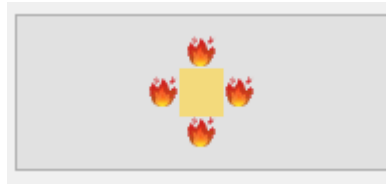
$$Q_{k,1} = - 418,08 \text{ kN}$$

$$\eta_{fi} = \frac{1 * 153,65 + 0,6 * 418,08}{1,1 * 153,65 + 1,4 * 418,08} = 0,591$$

$$N_{fi,d} = 0,591 * 899,40 = 531,545 \text{ kN}$$

Mezní doba požární odolnosti je v této části objektu 30 minut.

Sloup se nachází na volné ploše, všechny strany budou vystaveny účinkům požáru, průřez není chráněný.



Obrázek 67 – Znárodnění výběru v programu FIN EC 2018

Při výpočtu bylo počítáno se vzpěrem sloupu v obou směrech.

Výstup programu:

Hloubka zuhelnatění $d_{char,n} = 21,0$ mm

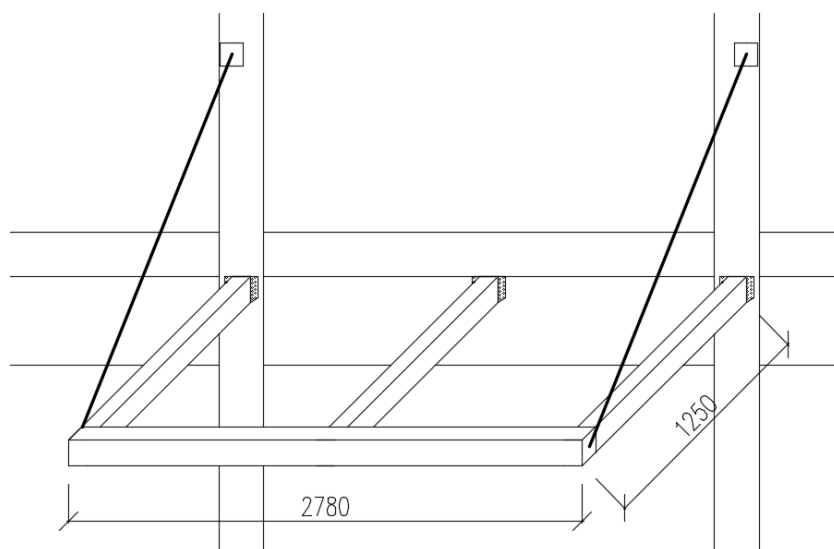
Únosnost $N_{R,t,fi} = 806,643$ kN

Působící síla $N_{ed} = 531,565$ kN

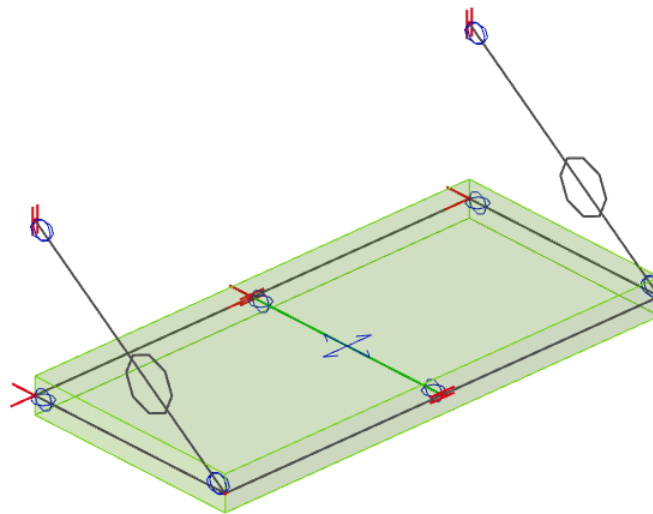
→VYHOVUJE

4.11 Balkony

Při modelování zatížení byly balkony zatíženy vlastní tíhou, tíhou obalové konstrukce balkonů ($0,45$ kN/m²), užitným zatížením (2 kN/m²), sněhem a zatížením sání větru, které bylo uvažováno o stejné velikosti, jako je hodnota sání větru na šikmé střeše v oblasti F při směru foukání větru kolmo na stěnu, na které jsou umístěny balkony.



Obrázek 68 – Nosná konstrukce balkonů



Obrázek 69 – Způsob vymodelování balkonu v modelu

4.11.1 Nosná konstrukce

Nosná konstrukce balkonů je tvořena dřevěným roštem, který bude zaklopen OSB deskou tloušťky 25 mm z obou stran. Rošt je z hranolů 100 x 140 mm z dřeva C24. Ukotvení balkonu ke sloupu v obvodové stěně je modelováno jako kloubové. Posouzení bylo provedeno pro trám o rozpětí 2,78 m, který je nejvíce zatíženým prvkem balkonu na ohyb. Ohybový moment působící na ostatní prvky je zanedbatelný, tlaková síla taktéž (6,47 kN).

Působící vnitřní síly:

$$M_{y,ed} = 2,97 \text{ kNm}$$

$$V_{z,ed} = 3,57 \text{ kN}$$

Posouzení napětí v ohybu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{M_{y,ed}}{\frac{1}{6} b * h^2} = \frac{2,97}{\frac{1}{6} * 0,1 * 0,14^2} = \frac{2,97}{14,77} = 0,615 < 1$$

→VYHOVUJE

Posouzení napětí ve smyku:

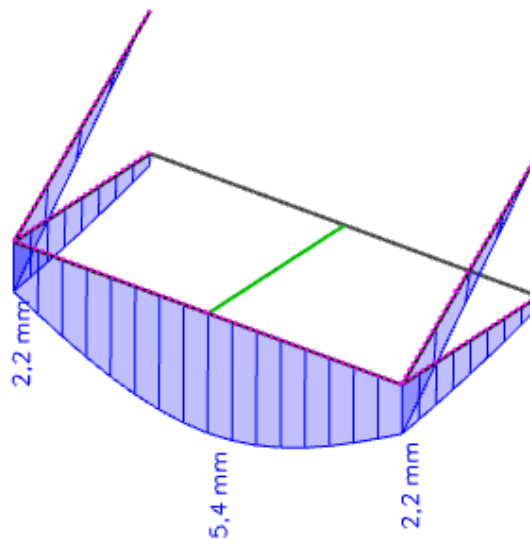
$$\tau_{z,v,d} = \frac{3 * V_{z,Ed}}{2 * A_{eff}} \leq f_{v,d}$$

$$A_{eff} = h * b_{eff} = h * k_{cr} * b = 0,14 * 0,67 * 0,10 = 0,00938 \text{ m}^2$$

$$\tau_{z,v,d} = \frac{3 * 3,57}{2 * 0,00938} = 0,570 \text{ MPa} < 2,46 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

Posouzení průhybu:



Obrázek 70 – Průhyb balkonů

Maximální průhyb dle SCIA: $w = 5,4 - 2,2 = 3,2 \text{ mm}$

$$\text{Limitní průhyb } w_{lim} = \frac{1}{300} = \frac{2780}{300} = 9,27 \text{ mm}$$

→VYHOVUJE

4.11.2 Ocelová táhla

Táhla jsou navržena jako pozinkovaná ocelová šestipramenná lana 6x37M-FC o průměru 6 mm. Pevnost použité oceli 1770 MPa.



Obrázek 71 – Průřez lana

zdroj: <http://www.lana-retezy.cz/sestipramen-222-vlakna>

Posouzení na tah

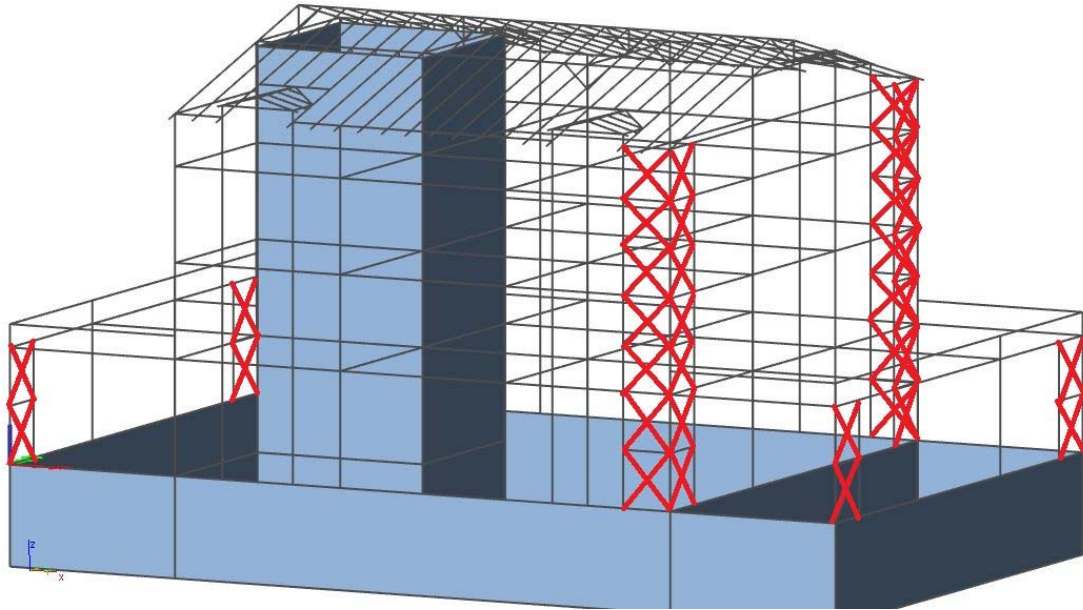
Tahová síla působící v táhlech $N_{ed} = 8,00$ kN

Únosnost lana udávaná výrobcem 18,7 kN

→VYHOVUJE

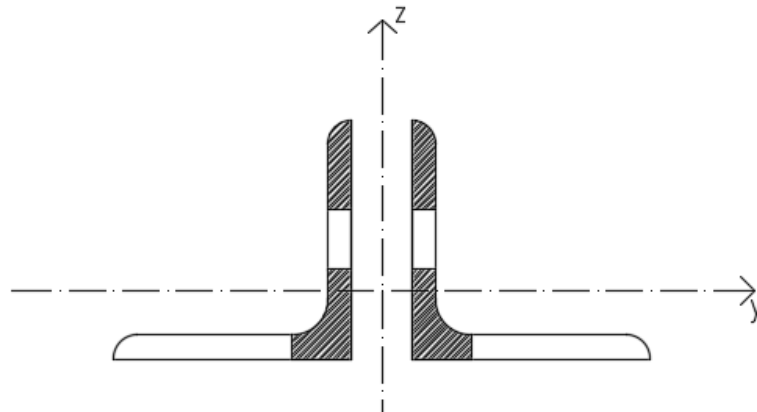
4.12 Ztužení

Objekt je ztužen pomocí železobetonového jádra a dvojice ocelových L úhelníků o rozměrech 60 x 60 x 4 mm umístěných v rozích objektu. Síly ve ztužidlech byly vypočítány na základě nelineárních kombinací zatížení. V modelu byl ve ztužidlech vyloučen tlak, je tedy uvažováno, že ztužidla ihned vybočí a jsou schopna přenášet pouze tahové síly. Pro ztužidla je navržena ocel S235.



Obrázek 72 – Umístění ztužidel

Je uvažováno, že tahovou sílu bude přenášet pouze část průřezu ztužidla, viz obrázek.



Obrázek 71 – Vyznačení části průřezu ztužidla, které přenáší tah

Maximální normálová síla ve ztužidlech $N_{ed} = 39,31$ kN.

Účinná plocha průřezu $A_{eff} = 296,478$ mm²

$$\sigma_t = \frac{N_{ed}}{A_{eff}} = \frac{39,31}{296,479} = 132,59 \text{ MPa} \leq f_y < 235 \text{ MPa}$$

→VYHOVUJE

5 Návrh a posouzení vybraných přípojí

5.1 Přípoj stropnice na průvlak

Je navržen přípoj pomocí třmenu od firmy Bova. Posouzení bylo provedeno podle katalogového listu výrobce. Posuzován byl nejvíce zatížený přípoj.

