

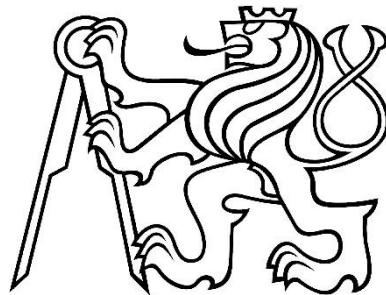
České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce

Statický výpočet



Květen, 2017

Jiří Čunát



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE - Fakulta stavební

Dřevěná konstrukce nadstavby nízkopodlažního bytového domu

Bakalářská práce
Jiří Čunát

OPRAVA ZADÁNÍ



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Tháškova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	ČUNÁT	Jméno:	JIRÍ	Osobní číslo:	409799
Zadávací katedra:	KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ				
Studijní program:	STAVITELSTVÍ				
Studijní obor:	REALIZACE POZEMNÍCH A INŽENÝRSKÝCH STAVEB				

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:	PŘEVĚNA KONSTRUKCE NADSTAVBY NÍZKOPDLAŽĚ BYTOVÉHO DOMU
Název bakalářské práce anglicky:	TIMBER STRUCTURE OF AN EXTENSION FOR RESIDENTIAL BUILDING

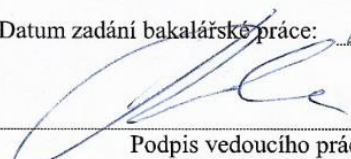
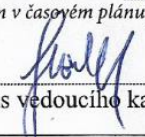
Pokyny pro vypracování:

VÝKRY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE BUDE ZAPOVĚN STATICKÝ VÝPOČET A VÝKRY SOUVA DOKUMENTACE HLAVNÍCH NOSNÝCH PRVKŮ A VYBRANÝCH DETAILŮ DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE NADSTAVBY NÍZKOPDLAŽĚNÍHO BYTOVÉHO DOMU, VYBRANÉ OCELOVÉ PRVKY. BUDE VYPRACOVÁNA TECHNICKÁ PŘÍRUKA.

Seznam doporučené literatury:


Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. LUKAŠ BLESÁK, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2014 Termín odevzdání bakalářské práce: 23.5.2014
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

	
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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“.

<u>20.2.2014</u>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)



Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Jiří Čunát

.....

28. Května 2017



Poděkování

Děkuji svému vedoucímu této práce Ing. Lukáši Blesákovi, Ph.D. za jeho čas, který mi věnoval v podobě konzultací, za věcné připomínky a rady, které mi pomohly k vypracování této práce. Dále děkuji mým rodičům a blízké rodině za hmotnou a duševní podporu při studiu.



Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na řešení dřevěné konstrukce nadstavby. V první části popisují použití dřeva v konstrukcích a základní charakteristiku systému dřevostaveb Two by four. Ve druhé části se zabývám zatížením působícím na konstrukci, které je modelováno spolu s konstrukcí nadstavby ve výpočtovém programu Scia Engineer. Dále v práci posuzuji nejvíce namáhané průřezy jednotlivých prvků a detailů konstrukce nadstavby. V závěru posuzuji možnosti zavětrování konstrukce krovu a zhodnocuji celkový návrh nadstavby.

Klíčová slova

Dřevo, konstrukce, nadstavba, Two by four, rámová konstrukce

Abstract

The bachelor thesis is focused on solving the wooden construction of the superstructure. In the first part I describe the use of wood in the constructions and the basic characteristics of the two-by-wood system. In the second part I deal with the load on the structure, which is modeled with the construction of the superstructure in the Scia Engineer calculation program. Furthermore, in my work I assess the most stressed cross sections of individual elements and details of superstructure construction. At the end, I assess the possibilities of veneering the truss construction and evaluate the overall design of the superstructure.

Key words

Timber, structure, superstructure, Two by four, frame construction



Obsah

1	Úvod.....	7
1.1	Cíl práce.....	7
2	Dřevo v konstrukcích	8
2.1	Úvod.....	8
2.2	Klasifikace dřeva.....	8
2.3	Vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva.....	9
2.4	Navrhování dřevěných konstrukcí.....	9
3	Dřevostavby – Two by Four systém (TBF)	10
3.1	Základní popis	10
3.2	Fošnový rám	10
3.2.1	Převazování a provazování prvků	10
3.3	Stěnový rám.....	11
3.4	Stropní rám	12
3.5	Rám krovu	13
3.6	Prostorová konstrukce.....	13
4	Statický výpočet.....	14
4.1	Předmět řešení	14
4.2	Úloha Statického výpočtu	14
4.2.1	Zatěžovací stavy.....	14
4.2.2	Návrh a posouzení jednotlivých nosných prvků a detailů	25
5	Zavětrování krovu	48
6	Závěr	54
	Seznam zkratk	55
	Seznam obrázků:.....	56
	Seznam tabulek	57
7	Použitá literatura	58



1 Úvod

Nadstavba je v současnosti často využívanou možností, jak navýšit počet bytových prostor u starších bytových domů. Dřevěná konstrukce nadstavby se v tomto ohledu jeví jako dobrá volba. S lehkou dřevěnou konstrukcí se ve výšce pracuje rychle, přesně a jednoduše. Dřevěná nadstavba příliš nezatěžuje původní konstrukci domu a dalším důvodem, který ovlivňuje oblíbenost dřevěných konstrukcí je nenáročnost na staveništi s vyloučením mokrých procesů.