Navržený typ třmenu: BV/T 11-40

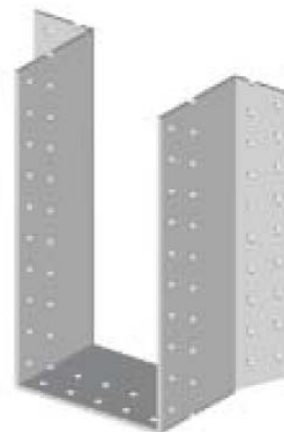
Tloušťka plechu třmenu je 3 mm, výška 180 mm

Šířka třmenu: 120 mm

Spojovací prostředky: hřebíky

Působící vnitřní síly: $V_{z,ed} = 18,95$ kN

Únosnost třmenu (dle podkladů výrobce):



Obrázek 72 – Třmen

zdroj: www.bova-nail.cz

ÚNOSNOSTI - HŘEBÍKY ($\phi 4,0 \times 60$ mm, $\phi 4,0 \times 70$ mm)

2) Stanovení únosnosti hřebíků podle počtu F_{HR}

výška B mm	počet HŘ ks	F_{UT} kN	F_{US} kN	F_{HR} kN
180	4	97,2	122,47	2,84
	6			4,26
	8			5,68
	10			7,10
	12			8,52
	14			9,94
	16			11,36
	18			12,78
	20			14,20
	22			15,62
	24			17,04
	26			18,46
	28			19,88
	30			21,30
32	22,72			

Obrázek 73 – Únosnost třmenu dle výrobce, zdroj: www.bova-nail.cz

Návrh 30 ks hřebíků $\phi 4,0$ mm, délka 60 mm



Dřevěný I profil bude konstrukčně kotven do třmenu pomocí 4 hřebíků $\varnothing 4,0$ mm délky 60 mm na každé straně třmenu.

Šířka I nosníku je 90 mm. Z každé strany se přiloží OSB tl. 15 mm jako ztužení stojiny v místě uložení dle podkladů výrobce. Celková šířka třmenu je 120 mm.

Posouzení plechu a hřebíků:

Únosnost plechu v tahu $F_{UT} = 97,2$ kN

Únosnost plechu ve smyku $F_{Us} = 122,47$ kN

Únosnost hřebíků při počtu 30 ks $F_{HR} = 21,30$ kN

Střihová únosnost hřebíků:

$V_{z,ed} = 18,95$ kN $\leq F_{HR} = 21,30$ kN

→VYHOVUJE

Smyková únosnost plechu:

$V_{z,ed} = 18,95$ kN $\leq F_{Us} = 122,47$ kN

→VYHOVUJE

Spoj není namáhán tahem.

Posouzení pásnice na otláčení:

Kontaktní plocha $A_{kon} = 0,12 \times 0,07 = 0,0084$ m²

Působící síla $V_{z,ed} = 18,95$ kN

$\sigma_{kon} = \frac{V_{z,ed}}{A_{kon}} = \frac{18,95}{0,0054} = 2,255$ MPa $\leq f_{c,90,ed} = 2,533$ MPa

→VYHOVUJE

5.2 Přípoj průvlaku na sloup

Je navržen dvojstřížný přípoj ocel – dřevo.

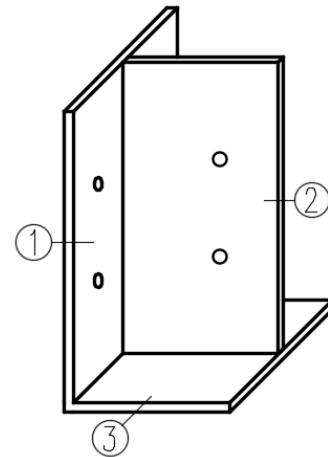
Ocelová deska ② je umístěna jako střední prvek, při výpočtu únosnosti svorníků nezávisí na její tloušťce. Deska ① je umístěna jako krajní prvek jednostrážného spoje.

Průměr svorníků $d = 20 \text{ mm}$

Tloušťka plechu $t_{p,1} = 16 \text{ mm}$

Tloušťka plechu $t_{p,2} = 12 \text{ mm}$

Tloušťka plechu $t_{p,3} = 16 \text{ mm}$



Obrázek 74 – Plech přípoje

Působící vnitřní síly:

$$V_{z,ed} = 50,06 \text{ kN}$$

$$N_{ed,1} = 21,66 \text{ kN}$$

$$N_{ed,2} = 38,66 \text{ kN}$$

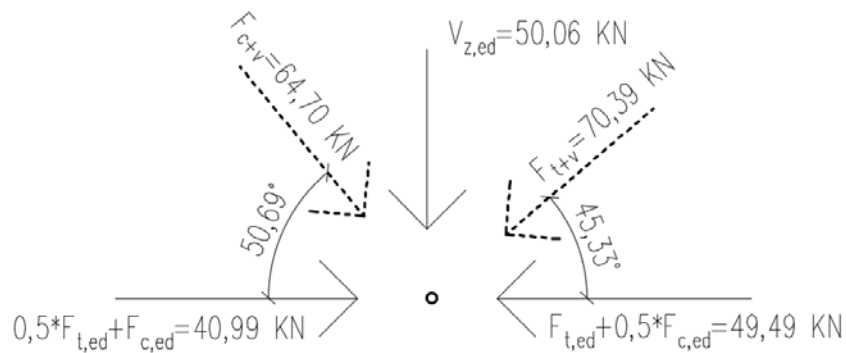
Návrh svorníků držících průvlak:

Je uvažováno, že veškerou sílu působící ve spoji přenáší svorníky.

Šířka krajního dřevěného prvku $t_1 = 112,5 \text{ mm}$

Charakteristická únosnost spoje musí být snížena, bude-li spoj vystaven střídavým vnitřním silám od dlouhodobých a střednědobých zatížení. Má se uvážit účinek dlouhodobých a střednědobých zatížení, střídavých mezi návrhovou tahovou silou a návrhovou tlakovou silou, na pevnost spoje tím, že se spoj navrhne na:

$$(F_{t,ed} + 0,5 * F_{c,ed}) \text{ a } (F_{c,ed} + 0,5 * F_{t,ed}).$$



Obrázek 75 – Výslednice působících sil

Charakteristická hodnota pevnosti v otláčení průvlaku:

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 410 = 26,896 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 2 = 1,65$$

$$f_{h,50,69,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{26,896}{1,65 * \sin^2(50,69^\circ) + \cos^2(50,69^\circ)}$$

$$f_{h,50,69,k} = 19,361 \text{ MPa}$$

$$f_{h,45,33,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{26,896}{1,65 * \sin^2(45,33^\circ) + \cos^2(45,33^\circ)}$$

$$f_{h,45,33,k} = 20,254 \text{ MPa}$$

Pro další výpočet bude uvažováno s hodnotou $f_{h,45,33,k}$, která sice představuje větší únosnost, než při působení síly v úhlu $50,69^\circ$, ovšem síla působící v tomto úhlu je menší.

Charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$$

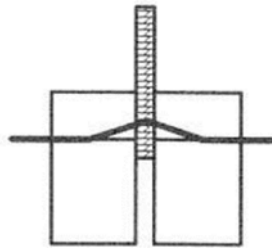
$$M_{y,Rk} = 0,3 * 600 * 20^{2,6} = 434460,7 \text{ Nmm}$$

Charakteristická únosnost 1 svorníku pro 1 stříh pro ocelovou desku libovolné tloušťky jako střední prvek dvojstřížného spoje:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ f_{h,1,k} * t_1 * d * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d * t_1^2}} - 1 + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right), 2,3 * \sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,1,k} * d + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 20,254 * 112,5 * 20 * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * 434460,7}{20,254 * 20 * 112,5^2}} - 1 + 0 \right), 2,3 * \sqrt{434460,7 * 20,254 * 20 + 0} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 45,571 \\ 64,446 \\ 30,512 \end{array} \right\} = 30,512 \text{ kN}$$



Obrázek 76 – Rozhodující způsob porušení

Zdroj: P. Kuklík, A. Kuklíková, Navrhování dřevěných konstrukcí příručka k ČSN EN 1995-1, 2010

Návrhová únosnost 1 svorníku pro 1 stříh:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{30,512}{1,3} = 18,776 \text{ kN}$$

Návrh dvojstřížných svorníků, 2 ks v řadě, 1 řada

Celková návrhová únosnost:

$$F_{v,Rd,c} = F_{v,Rd} * 2 * 2 * 1 = 18,776 * 2 * 2 * 1 = 75,106 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,c} = 75,106 \text{ kN} > N_{Ed} > 70,39 \text{ kN}$$

→VYHOVUJE

Posouzení kontaktního napětí v průvlaku

kontaktní plocha $A_{kon} = 0,20 \cdot (0,24 - 0,015) = 0,045 \text{ m}^2$

Svislá složka působící síly $V_{z,ed} = 50,06 \text{ kN}$

$$\sigma_{kon} = \frac{V_{z,ed}}{A_{kon}} = \frac{50,06}{0,045} = 1,11 \text{ MPa} \leq f_{c,90,ed} = 1,73 \text{ MPa}$$

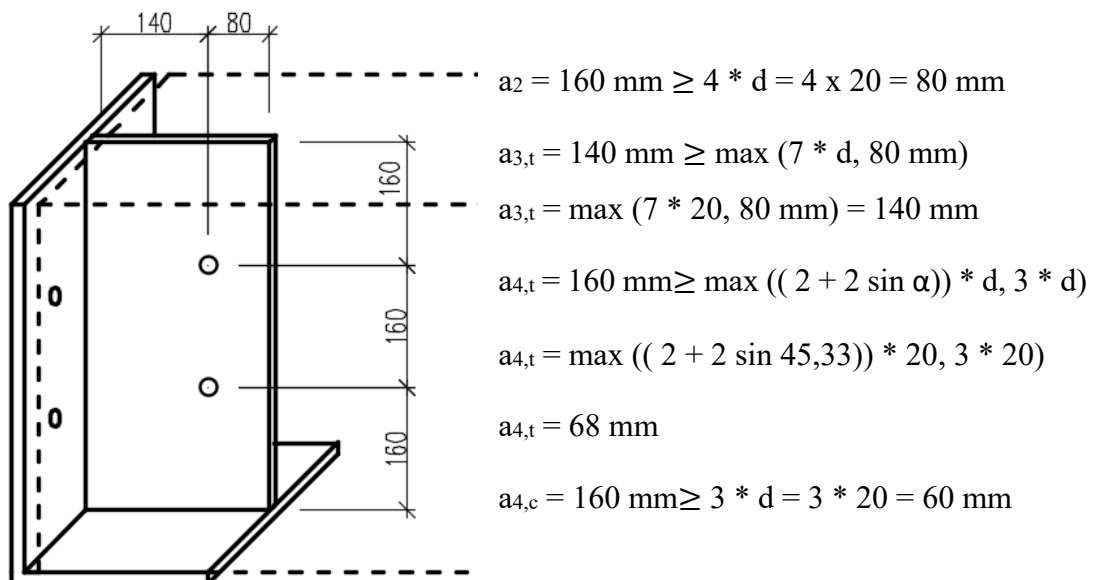
→ VYHOVUJE

Umístění svorníků v průvlaku:

Rozteče a vzdálenosti od konců/okrajů (viz obr. 8.7)	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
a_1 (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha) d$
a_2 (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4d$
$a_{3,t}$ (zatížený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d, 80 \text{ mm})$
$a_{3,c}$ (nezatížený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max[(1 + 6 \sin \alpha) d; 4d]$
$a_{4,t}$ (zatížený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$
$a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

Obrázek 77 – Minimální rozteče svorníků

Zdroj: P. Kuklík, A. Kuklíková, Navrhování dřevěných konstrukcí příručka k ČSN EN 1995-1, 2010



Obrázek 78 – Umístění svorníků

→ SPLŇUJE KONSTRUKČNÍ ZÁSADY



Návrh svorníků do sloupu:

Svorník bude posouzen na sílu, která působí příčně na svorník. Síla působí ve směru vláken sloupu.

Charakteristická hodnota pevnosti v otláčení průvlaku:

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 410 = 26,896 \text{ MPa}$$

Charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 * 600 * 20^{2,6} = 434460,7 \text{ Nmm}$$

Charakteristická únosnost 1 svorníku pro 1 stříh pro tenkou ocelovou desku jednotřížně namáhanou

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 1,15 * \sqrt{\frac{0,4 * f_{h,0,k} * t_1 * d}{2 * M_{y,Rk} * f_{h,0,k} * d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 1,15 * \sqrt{\frac{0,4 * 26,896 * 260 * 20}{2 * 434460,7 * 26,896 * 20} + 0} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{55,943}{24,862} \right\} = 24,862 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost 1 svorníku pro 1 stříh:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{24,862}{1,3} = 15,299 \text{ kN}$$

Návrh jednotřížných svorníků, 2 ks v řadě, 2 řady

Celková návrhová únosnost:

$$F_{v,Rd,c} = F_{v,Rd} * 1 * 2 * 2 = 15,299 * 1 * 2 * 2 = 61,198 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,c} = 61,198 \text{ kN} \geq V_{z,ed} > 50,06 \text{ kN}$$

→VYHOVUJE

Posouzení kontaktního napětí ve sloupu

Při působení vodorovné síly se může plech zatlačit do sloupu. Bude posouzeno, zda je kontaktní napětí menší než pevnost dřeva v tlaku kolmo na směr vláken.

kontaktní plocha $A_{kon} = 0,24 * 0,48 = 0,115 \text{ m}^2$

Vodorovná složka působící síly $F = 38,66 \text{ kN}$

$$\sigma_{kon} = \frac{F}{A_{kon}} = \frac{38,66}{0,115} = 0,336 \text{ MPa} \leq f_{c,90,ed} = 1,73 \text{ MPa}$$

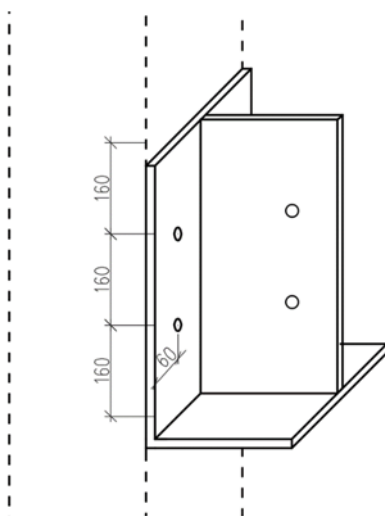
→ VYHOVUJE

Umístění svorníků v průvlaku:

Rozteče a vzdálenosti od konců/okrajů (viz obr. 8.7)	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
a_1 (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha) d$
a_2 (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4d$
$a_{3,t}$ (zatižený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d, 80 \text{ mm})$
$a_{3,c}$ (nezatižený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max[(1 + 6 \sin \alpha) d; 4d]$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max[(1 + 6 \sin \alpha) d; 4d]$
$a_{4,t}$ (zatižený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$
$a_{4,c}$ (nezatižený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

Obrázek 79 – Minimální rozteče svorníků

Zdroj: P. Kuklík, A. Kuklíková, *Navrhování dřevěných konstrukcí příručka k ČSN EN 1995-1, 2010*



$$a_1 = 160 \text{ mm} \geq (4 + \cos 0^\circ) * d$$

$$a_1 = (4 + 1) * 20 = 100 \text{ mm}$$

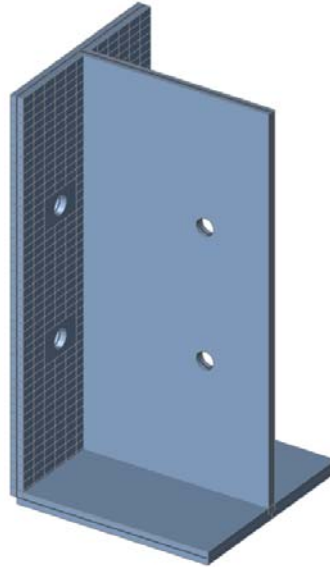
$$a_{4,c} = 140 \text{ mm} \geq 3 * d = 3 * 20 = 60 \text{ mm}$$

Obrázek 80 – Umístění svorníků

→ SPLŇUJE KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

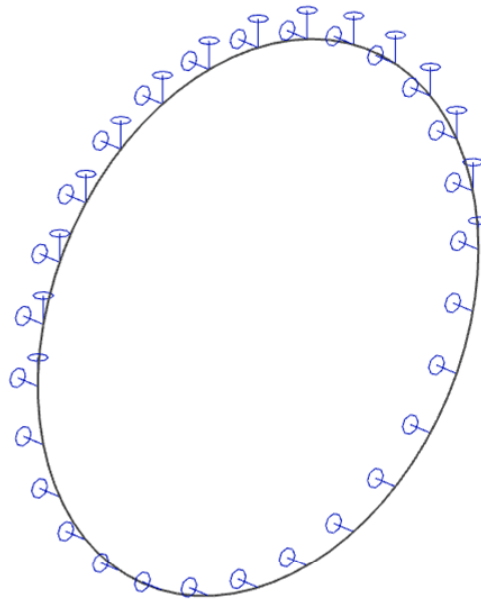
Model rozložení napětí v ocelové desce

Pro zjištění přesného rozložení napětí v přípoji byly ocelové plechy přípoje vymodelovány v programu SCIA Engineer.

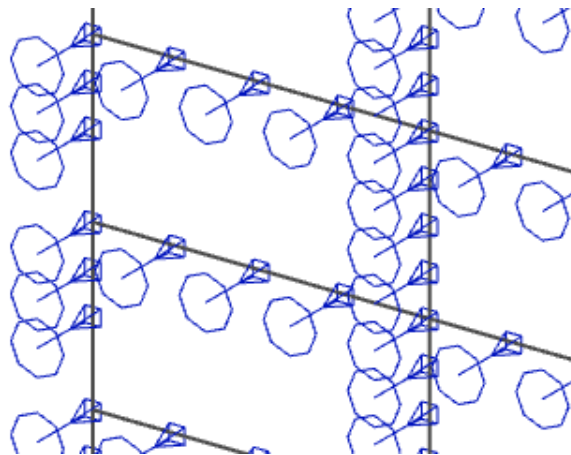


Obrázek 81 – Prostorový model plechu

Podpory plechů byly modelovány v otvorech plechu P16 pro svorníky, které kotví plech ke sloupu. Po celém obvodu otvorů pro svorníky byla vymodelována liniová podpora bránící posunu ve směru kolmo k rovině desky. V horní polovině otvoru je navíc liniová podpora zabraňující svislému posunu. Po celé ploše plechu P16 byla vymodelována plošná podpora bránící posunu kolmo k rovině desky. Podpora zabraňuje pouze posunu ve směru ke sloupu, simuluje tak nemožnost zatlačení plechu do dřevěného sloupu. Bylo počítáno s nelineárními kombinacemi zatížení. Pro výpočet byla vytvořena síť s velikostí dílku 0,01 m.



Obrázek 82 – Detail modelování otvorů s podporami

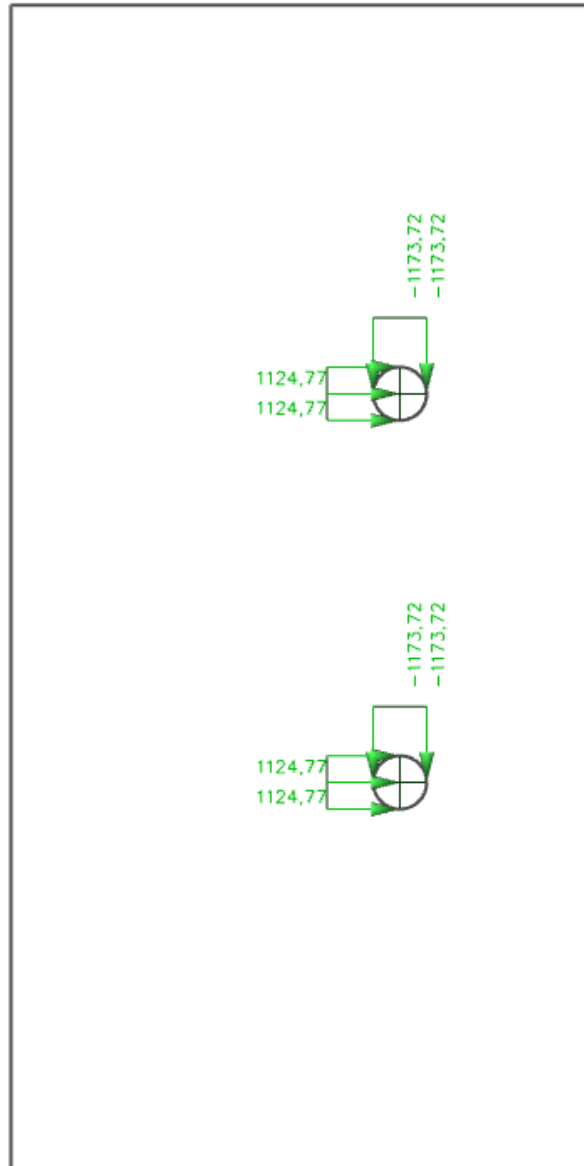


Obrázek 83 – Detail plošné podpory plechu

Zatížení bylo modelováno ve 3 zatěžovacích stavech:

a) veškeré zatížení přenáší svorníky

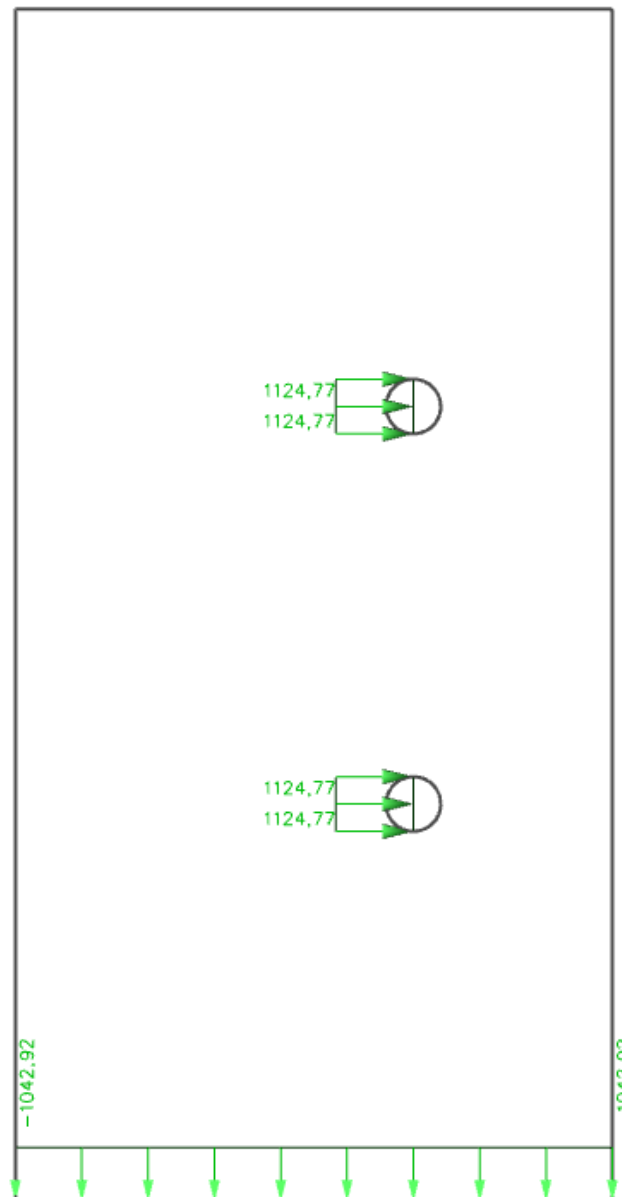
Tento zatěžovací stav je modelován pomocí liniového zatížení působícího na otvory v plechu P12. Působící posouvající a normálová síla jsou rozpočítány na délku otvorů, hodnota je v kN/m'.