1.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vypracovat návrh, posouzení jednotlivých nosných prvků a zavětrování krovu dřevěné konstrukce nadstavby nízkopodlažního bytového domu ze systému Two by four. K získání lepších vstupních dat pro posuzování bude konstrukce vymodelována do 3D ve výpočtovém programu Scia Engineer, včetně jednotlivých zatěžovacích stavů působících na konstrukci. Navrhovaná konstrukce bude posuzována v souladu s platnými předpisy a normami. Práce bude dále obsahovat výkresovou dokumentaci a technickou zprávu.



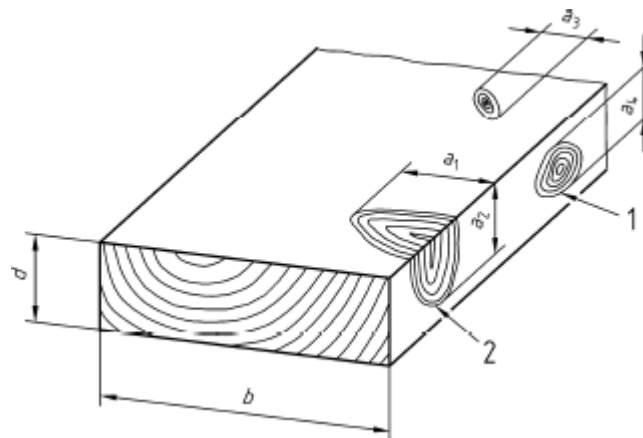
2 Dřevo v konstrukcích

2.1 Úvod

Dřevo je konstrukční materiál přírodní a všeobecně dostupný, který patří mezi obnovitelné zdroje. Nepřízniví vliv dřeva na životní prostředí je mnohem menší než u ostatních materiálů používaných pro konstrukce, jelikož se při výrobě spotřebuje menší množství energie a dopad na životní prostředí je malý.

2.2 Klasifikace dřeva

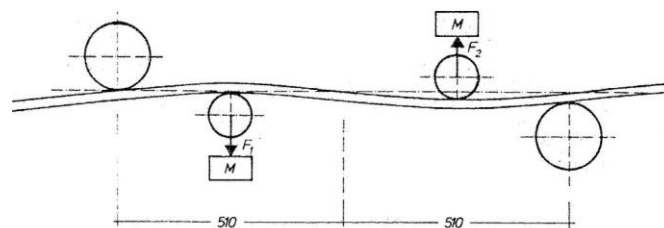
K usnadnění navrhování dřevěných konstrukcí přispívá klasifikace dřeva do pevnostních tříd. Určování pevnostních tříd dřeva probíhá strojně nebo vizuálně. Vizuální třídění slouží k určování polohy a velikosti suků (*Obr. 1*). Strojní třídění používá k třídění jako základní parametr, podle průhybu, modul pružnosti řeziva v ohybu E.



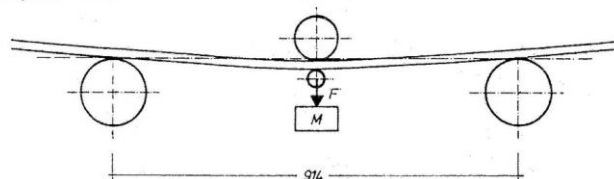
Obrázek 1 - Rozměry suků u prken a fošen podle DIN 4074-1 / ČSN 73 2824-1 (4)

Legenda: 1 – suk na úzké straně, 2 – hranový suk

Raute Timgrader



Computermatic



Obrázek 2 - Schéma principu měření dvou strojů na třídění řeziva podle pevnosti (4)



2.3 Vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva

Nejsledovanější fyzikální vlastností dřeva, se kterou souvisí únosnost spojů i další mechanické charakteristiky, je hustota. Pro třídy pevnosti dřeva jsou určeny mezní hodnoty hustoty podle ČSN EN 338 „Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti“.

Jako přírodní materiál má dřevo, v různých směrech, značně odlišné vlastnosti. Ve směru růstu stromu, tj. rovnoběžně s vlákny, je pevnost dřeva obzvláště vysoká, ale pevnostní vlastnosti kolmo k vláknům jsou poměrně nízké. U převážné části deskových materiálů na bázi dřeva, kde jsou vlákna dřeva orientované náhodně a vazba mezi pevností v rovině desky na směru namáhání je mnohem menší než u rostlého dřeva, se s těmito značnými pevnostními a tuhostními vlastnosti nesečkáme.

2.4 Navrhování dřevěných konstrukcí

V řadě hledisek je konstrukční dřevo srovnatelné s ocelí. Profily vyráběné z obou materiálů jsou srovnatelné. Ale i mezi těmito materiály jsou velké rozdíly, které se projeví při navrhování. Podobnosti a rozdíly mezi dřevem a ocelí jsou znázorněny v tabulce 1. Dřevěné konstrukční prvky se uplatňují zejména při přenosu tahových, tlakových a ohybových namáhání, při tahu kolmo k vláknům může dojít k rozštěpení dřeva. V porovnání s návrhem podobných ocelových a betonových konstrukcí je návrh dřevěných konstrukcí obvykle náročnější.

Ocel	Dřevo
Podobnosti	
duté profily	kulatina
pruty, profilová ocel	řezivo
nosníky I	nosníky I
plechy	desky
svařování	lepení
svorníkové a šroubové spoje	svorníkové, hřebíkové a kolíkové spoje
Rozdíly	
Izotropní	anizotropní
průmyslově vyráběná	rostlé, tříděné
homogenní	proměnné, heterogenní
vliv teploty	vliv vlhkosti

Tabulka 1 - Podobnosti a rozdíly mezi konstrukčními materiály dřevo a ocel



3 Dřevostavby – Two by Four systém (TBF)

3.1 Základní popis

Systém Two by four vznikl koncem 19. století v USA a je stále nejvyužívanějším systémem pro dřevostaveby. Vychází z něj i značná část dnešních prefabrikovaných systémů. Označení Two by Four – v překladu „dva krát čtyři“ výstižně popisuje poměr stran průřezu fošny (nejpoužívanější prvek). Narazit ovšem můžeme i na názvy jako: (1)

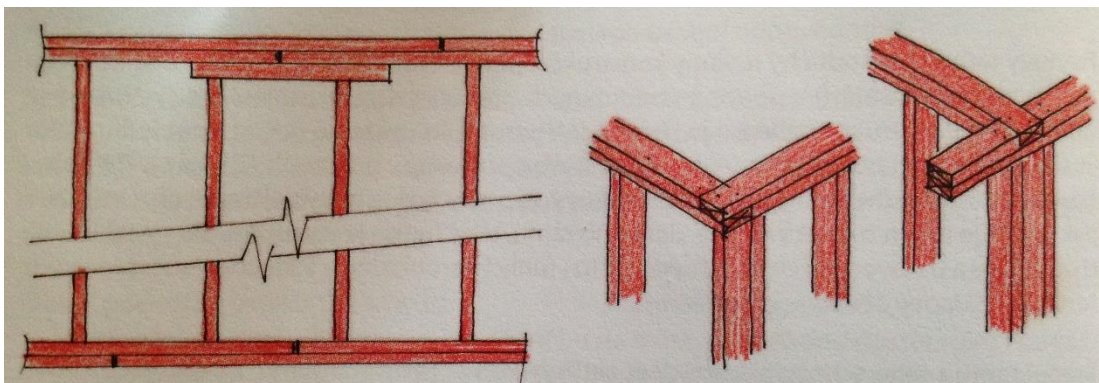
- *Lehký skelet*
- *Sloupkový systém*
- *Fošnový rámový systém dřevostaveb*

3.2 Fošnový rám

Vodorovné prahy a svislé stojky spoluutvářejí fošnový rám (základní rovinný konstrukční prvek), který je ovšem ve své rovině měkký a je nutné ho zabezpečit. Proto se rámy zajišťují buď diagonálními prvky, prkny (zastaralý způsob) anebo, v současnosti velmi často používanými, deskovými materiály na bázi dřeva (sádrovláknité nebo OSB desky). Při spojování deskových materiálů na fošně rámu se musejí brát v úvahu připojovací požadavky pro desky, ze kterých vychází minimální šířka fošny. Tedy, minimální šířka fošny už nemusí vycházet jen z požadavku na statickou únosnost, ale i z potřebné minimální šířky pro spojení desek opláštění (1)

3.2.1 Převazování a provazování prvků

Pro TBF vlastní záležitost, kterou se dosáhne potřebné tuhosti a kompaktnosti konstrukce. Prostrídání spojů či návazností je nutné, stejně tak jako se nesmí v jednom bodě sejít spáry dvou po sobě jdoucích vrstev. Provazují se mezi sebou i obvodové stěny s vnitřními a příčkami. Tyto principy platí stejně tak i pro vodorovné kladní desek opláštění, opláštění stropní konstrukce a i pro více vrstev tepelné izolace. (1)