Obrázek 84 – Působící zatížení na otvory

b) veškeré zatížení přenáší spodní plech

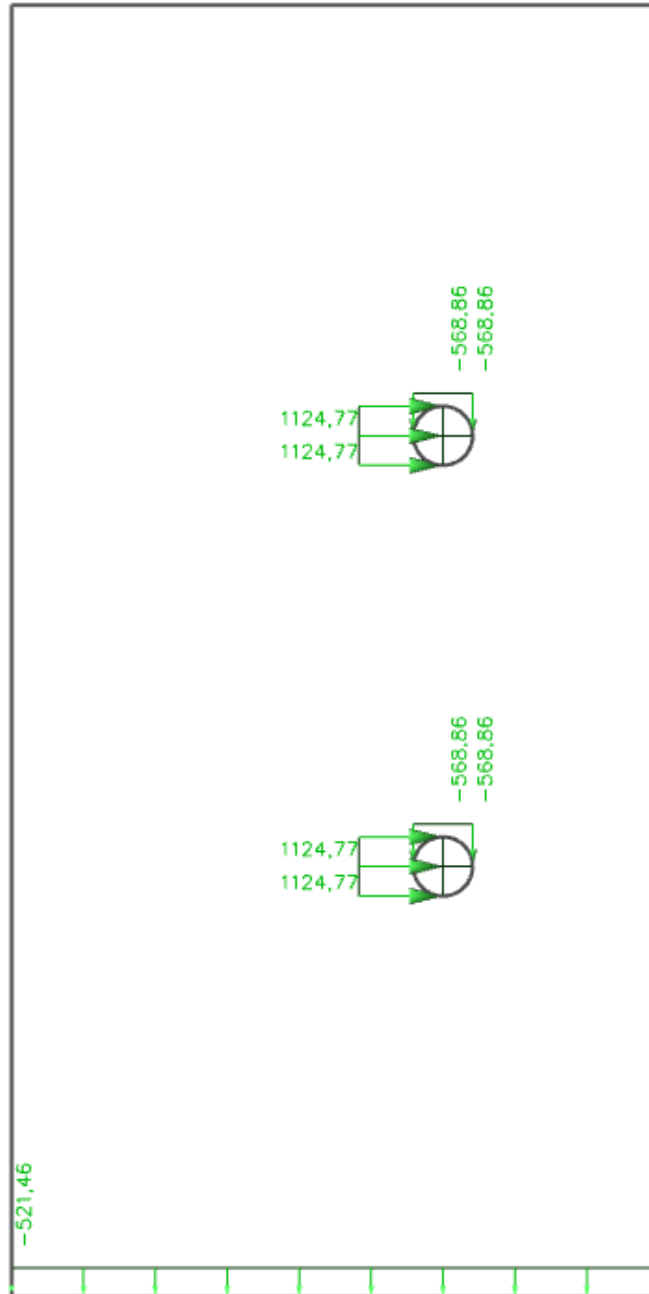
Tento zatěžovací stav je modelován pomocí liniového zatížení působícího na otvory v plechu P12 a plošného zatížení působícího na spodní plech. Na otvory plechu působí vodorovná síla, kterou budou vždy přenášet svorníky a na spodní plech svislá síla, která bude působit na plech v případě otláčení svorníků. Síla působící na spodní plech je přepočítána na plochu plechu v kN/m^2 .



Obrázek 85 – Působící zatížení na otvory a spodní plech

- c) 50 % zatížení přenáší spodní plech a 50 % svorníky

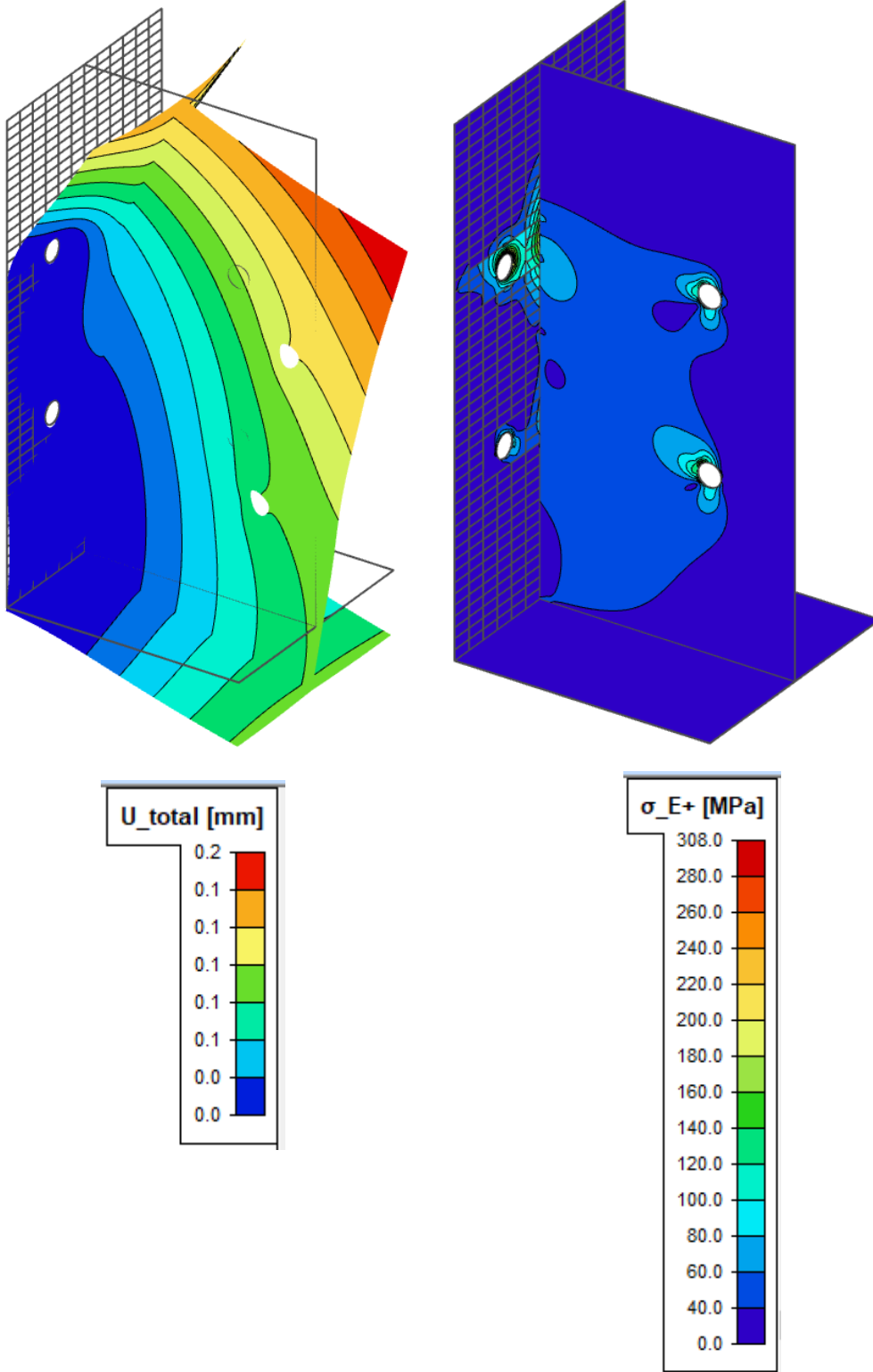
Tento zatěžovací stav představuje rozložení sil, které nejpravděpodobněji nastane po určité chvíli užívání.



Obrázek 86 – Působící zatížení na otvory a spodní plech

Deformace plechu a napětí v plechu

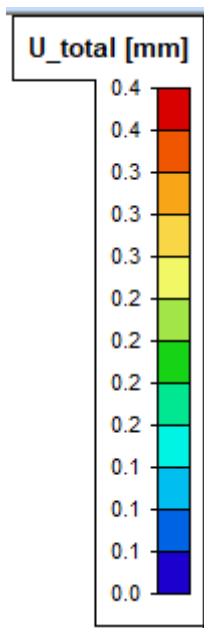
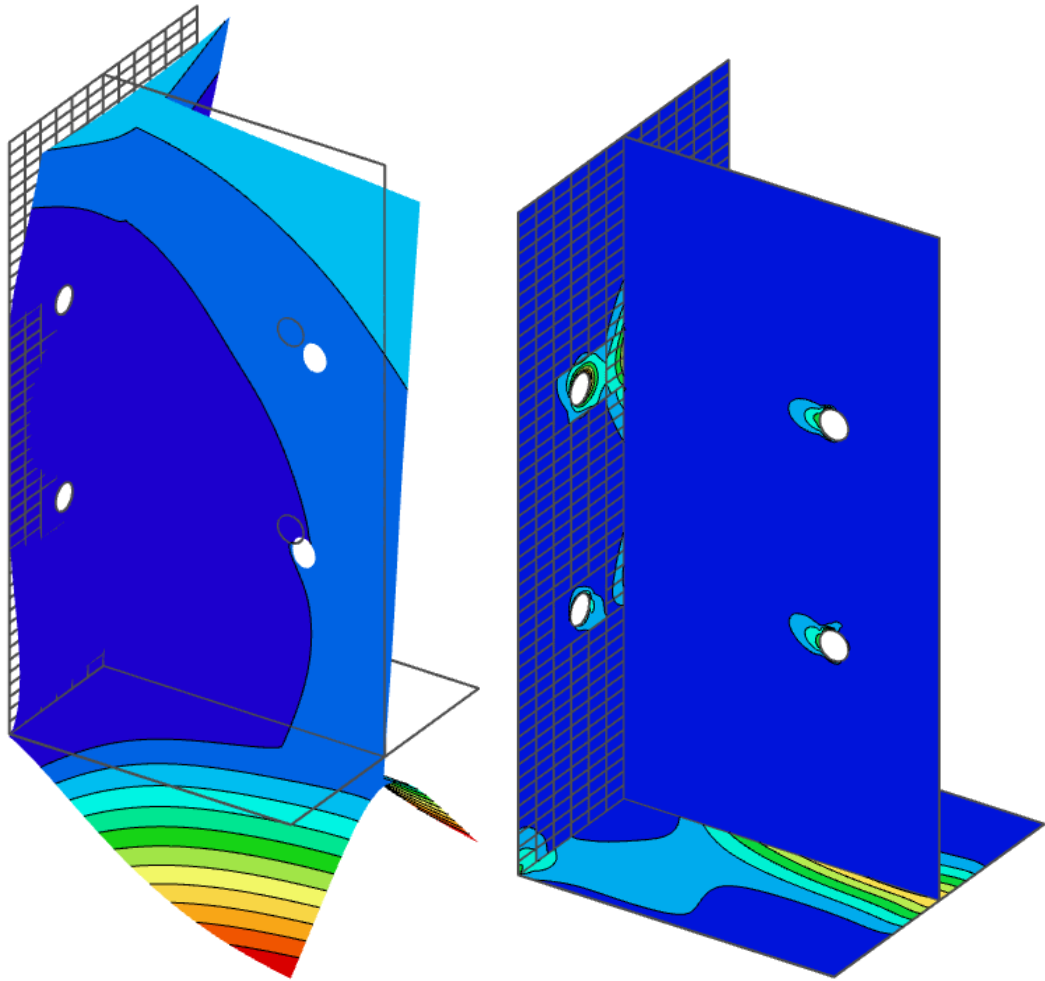
a) veškeré zatížení přenášejí svorníky