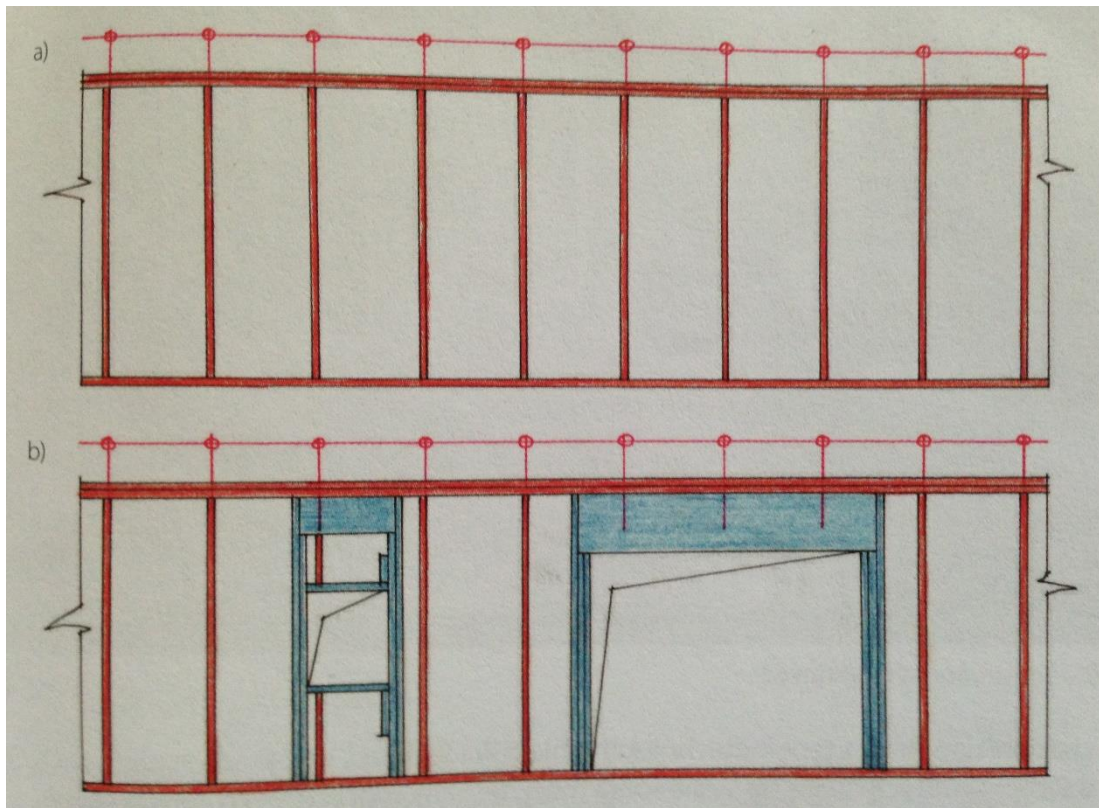


Obrázek 3 - Příklad převazování prvků v rámci fošnové konstrukce (1)



3.3 Stěnový rám

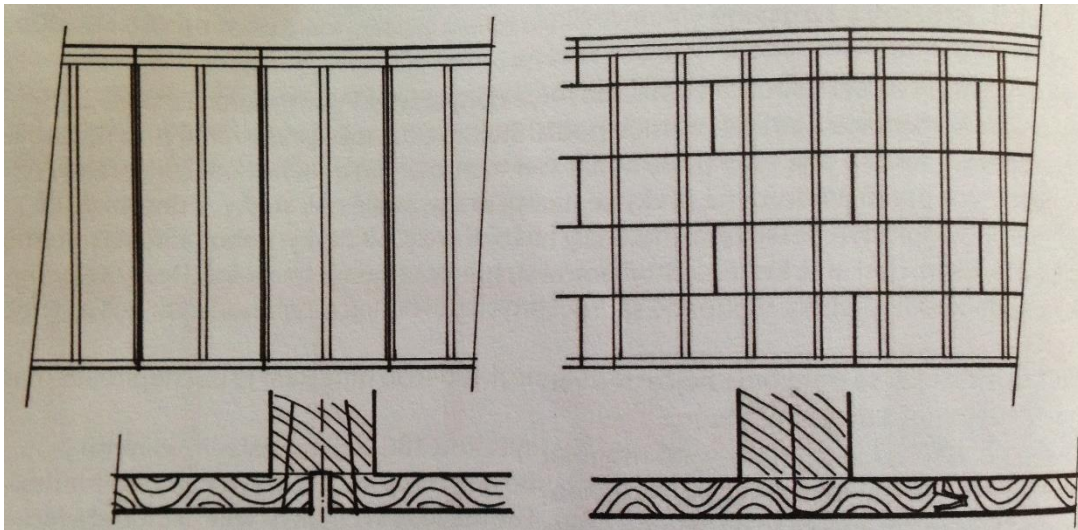
Skládá se ze stojek a prahů. Stojky se rozmisťují v předepsaném modulu (400 - 650 mm), jejich hlavní funkcí je přenos svislého zatížení (tlak) a tudíž je nutné dávat pozor na jejich vzpěr. Konstrukce otvorů se vkládá do standardní modulace prvků, aniž by jí to nějak negativně ovlivnilo. V současnosti se stěnový rám opláštíuje hlavně deskami na bázi dřeva (OSB desky) nebo sádrovláknitými. Kladou se svisle nebo vodorovně. (1)



Obrázek 4 - Stěnový rám TBF: (1)

- a) základní modulace stěnového rámu
b) dveřní a okenní otvory se vkládají do modulace