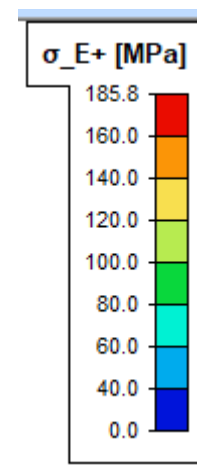
Obrázek 87 – Deformace plechu

Obrázek 88 – Napětí v plechu

b) veškeré zatížení přenáší spodní plech

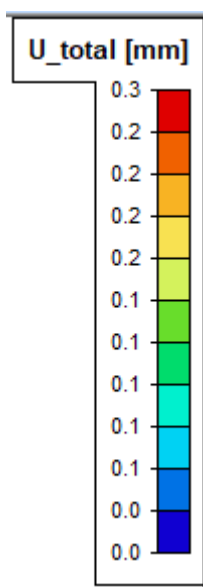
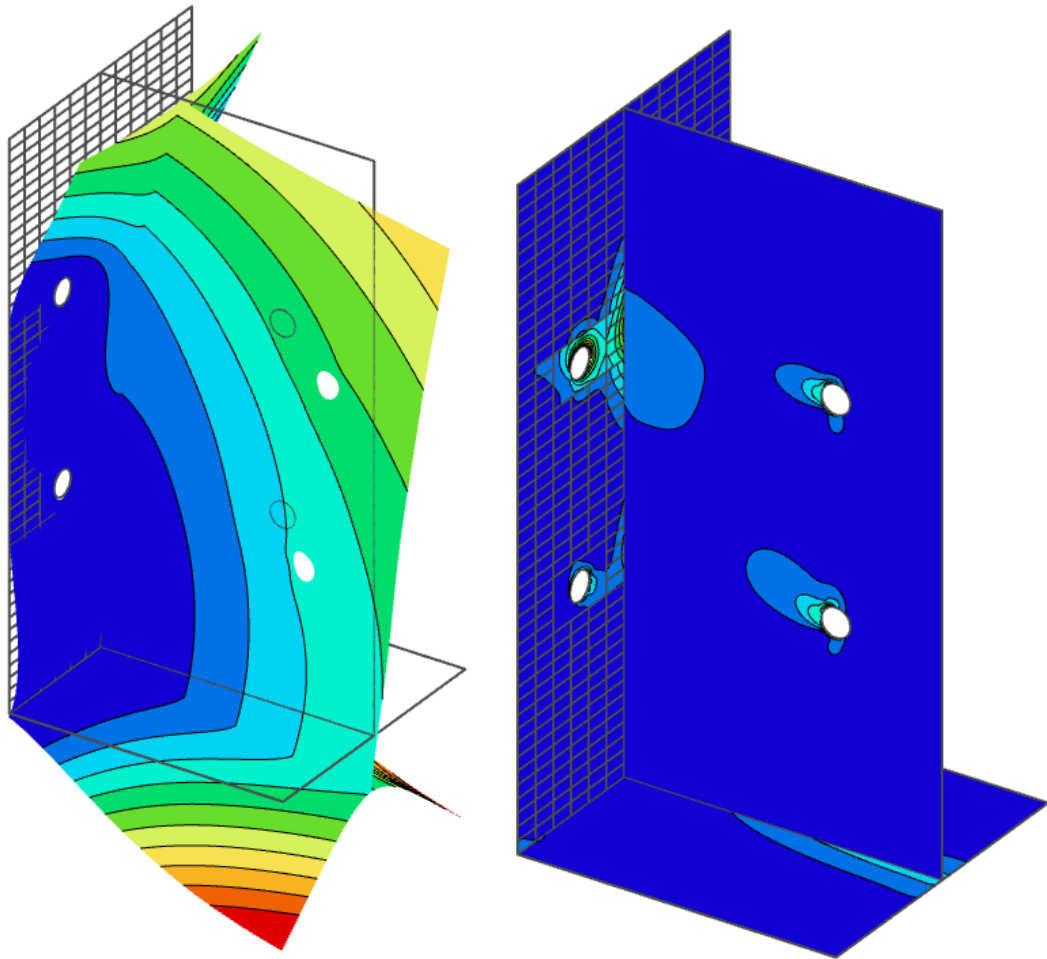


Obrázek 89 – Deformace plechu

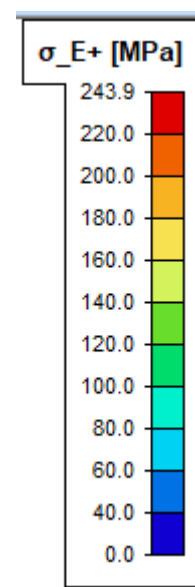


Obrázek 90 – Napětí v plechu

c) 50 % zatížení přenáší spodní plech a 50 % svorníky



Obrázek 91 – Deformace plechu



Obrázek 92 – Napětí v plechu

Porovnání napětí s ručním výpočtem:

Porovnání provedeno pro zatěžovací stav, kdy veškeré zatížení působí na spodní plech.

Působící vnitřní síla na plech $V_{z,ed} = 50,06$ kN

Působící plošné zatížení $g = 1042,95$ kN/m²

Maximální moment:

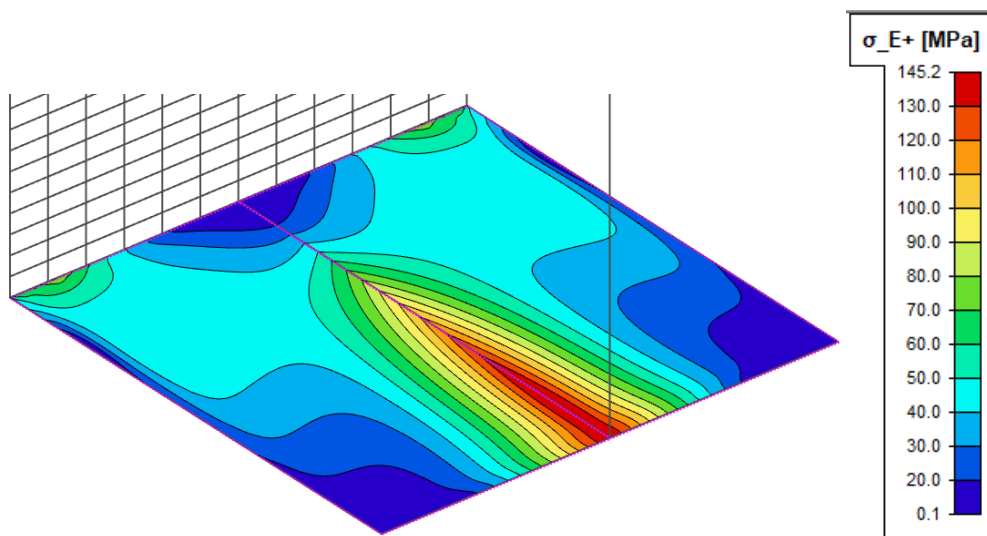
$$M_{\max} = \frac{1}{2} * g * l^2 = \frac{1}{2} * 1042,95 * 0,24 * 0,114^2 = 1,626 \text{ kNm}$$

Modul průřezu:

$$W_y = \frac{1}{6} * b * h^2 = \frac{1}{6} * 0,24 * 0,016^2 = 1,024 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Napětí v průřezu:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_y} = \frac{1,626}{1,024 * 10^{-5}} = 158,838 \text{ MPa}$$



Obrázek 93 – Napětí v plechu

Maximální napětí v plechu při ručním výpočtu je 158,838 MPa, při výpočtu v programu SCIA Engineer je 145,2 MPa. Při ručním výpočtu je napětí o 9 %.

V žádném místě plechů v žádné kombinaci zatížení nepřekročilo napětí od zatížení pevnost použité oceli – 355 MPa. Maximální napětí je při zatěžovacím stavu, kdy veškerou sílu přenáší svorníky – 308 MPa. Plech na únosnost vyhovuje.



5.3 Přípoj v patě sloupu

Jsou navrženy 3 varianty přípoje v patě sloupu typ ocel - dřevo.

První varianta je přípoj s 2 ocelovými deskami tloušťky 15 mm umístěnými jako střední prvky dvojstřížného spoje.

Druhá varianta je s ocelovými deskami tloušťky 15 mm umístěnými jako vnější prvky dvojstřížného spoje. Tyto desky jsou ve výpočtu uvažovány jako tenké, protože jejich šířka je menší než šířka spojovacích prostředků (20 mm).

Třetí varianta je s ocelovými deskami tloušťky 20 mm umístěnými jako vnější prvky dvojstřížného spoje. Tyto desky jsou ve výpočtu uvažovány jako tlusté, protože jejich šířka je stejná jako šířka spojovacích prostředků (20 mm).

Návrhová osová síla působící ve spoji $N_{ed} = 883,90$ kN

Průměr spojovacího prostředku – svorníku $d = 20$ mm

Charakteristická pevnost v otláčení ve dřevěném prvku:

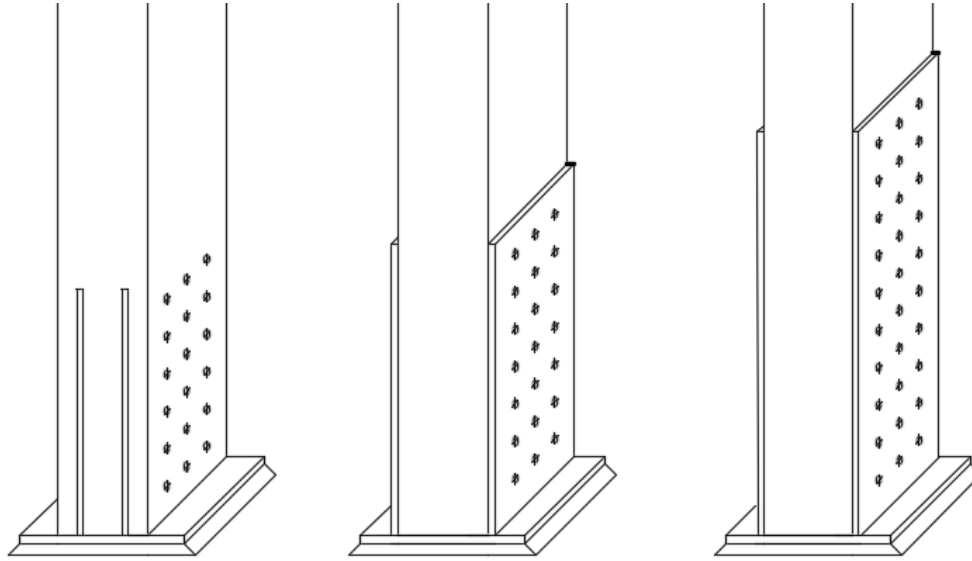
$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 410 = 26,896 \text{ MPa}$$

Charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 * 600 * 20^{2,6} = 434460,7 \text{ Nmm}$$



Obrázek 94 – Posuzované varianty přípoje

a) Pro ocelovou desku jako střední prvek dvojstřížného spoje:

Šířka plechu $t_p = 15 \text{ mm}$

Tloušťka krajního dřevěného prvku $t_1 = 52,5 \text{ mm}$

Charakteristická únosnost 1 svorníku pro 1 stříh:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} * t_1 * d \\ f_{h,1,k} * t_1 * d * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d * t_1^2}} - 1 + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right) \\ 2,3 * \sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,1,k} * d + \frac{F_{ax,Rk}^2}{4}} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 26,896 * 52,5 * 20 \\ 26,896 * 50 * 20 * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * 434460,7}{26,896 * 20 * 52,5^2}} - 1 + 0 \right) \\ 2,3 * \sqrt{434460,7 * 26,896 * 20 + 0} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 28,241 \\ 21,905 \\ 35,161 \end{array} \right\} = 21,905 \text{ kN}$$



Návrhová únosnost 1 svorníku pro 1 stříh:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{21,905}{1,3} = 13,48 \text{ kN}$$

Návrh čtyřstřížných svorníků, 3 ks v řadě, 6 řad

Celková návrhová únosnost:

$$F_{v,Rd,c} = F_{v,Rd} * 4 * 3 * 6 = 13,48 * 4 * 3 * 6 = 970,56 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,c} = 970,56 \text{ kN} > N_{Ed} > 883,90 \text{ kN}$$

→VYHOVUJE

b) Pro tlustou ocelovou desku jako vnější prvek dvojstřížného spoje:

Šířka plechu $t_p = 20 \text{ mm}$

Tloušťka středního dřevěného prvku $t_2 = 240 \text{ mm}$

Charakteristická únosnost 1 svorníku pro 1 stříh:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 2,3 * \sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,2,k} * d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 2,3 * \sqrt{434460,7 * 26,896 * 20} + 0 \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{64,550}{35,161} \right\} = 35,161 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost 1 svorníku pro 1 stříh:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{35,161}{1,3} = 21,64 \text{ kN}$$

Návrh dvojstřížných svorníků, 3 ks v řadě, 7 řad

Celková návrhová únosnost:

$$F_{v,Rd,c} = F_{v,Rd} * 2 * 3 * 7 = 21,64 * 2 * 3 * 7 = 908,88 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,c} = 908,88 \text{ kN} < N_{Ed} < 883,90 \text{ kN}$$

→VYHOVUJE



c) Pro tenkou ocelovou desku jako vnější prvek dvojstřížného spoje:

Šířka plechu $t_p = 15 \text{ mm}$

Tloušťka středního dřevěného prvku $t_2 = 240 \text{ mm}$

Charakteristická únosnost 1 svorníku pro 1 stříh:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 1,15 * \sqrt{\frac{0,5 * f_{h,2,k} * t_2 * d}{2 * M_{y,Rk} * f_{h,2,k} * d + \frac{F_{ax,Rk}}{4}}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ 1,15 * \sqrt{\frac{0,5 * 26,896 * 240 * 20}{2 * 434460,7 * 26,896 * 20 + 0}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{64,550}{24,862} \right\} = 24,862 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost 1 svorníku pro 1 stříh:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{24,862}{1,3} = 15,299 \text{ kN}$$

Návrh dvojstřížných svorníků, 3 ks v řadě, 10 řad

Celková návrhová únosnost:

$$F_{v,Rd,c} = F_{v,Rd} * 2 * 3 * 10 = 15,299 * 2 * 3 * 10 = 908,88 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,c} = 917,94 \text{ kN} < N_{Ed} < 883,90 \text{ kN}$$

→VYHOVUJE

V přípoji jsou navrženy svorníky i kolíky. V každé řadě jsou navrženy vždy 2 kolíky a 1 svorník. Minimální doporučené vzdálenosti jsou počítány pro kolíkové spoje.

Rozteče svorníků/kolíků:

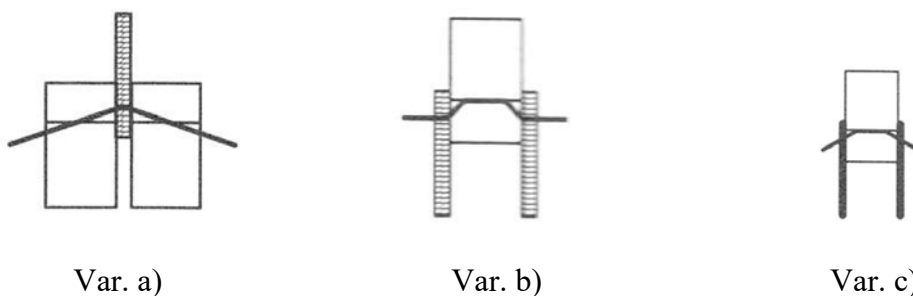
Rozteče a vzdálenosti od okrajů/konců (viz obr. 8.7)	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti od okrajů/konců
a_1 (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(3 + 2 \cos \alpha) d$
a_2 (kolmo na vlákna)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$
$a_{3,t}$ (zatížený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d; 80 \text{ mm})$
$a_{3,c}$ (nezatížený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max[(a_{3,t} \sin \alpha) d; 3d]$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$3d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max[(a_{3,t} \sin \alpha) d; 3d]$
$a_{4,t}$ (zatížený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$
$a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$

Obrázek 95 – Rozteče kolíků/svorníků

Zdroj: P. Kuklík, A. Kuklíková, *Navrhování dřevěných konstrukcí příručka k ČSN EN 1995-1, 2010*

Porovnání:

Rozhodující způsoby porušení spoje:

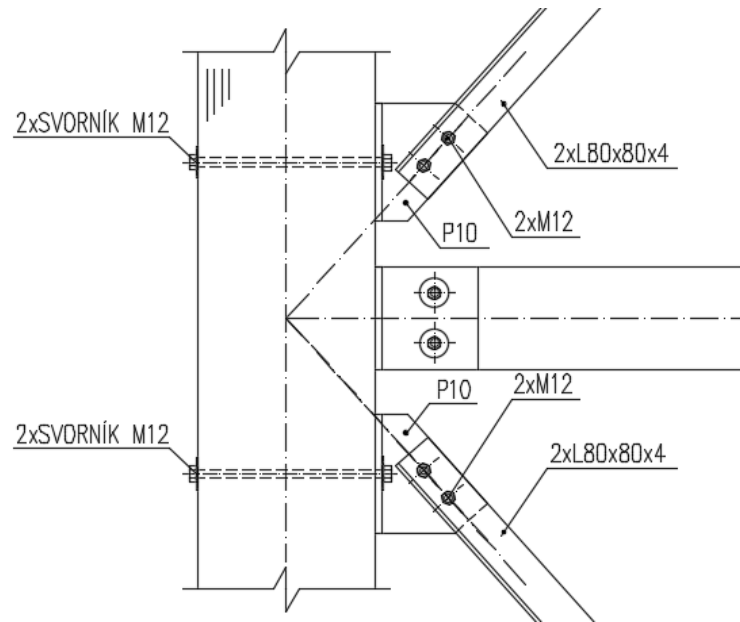


Obrázek 96 – Rozhodující způsoby porušení spoje

Zdroj: P. Kuklík, A. Kuklíková, *Navrhování dřevěných konstrukcí příručka k ČSN EN 1995-1, 2010*

Při stejné šířce plechů a průměru svorníků u variant a) a c) má při těchto rozměrech sloupu a plechů varianta a) větší únosnost než var. c) a pro přenesení návrhové síly je třeba 18 svorníků a celková výška svislých plechů při rozmístění svorníků v minimálních doporučených roztečích je 680 mm. Při použití varianty c) je třeba pro přenesení návrhové tlakové síly 30 svorníků a celková výška svislých plechů při rozmístění svorníků v minimálních doporučených roztečích je 1080 mm. Varianta b) je tvarově stejná jako varianta c), tloušťka plechu je rozdílná, místo 15 mm je 20 mm. Tento rozdíl v šířce plechu zapříčinil snížení potřebného počtu svorníků na 21 ks. Výška plechu při rozmístění svorníků v minimálních doporučených vzdálenostech je 780 mm. Nejefektivnější je tedy návrh spoje varianty a).

5.4 Přípoj ztužidla na sloup



Obrázek 97 – Přípoj ztužidla na sloup

Maximální normálová síla ve ztužidlech $N_{ed} = 39,31$ kN.

Návrh 2x šroub M12 4.6

Únosnost šroubu ve střihu $F_{v,rd,1} = 16,2$ kN – uvažováno, že smyková rovina prochází závitem

Únosnost šroubu v otláčení $F_{b,rd,1} = 66,5$ kN – pro tloušťku spojovaných prvků 10 mm a pevnostní třídu oceli S235

Posouzení únosnosti šroubů ve střihu

Počet střihů: 2

$$n * F_{v,rd} * 2 = 2 * 16,2 * 2 = 64,8 \text{ kN} \geq N_{ed} > 39,31 \text{ kN}$$

→VYHOVUJE

Posouzení únosnosti plechu v otláčení

Tloušťka plechu $t_p = 10$ mm

Tloušťka stěny 2 L profilů $t_l = 8$ mm ... rozhoduje otláčení L profilů

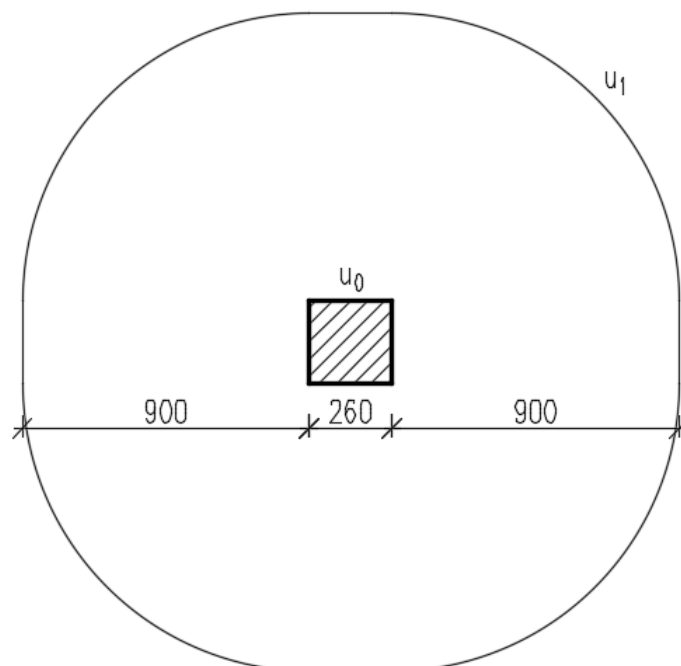
$$F_{b,rd} = n * t_L * F_{b,rd,1} = 2 * 0,8 * 66,5 = 106,4 \text{ kN} \geq N_{ed} > 39,31 \text{ kN}$$

→VYHOVUJE

6 Základové konstrukce

Jedná se o podsklepený objekt s 1 podzemním podlažím. Jako základová konstrukce je navržena základová deska. Suterénní stěny i deska jsou řešeny jako železobetonová bílá vana z betonu C30/37. Šířka stěn a desky je navržena 300 mm. Pod sloupy bude základová deska rozšířena na 500 mm. Základová spára se nachází 3 500 mm pod úrovní upraveného terénu. Hladina podzemní vody je uvažována pod úrovní základové spáry. Podzemní podlaží je temperováno, stěny jsou opatřeny tepelnou izolací šířky 100 mm.

Je ověřeno, že šířka základové desky 500 mm je dostačující z hlediska protlačení vnitřními sloupy. Protlačení bude kontrolováno ve 2 obvodech. Výztuž na protlačení není navržena. Dále bude ověřeno, že ve vzdálenosti 1,2 m od hrany sloupu je tloušťka desky 300 mm dostačující.



Obrázek 98 – Vyznačení kritických obvodů

Délka obvodu $u_0 = 1040$ mm

Délka obvodu $u_1 = 6694$ mm



Posouzení únosnosti tlačené diagonály v obvodu u_0

$$v_{ed,0} = \frac{\beta * V_{ed}}{u_0 * d} = \frac{1,15 * 1388,42}{1040 * 450} = 3,411 \text{ MPa}$$

$$v = 0,6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 * \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 * v * f_{cd} = 0,4 * 0,528 * 20 = 4,224 \text{ MPa}$$

$$v_{ed,0} \leq v_{Rd,max}$$

$$3,411 < 4,224 \text{ [MPa]}$$

→VYHOVUJE

Posouzení únosnosti v obvodu u_1

$$v_{ed,1} = \frac{\beta * V_{ed}}{u_1 * d} \leq k_{max} * C_{Rd,c} * k * \sqrt[3]{100 * \rho_1 * f_{ck}}$$

$$v_{ed,1} = \frac{1,15 * 1388,42}{6694 * 450} = 0,530 \text{ MPa}$$

$$k_{max} = 1,5$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,667$$

$$\rho_1 = 0,005$$

$$v_{ed,1} \leq 1,5 * 0,12 * 1,667 * \sqrt[3]{100 * 0,005 * 30} = 0,740 \text{ MPa}$$

$$0,530 < 0,740 \text{ [MPa]}$$

→VYHOVUJE

Posouzení únosnosti v místě zeslabení desky na 300 mm

Deska bude zeslabena 1,2 m od hrany sloupu.