- **Svislé kladení.** Připevňování a napojování desek probíhá na stojkách. Desky nemusejí být opatřeny perem a drážkou. (1)
- **Vodorovné kladení.** Používají se hlavně OSB desky s perem a drážkou (4PD desky). Díky tomu se zde, na rozdíl od svislého kladení, svislé spoje nemusejí napojovat na sloupcích. Navíc se spoje většinou lepí např. polyuretanovými lepidly, čímž se dosáhne větší tuhosti spoje a zvýší se tak i tuhost celého opláštění. (1)



Obrázek 5 Svislé kladení desek bez pera a drážky; Vodorovné kladení desek s perem a drážkou (1)

3.4 Stropní rám

Konstrukce je tvořena fošny (stropnicemi), které se ukládají na nosné stěny a jsou navrhovány zejména na ohybové a smykové namáhání. Rozpon stropní konstrukce je limitován únosností, vznikem nadměrných průhybů a kmitání. Na horní povrch stropnic se upevňuje záklop z OSB desek. V místě podpor a maximálních ohybových momentů se mezi stropnice vkládají výztuhy (fošny stejného průřezu), které zabraňují jejich klopení, a navíc zvyšují celkovou tuhost stropního rámu. (1)



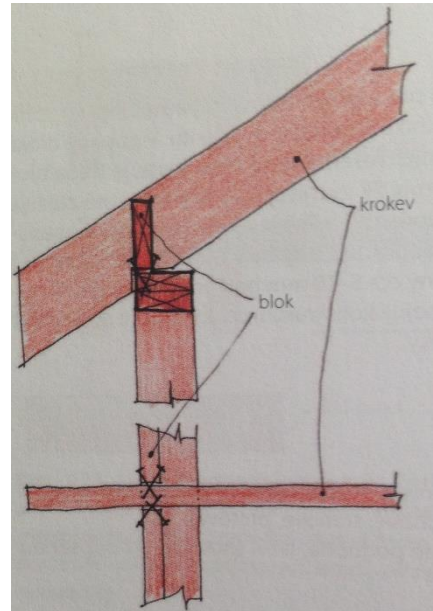
Obrázek 6 - Standartní stropní konstrukce TBF (1)



3.5 Rám krovu

Do značné míry podobný stropnímu rámu, ale zde je rám uložen pod určitým sklonem. V důsledku toho vznikají v prvcích, od zatížení, nejen ohybové momenty, ale i osové síly. Nejpoužívanějším typem střechy, i díky možnosti využít podkrovní prostor, je sedlová. V tomto případě řešíme konstrukční vazby jako: (1)

- *uložení krokve na obvodovou stěnu,*
- *spojení, případně uložení krokve ve vrcholu,*
- *spojení kleštiny a krokve.*



Obrázek 7 – Uložení krokve na obvodovou stěnu (1)

3.6 Prostorová konstrukce

Je konstrukce, která vychází ze složení předešlých rovinných konstrukcí. Tuhost této konstrukce zabezpečuje vzájemné spojení a propojení jednotlivých rovinných konstrukcí. (1)



Obrázek 8 – Prostorová konstrukce (1)



4 Statický výpočet

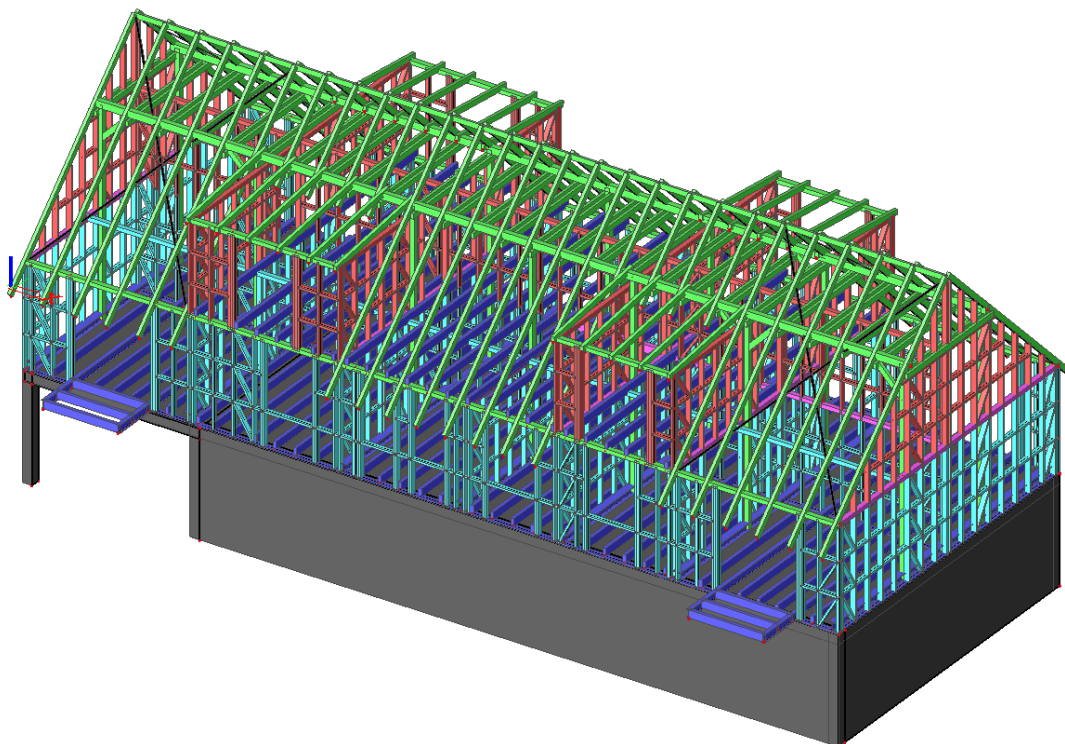
4.1 Předmět řešení

Předmětem řešení statického výpočtu bylo posouzení nosných konstrukcí nadstavby bytového domu, obdélníkového půdorysu se sedlovou střechou (viz. výkresová dokumentace). Konstrukce byly posouzeny na mezní stav únosnosti (MSÚ) a mezní stav použitelnosti (MSP).

4.2 Úloha Statického výpočtu

Úlohou statického výpočtu byl návrh a posouzení jednotlivých nosných prvků a konstrukcí nadstavby. Nosné prvky byly posouzeny podle příslušných norem a v potřebném rozsahu. Jejich umístění a tvar je podrobně znázorněn ve výkresové části.

Pro posouzení nosných prvků byl použit prostorový model, vytvořen v programu Scia, který je uveden na následujícím obrázku.



Obrázek 9 - Prostorový model nadstavby

4.2.1 Zatěžovací stavy

4.2.1.1 Stálé zatížení:

- Vlastní tíha konstrukcí byla stanovena na základě rozměrů a materiálu posuzovaného prvku



- Ostatní stálé zatížení

Skladba Střechy	Tloušťka	Tíha konstrukce
Střešní krytina – vláknocem.	-	200 N/m ²
Latě	30 mm	39 N/m ²
Kontralatě 30 x 50 mm	50 mm	7,5 N/m
Tepelná izolace mezi krokvy	200 mm	74 N/m ²
Podhled SDK	60 mm	150 N/m ²

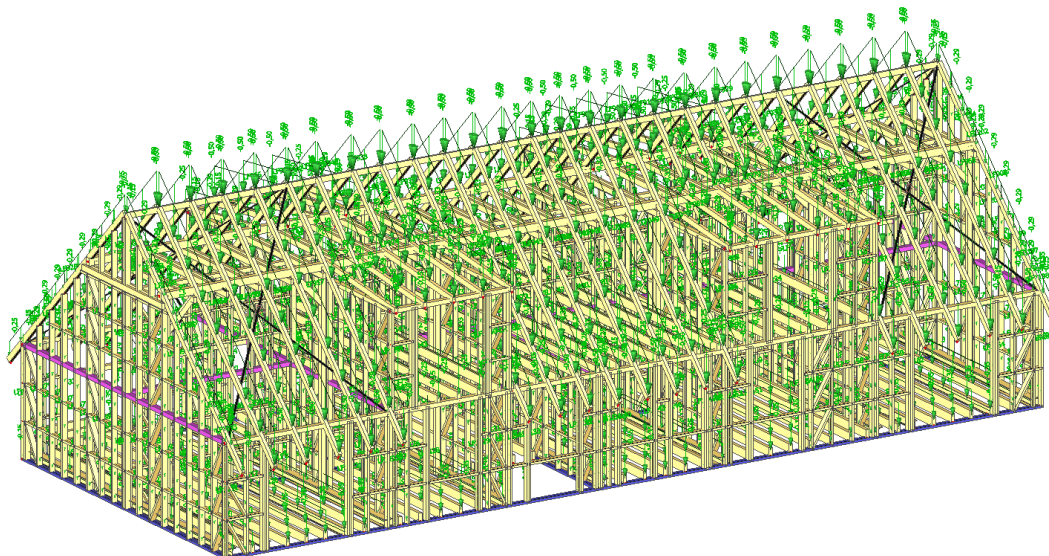
Tabulka 2 – Skladba střechy

Skladba vnějších stěn	Tloušťka	Tíha konstrukce
Provětrávaná fasáda	140 mm	190 N/m ²
Tepelná izolace	160 mm	60 N/m ²
OSB desky 4	15 mm	90 N/m ²
Instalační předstěna + TI	75 mm	160 N/m ²

Tabulka 3 – Skladba vnějších stěn

Skladba stropu	Tloušťka	Tíha konstrukce
Skladba podlahy	100 mm	270 N/m ²
Bednění z OSB desek	22 mm	130 N/m ²
Podhled SDK	60 mm	150 N/m ²