Délka obvodu $u_2 = 8,579$ mm

$$v_{ed,2} \leq k_{max} * C_{Rd,c} * k * \sqrt[3]{100 * \rho_1 * f_{ck}}$$

$$v_{ed,2} = \frac{\beta * V_{ed}}{u_2 * d} = \frac{1,15 * 1388,42}{8579 * 250} = 0,744 \text{ MPa}$$



$$k_{\max} = 1,5$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{250}} = 1,894$$

$$\rho_1 = 0,005$$

$$v_{ed,1} \leq 1,5 * 0,12 * 1,894 * \sqrt[3]{100 * 0,005 * 30} = 0,840 \text{ MPa}$$

$$0,744 < 0,840 \text{ [MPa]}$$

→VYHOVUJE



7 Železobetonové konstrukce

7.1 Předběžný návrh sloupů

Normálová síla působící v patě $N_{ed} = 1388,42 \text{ kN}$

$$N_{Rd} = 0,8A_c f_{cd} + A_s \sigma_s \geq N_{Ed}$$

Návrh sloupu 0,26 x 0,26 m

Plocha betonu $A_c = 0,0676 \text{ m}^2$

Návrhová pevnost betonu $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

Stupeň vyztužení $\rho_s = 1,5\%$

Napětí ve výztuži $\sigma_s = 400 \text{ MPa}$

$$N_{Rd} = 0,8 * 0,0676 * 20 + 0,015 * 0,0676 * 400 = 1487,2 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 1487,2 \text{ kN} \geq N_{ed} > 1388,42 \text{ kN}$$

→VYHOVUJE

7.2 Předběžný návrh stropní konstrukce

V části objektu je stropní deska po obvodě podepřená stěnami a uvažována jako jednostranně pnutá, ve střední části objektu je lokálně podepřena sloupy a uvažována jako obousměrně pnutá.

Empirický výpočet tloušťky desky:

$$h = \frac{l}{30} \sim \frac{l}{25} = \frac{6250}{30} \sim \frac{6250}{25} = 208 \sim 250 \text{ mm}$$

$$h = \frac{lx + ly}{75} \sim \frac{lx + ly}{55} = \frac{6250 + 6250}{75} \sim \frac{6250 + 6250}{55} = 167 \sim 227 \text{ mm}$$

Návrh tloušťka 220 mm

7.3 Předběžný návrh schodiště

Schodiště je uloženo v železobetonovém jádru tvořeném železobetonovými stěnami tloušťky 200 mm. Je navrženo trojramenné schodiště.

Návrh tloušťky desky

$$h = \frac{l}{30} \sim \frac{l}{25} = \frac{4100}{30} \sim \frac{4100}{25} = 137 \sim 164 \text{ mm}$$

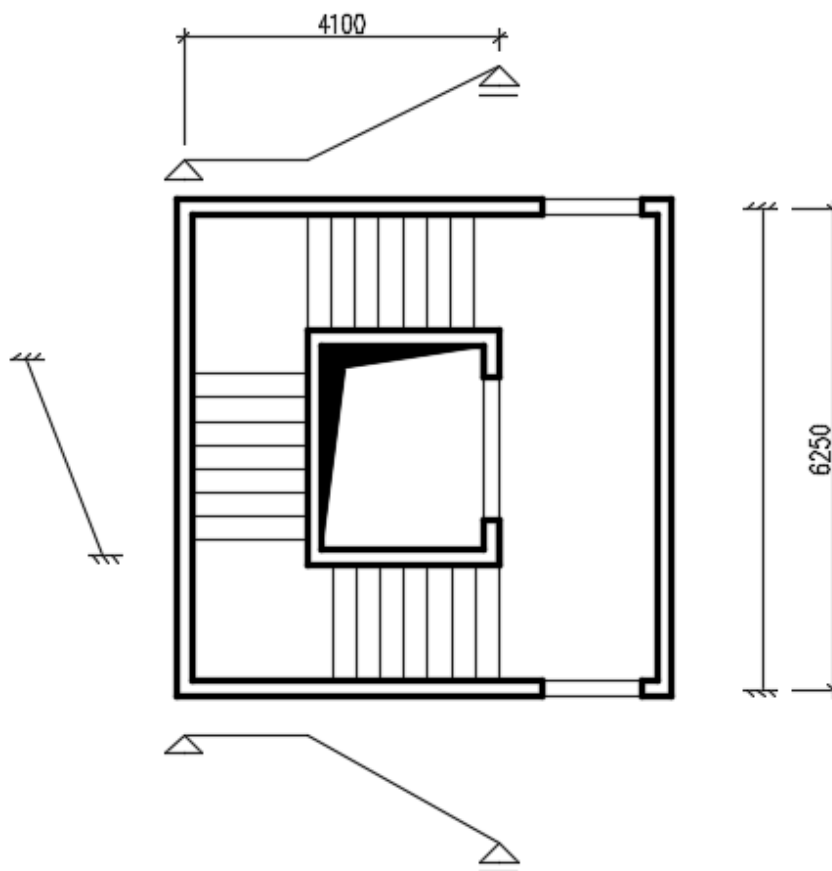
Návrh tloušťka 158 mm

Schodiště v 1. PP

Je navrženo trojramenné s celkovým počtem 21 stupňů o šířce 310 mm a výšce 160 mm.

Schodiště v 1. NP – 3. NP

Je navrženo trojramenné s celkovým počtem 24 stupňů o šířce 310 mm a výšce 160 mm.



Obrázek 99 – Schéma pnutí schodiště



8 Technická zpráva

a) Základové konstrukce

Objekt je založen na základové desce. Deska má tloušťku 300 mm, pod vnitřními sloupy se rozšiřuje na 500 mm. Deska je navržena bez výztuže na protlačení a výpočtem bylo prokázáno, že tloušťka desky je dostačující. Pod základovou deskou bude zhotoven podkladní beton o šířce 100 mm. Materiál desky je železobeton C30/37. Hladina podzemní vody je uvažována pod úrovní základové spáry.

b) Spodní stavba

Spodní stavba je řešena jako bílá základová vana. Obvodové stěny mají šířku 300 mm. Opatření proti radonu není navrženo, pozemek je bez radonového rizika. Při provádění bílé vany musí být zaručena vodotěsnost betonové konstrukce. Obvodové stěny jsou opatřeny extrudovaným polystyrenem tloušťky 100 mm. Vnitřní svíslé nosné konstrukce v podzemním podlaží jsou železobetonové tloušťky 150 mm, vnitřní sloupy jsou železobetonové průřezu 260 x 260 mm. Materiál všech železobetonových konstrukcí je beton C30/37.

c) Svislé nosné konstrukce

Konstrukční systém nadzemní části objektu je řešen jako těžký skelet. Svislé nosné konstrukce nadzemních podlaží jsou dřevěné sloupy z lepeného lamelového dřeva GL 24h umístěné v rastru 6,25 x 6,25 m. Sloupy umístěné v obvodové stěně jsou čtvercového průřezu o rozměrech 240 x 240 mm, vnitřní sloupy jsou obdélníkové o průřezu 300 x 240 mm. Sloupy jsou řešeny jako souvislé, probíhající přes všechna podlaží.

d) Stropní konstrukce

Stropní konstrukce nad podzemním podlažím je navržena jako železobetonová deska o tloušťce 220 mm z betonu C30/37. Stropní konstrukce nad nadzemními podlažními je navržena z dřevěných průvlaků obdélníkového průřezu o rozměrech 240 x 480 mm, dřevo GL 24h. Průvlaky držící stropnice v místě chodby jsou z důvodu



většího užitečného zatížení chodeb o rozměrech 240 x 540 mm, dřevo GL24h. Mezi průvlaky jsou dřevěné stropnice I průřezu výšky 450 mm. Jedná se o I nosníky výrobce Steico joist se stojinou z dřevovláknité desky a s pásnicemi z LVL dřeva. Osová vzdálenost I nosníků jsou 1250 mm a v místě chodby 650 mm. Záklop tvoří OSB desky tloušťky 25 mm.

e) Střešní konstrukce

Střešní konstrukce nad 1. NP je plochá střecha se stejnými nosnými prvky jako stropy, tzn. dřevěné průvlaky průřezu 240x480 mm a dřevěné I nosníky výšky 450 mm v osově vzdálenosti 1250 mm.

Střešní konstrukce nad 4. NP je tvořena valbovým krovem. Krokve jsou navrženy dřevěné I nosníky výšky 300 mm se stojinou z dřevovláknité desky a pásnicemi z LVL dřeva. Krokve jsou podepřeny pozednicí, která má stejný průřez jako průvlaky (240 x 480 mm), středovou vaznicí o průřezu 360 x 200 mm a vrcholovou vaznicí o průřezu 240 x 160 mm. Vaznice jsou z lepeného lamelového dřeva GL 24h. Plné vazby jsou doplněny kleštinami tvořenými dvojicí průřezů 160 x 80 mm a pásky o průřezu 140 x 120 mm. Kleštiny i pásky jsou z rostlého dřeva C24. Krokve jsou zajištěny proti klopení latěmi a kontralatěmi a táhly.

f) Balkony

Balkony jsou řešeny jako zavěšené pomocí ocelového pozinkovaného lana o průměru 6 mm. Nosnou konstrukci balkonů tvoří dřevěný rošt zaklopený pomocí OSB desky tloušťky 25 mm z obou stran balkonu. Rošt je z hranolů 100 x 140 mm z dřeva C24.

g) Ztužení objektu

Jako ztužení objektu slouží železobetonové jádro. Stěny jádra jsou z betonu C30/37 šířky 200 mm. Dále jsou v rozích objektu navrženy ocelové L úhelníky průřezu 40 x 40 x 4 mm. Úhelníky budou kotveny ke sloupům a provedeny křížem.



h) Schodiště

Schodiště je navrženo železobetonové monolitické s šířkou ramene 1500 mm. Povrchová úprava je keramická protiskluzová dlažba. Jako ochrana proti kročejovému zvuku jsou použity výrobky Shock Tronsole, konkrétně u napojení ramene na podestu, v místě kotvení mezipodesty do stěny a podél ramen pro zamezení přenosu hluku do stěn.

Schodiště v 1. PP

Je navrženo trojramenné s celkovým počtem 21 stupňů o šířce 310 mm a výšce 160 mm.

Schodiště v 1. NP – 3. NP

Je navrženo trojramenné s celkovým počtem 24 stupňů o šířce 310 mm a výšce 160 mm.



9 Závěr

Předmětem diplomové práce byl statický výpočet hlavních nosných prvků a vybraných přípojů novostavby dřevěného hotelu. Jednalo se o objekt se 4 nadzemními a 1 podzemním podlažím.

Byl zvolen konstrukční systém těžký dřevěný skelet. Střechy byly navrženy jako plochá nad 1. NP a šikmá nad 4. NP.

Výpočtem bylo dokázáno, že navrhované konstrukce vyhovují z hlediska mezního stavu únosnosti i použitelnosti.

Statický model byl vytvořen ve studentské verzi programu SCIA Engineer 2017, výkresy byly zpracovány ve studentské verzi programu AutoCAD 2017.

Všechny výpočty a výkresy byly zpracovány v souladu s normovými požadavky.



POUŽITÁ LITERATURA A PODKLADY

Normy a vyhlášky:

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. ČNI, březen 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. ČNI, březen 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem. ČNI, červen 2005
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem. ČNI, duben 2007
- [5] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČNI, červenec 2011.
- [6] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČNI, červenec 2006.
- [7] ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČNI, červenec 2011.
- [8] ČSN EN 1995-1-2 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-2: Obecná pravidla a navrhování dřevěných konstrukcí na účinky požáru. ČNI, červenec 2006.

Literatura:

- [9] P. Kuklík, A. Kuklíková, K. Mikeš, Dřevěné konstrukce cvičení, 2008
- [10] P. Kuklík, A. Kuklíková, Navrhování dřevěných konstrukcí příručka k ČSN EN 1995-1, 2010
- [11] L. Jelínek, P. Červený, Tesařské konstrukce, 2009

Webové adresy:

- [12] www.mta.cz
- [13] www.steico.com/cz/
- [14] www.dek.cz



- [15] www.dekwood.cz
- [16] www.ferona.cz
- [17] www.bova-nail.cz
- [18] www.holz.cz
- [19] http://fast10.vsb.cz/sera/Zatizeni%20snehem_teorie.pdf
- [20] www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/pdf/BL05/zatizeni%20vetrem.pdf
- [21] www.bramac.cz
- [22] www.fermacell.cz
- [23] www.isover.cz
- [24] www.rigips.cz
- [25] <http://web.cvut.cz/ki/710/pdf/cvicenibk2.pdf>
- [26] <http://www.lana-retezy.cz/sestipramen-222-vlakna>

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 – Ukázka prostorového modelu</i>	11
<i>Obrázek 2 – Skladba střechy nad 1. NP</i>	16
<i>Obrázek 3 – Skladba střechy nad 4. NP</i>	17
<i>Obrázek 4 – Skladba podlahy</i>	18
<i>Obrázek 5 – Skladba atiky</i>	19
<i>Obrázek 6 – Skladba obvodové stěny</i>	20
<i>Obrázek 7 – Skladba příček</i>	22
<i>Obrázek 8 – Schéma působení zatížení při zatěžovacím stavu navátý sníh</i>	23
<i>Obrázek 9 – Způsob výpočtu zatížení sněhem u atiky</i>	24
<i>Obrázek 10 – Graf pro zjištění součinitele expozice pro výšku 15,6 m</i>	25
<i>Obrázek 11 – Schéma rozmístění oblastí na šikmé střeše při působení větru kolmo ke hřebenu</i>	26
<i>Obrázek 12 – Schéma rozmístění oblastí na šikmé střeše při působení větru rovnoběžně se hřebenu</i>	27
<i>Obrázek 13 – Graf pro zjištění součinitele expozice pro výšku 5,4 m</i>	28
<i>Obrázek 14 – Schéma rozmístění oblastí na ploché střeše při příčném působení větru</i>	29
<i>Obrázek 15 – Schéma rozmístění oblastí na ploché střeše při podélném působení větru</i>	30
<i>Obrázek 16 – Schéma rozdělení objektu pro výpočet zatížení větrem</i>	31
<i>Obrázek 17 – Schéma rozmístění oblastí na stěnách při příčném působení větru v části objektu s 1 nadzemním podlažím</i>	32
<i>Obrázek 18 – Schéma rozmístění oblastí na stěnách při podélném působení větru v části objektu s 1 nadzemním podlažím</i>	33
<i>Obrázek 19 – Schéma rozmístění oblastí na stěnách při příčném působení větru v části objektu s 4 nadzemními podlažími</i>	34
<i>Obrázek 20 – Graf pro zjištění součinitele expozice pro výšku 12,4 m</i>	35
<i>Obrázek 21 – Schéma rozmístění oblastí na stěnách při podélném působení větru v části objektu s 4 nadzemními podlažími</i>	35
<i>Obrázek 22 – Schéma umístění OSB desek</i>	38
<i>Obrázek 23 – Modelování OSB desek v prostorovém modelu</i>	38



<i>Obrázek 24 – Zavedení souřadného systému OSB desek</i>	39
<i>Obrázek 25 – Ukázka sítě o velikosti prvku 0,1 m</i>	40
<i>Obrázek 26 – Ukázka deformované konstrukce</i>	41
<i>Obrázek 27 – Vykreslení napětí</i>	41
<i>Obrázek 28 – Detail D1</i>	42
<i>Obrázek 29 – Pozice průřezu krokve</i>	43
<i>Obrázek 30 – Průřez krokve</i>	43
<i>Obrázek 31 – Rozložení napětí v průřezu</i>	44
<i>Obrázek 32 – Průhyb krokve</i>	46
<i>Obrázek 33 – Pozice průřezu krokve</i>	46
<i>Obrázek 34 – Rozložení napětí v průřezu</i>	47
<i>Obrázek 35 – Pozice krokve</i>	50
<i>Obrázek 36 – Průřez krokve</i>	50
<i>Obrázek 37 – Rozložení napětí v průřezu</i>	50
<i>Obrázek 38 – Průhyb krokve</i>	52
<i>Obrázek 39 – Pozice vrcholové vaznice</i>	53
<i>Obrázek 40 – Průřez vaznice</i>	53
<i>Obrázek 41 – Stanovení součinitele kcrit</i>	55
<i>Obrázek 42 – Průhyb vrcholové vaznice</i>	56
<i>Obrázek 43 – Pozice středové vaznice</i>	57
<i>Obrázek 44 – Průřez vaznice</i>	57
<i>Obrázek 45 – Průhyb středové vaznice</i>	60
<i>Obrázek 46 – Pozice kleštin</i>	60
<i>Obrázek 47 – Průřez kleštin</i>	60
<i>Obrázek 48 – Pozice pásku</i>	62
<i>Obrázek 49 – Průřez pásku</i>	62
<i>Obrázek 50 – Pozice výměny</i>	64
<i>Obrázek 51 – Průřez výměny</i>	64
<i>Obrázek 52 – Průhyb výměny</i>	66



<i>Obrázek 53 – Pozice stropnice</i>	67
<i>Obrázek 54 – Průřez stropnice</i>	67
<i>Obrázek 55 – Rozložení napětí v průřezu</i>	67
<i>Obrázek 56 – Průhyb stropnice</i>	69
<i>Obrázek 57 – Pozice průvlaku</i>	70
<i>Obrázek 58 – Průřez průvlaku</i>	70
<i>Obrázek 59 – Průhyb průvlaku</i>	72
<i>Obrázek 60 – Pozice průvlaku</i>	73
<i>Obrázek 61 – Průřez průvlaku</i>	73
<i>Obrázek 62 – Průhyb průvlaku</i>	75
<i>Obrázek 63 – Pozice sloupu</i>	76
<i>Obrázek 64 – Průřez sloupu</i>	76
<i>Obrázek 65 – Pozice sloupu</i>	78
<i>Obrázek 66 – Průřez sloupu</i>	78
<i>Obrázek 67 – Znázornění výběru v programu FIN EC 2018</i>	81
<i>Obrázek 68 – Nosná konstrukce balkonů</i>	81
<i>Obrázek 69 – Způsob vymodelování balkonu v modelu</i>	82
<i>Obrázek 70 – Průhyb balkonů</i>	83
<i>Obrázek 71 – Průřez lana</i>	84
<i>Obrázek 72 – Umístění ztužidel</i>	85
<i>Obrázek 71 – Vyznačení části průřezu ztužidla, které přenáší tah</i>	85
<i>Obrázek 72 – Třmen</i>	86
<i>Obrázek 73 – Únosnost třmenu dle výrobce</i>	86
<i>Obrázek 74 – Plech přípoje</i>	88
<i>Obrázek 75 – Výslednice působících sil</i>	89
<i>Obrázek 76 – Rozhodující způsob porušení</i>	90
<i>Obrázek 77 – Minimální rozteče svorníků</i>	91



<i>Obrázek 79 – Minimální rozteče svorníků</i>	93
<i>Obrázek 80 – Umístění svorníků</i>	93
<i>Obrázek 81 – Prostorový model plechu</i>	94
<i>Obrázek 82 – Detail modelování otvorů s podporami</i>	95
<i>Obrázek 83 – Detail plošné podpory plechu</i>	95
<i>Obrázek 84 – Působící zatížení na otvory</i>	96
<i>Obrázek 85 – Působící zatížení na otvory a spodní plech</i>	97
<i>Obrázek 86 – Působící zatížení na otvory a spodní plech</i>	98
<i>Obrázek 87 – Deformace plechu</i>	99
<i>Obrázek 88 – Napětí v plechu</i>	99
<i>Obrázek 89 – Deformace plechu</i>	100
<i>Obrázek 90 – Napětí v plechu</i>	100
<i>Obrázek 91 – Deformace plechu</i>	101
<i>Obrázek 92 – Napětí v plechu</i>	101
<i>Obrázek 93 – Napětí v plechu</i>	102
<i>Obrázek 94 – Posuzované varianty přípoje</i>	104
<i>Obrázek 95 – Rozteče kolíků</i>	107
<i>Obrázek 96 – Rozhodující způsoby porušení spoje</i>	107
<i>Obrázek 97 – Přípoj ztužidla na sloup</i>	108
<i>Obrázek 98 – Vyznačení kritických obvodů</i>	109
<i>Obrázek 99 – Schéma pnutí schodiště</i>	113



SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Stálé zatížení – Střecha nad 1. NP	16
Tabulka 2 - Stálé zatížení – Střecha Nad 4. NP	17
Tabulka 3 - Stálé zatížení – Podlaha v 1. NP - 4. NP	18
Tabulka 4 - Stálé zatížení – Atika	19
Tabulka 5 - Stálé zatížení – Obvodová stěna	20
Tabulka 6 – Zatížení od příček	22
Tabulka 7 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro úhel 15° , sání	26
Tabulka 8 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro úhel 15° , tlak	26
Tabulka 9 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro úhel 15°	27
Tabulka 10 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro střechu s atikou	29
Tabulka 11 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro střechu s atikou, sání	30
Tabulka 12 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro střechu s atikou, tlak	30
Tabulka 13 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro stěnu	32
Tabulka 14 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro stěnu	33
Tabulka 15 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro stěnu	34
Tabulka 16 - Hodnoty $C_{pe,10}$ a W_e pro stěnu	36
Tabulka 17 – Seznam zatěžovacích stavů	36
Tabulka 18 – Doporučené hodnoty součinitelů kombinace	80



SEZNAM PŘÍLOH

D.1.1.1	Architektonicko-stavební část: Příčný řez objektem	M: 1:50
D.1.1.2	Architektonicko-stavební část: Detail soku	M: 1:5
D.1.1.3	Architektonicko-stavební část: Detail napojení stropní k-ce	M: 1:5
D.1.1.4	Architektonicko-stavební část: Detail pozednice	M: 1:10
D.1.2.1	Část zakládání staveb: Výkres tvaru základové desky	M: 1:100
D.1.2.2	Část betonové konstrukce: Výkres tvaru 1. PP	M: 1:100
D.1.2.3	Část betonové konstrukce: Výkres tvaru schodiště 1. NP + 2. NP	M: 1:25
D.1.2.4	Část dřevěné konstrukce: Půdorys 1. NP	M: 1:100
D.1.2.5	Část dřevěné konstrukce: Půdorys 2. NP	M: 1:100
D.1.2.6	Část dřevěné konstrukce: Půdorys krovu	M: 1:100
D.1.2.7	Část dřevěné konstrukce: Řez A-A	M: 1:50
D.1.2.8	Část dřevěné konstrukce: Řez B-B	M: 1:50
D.1.2.9	Část dřevěné konstrukce: Detail uložení sloupu	M: 1:5
D.1.2.10	Část dřevěné konstrukce: Detail přípoje průvlaku na sloup	M: 1:5
D.1.2.11	Část dřevěné konstrukce: Detail pozednice, středové a vrcholové vaznice	M: 1:10
A	Zobrazení zadaného zatížení v programu Scia	