Tabulka 4 – Skladba stropu



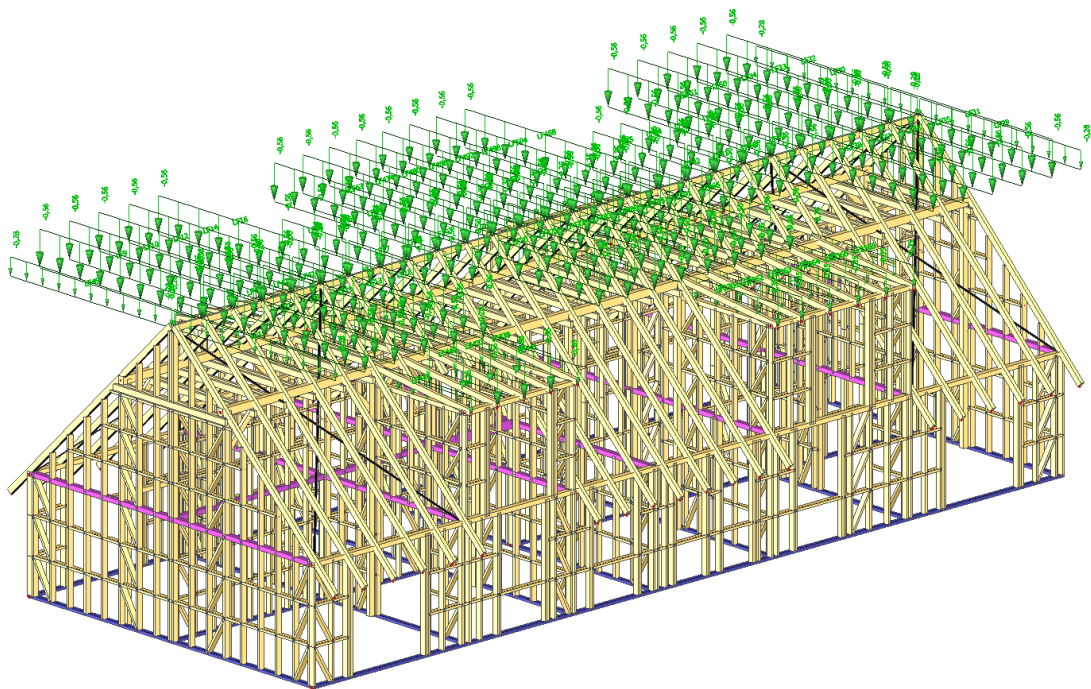
Obrázek 10 – Zatížení na konstrukci od ostatního stálého zatížení



4.2.1.2 Proměnné zatížení:

Charakteristické zatížení sněhem (ČSN EN 1991-1-3):

Podle I. sněhové oblasti:	$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$
Sklon střechy:	$\alpha = 43^\circ$
Tvarový součinitel zatížení sněhem:	$\mu_i = 0,8$ (je zabráněno sklouzávání sněhu)
Součinitel expozice:	$C_e = 1,0$ (normální krajina)
Tepelný součinitel:	$C_{te} = 1,0$
Charakteristické zatížení sněhem	$s = \mu_i * C_e * C_{te} * s_k$
	$s = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 0,7$
	$s = \mathbf{0,56 \text{ kN/m}^2}$



Obrázek 11 - Zatížení na konstrukci od sněhu

Charakteristické zatížení větrem (ČSN EN 1991-1-4):

Větrná oblast III:

Výchozí základní rychlost větru:	$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$
Součinitel směru větru:	$c_{dir} = 1,0$
Součinitel ročního období:	$c_{season} = 1,0$



Základní rychlost větru:

$$v_b = C_{dir} * C_{season} * v_{b,0}$$

$$v_b = 1,0 * 1,0 * 25$$

$$v_b = 25 \text{ m/s}$$

Měrná hmotnost vzduchu:

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

Základní dynamický tlak větru:

$$q_b = 0,5 * \rho * v_b^2$$

$$q_b = 0,5 * 1,25 * 25^2$$

$$q_b = 0,391 \text{ kN/m}^2$$

Maximální výška konstrukce:

$$h = z = 11,3 \text{ m}$$

Součinitel expozice:

$$C_{e(z)} = 1,6 \text{ (kategorie terénu III)}$$

Tlak větru ve výšce z :

$$q_{p,z} = C_{e(z)} * q_b = 1,6 * 0,391 = \mathbf{0,626 \text{ kN/m}^2}$$

Vítr příčný: Stěna

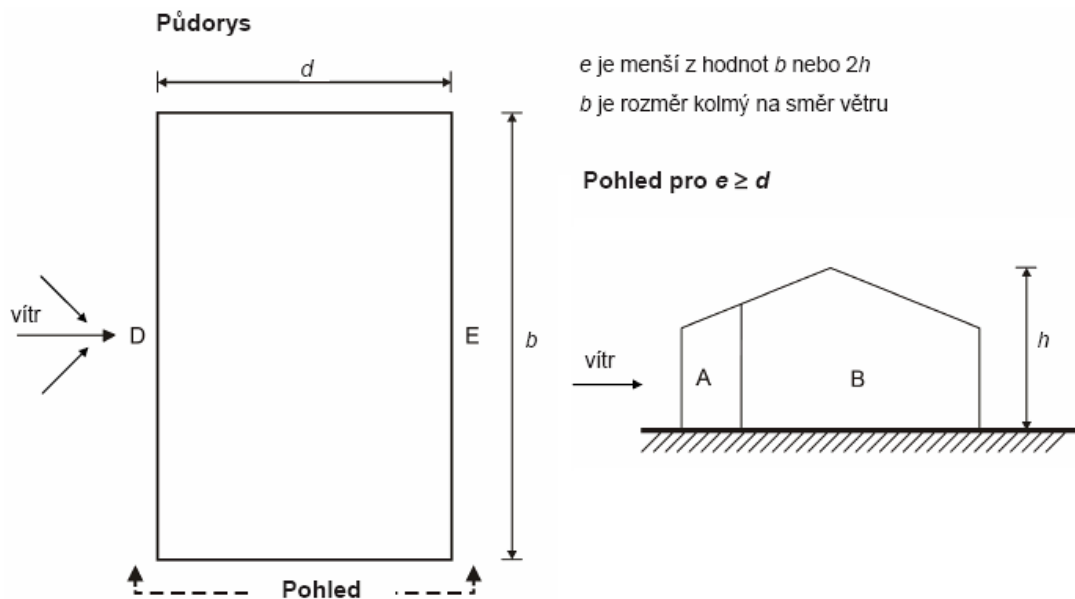
$b = 25,5 \text{ m}$... rozměr konstrukce kolmý na směr větru

$d = 10,5 \text{ m}$... rozměr konstrukce rovnoběžný se směrem větru

$h = 11,3 \text{ m}$... výška stěny – nejvyšší bod stěny

$$e = \min \{b; 2h\} = \min \{25,5; 22,6\}$$

$$e = 22,6 \text{ m} > d = 10,5 \text{ m}$$



Obrázek 12 – Legenda pro svislé stěny – příčný vítr (2)



$$h / d = 11,3 / 10,5 = 1,076$$

Oblast	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-1,4	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
< 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Tabulka 5 – Hodnoty součinitelů vnějších tlaků c_{pe} pro svislé stěny (2)

Výpočet tlaků "+" (sání "-") větru pro stěnu:

$$C_{pe,10} =:$$

A = - 1,2	$w_{e,A} = q_{p,z} * C_{pe,10,A} = 0,626 * (-1,2) = - 0,751 \text{ kN/m}^2$
B = - 0,8	$w_{e,B} = q_{p,z} * C_{pe,10,B} = 0,626 * (-0,8) = - 0,501 \text{ kN/m}^2$
D = + 0,8	$w_{e,D} = q_{p,z} * C_{pe,10,D} = 0,626 * (+0,8) = + 0,501 \text{ kN/m}^2$
E = - 0,5	$w_{e,E} = q_{p,z} * C_{pe,10,E} = 0,626 * (-0,5) = - 0,313 \text{ kN/m}^2$

Vítr příčný: Střecha

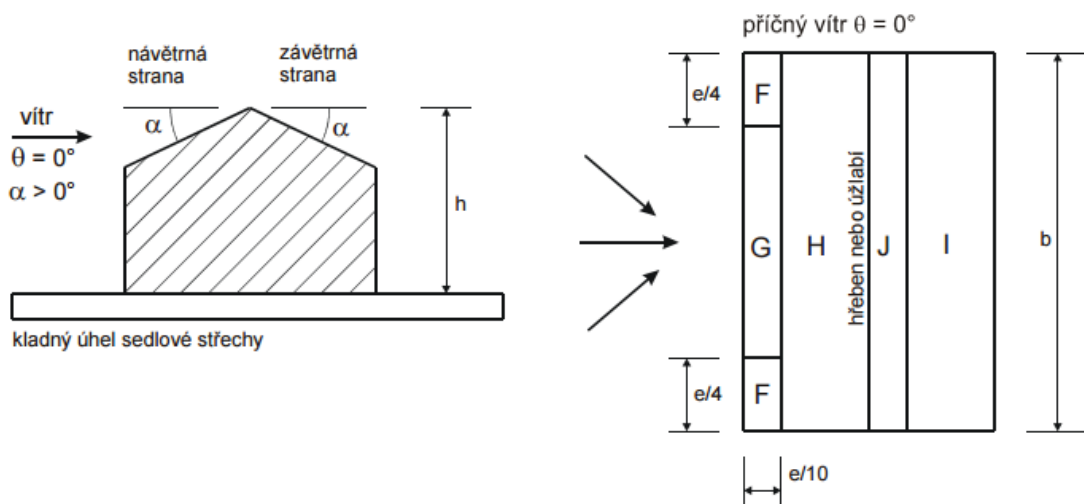
$b = 25,5 \text{ m}$... rozměr konstrukce kolmý na směr větru

$d = 10,5 \text{ m}$... rozměr konstrukce rovnoběžný se směrem větru

$h = 11,3 \text{ m}$... výška stěny – nejvyšší bod stěny

$$e = \min \{b; 2h\} = \min \{10,5; 22,6\}$$

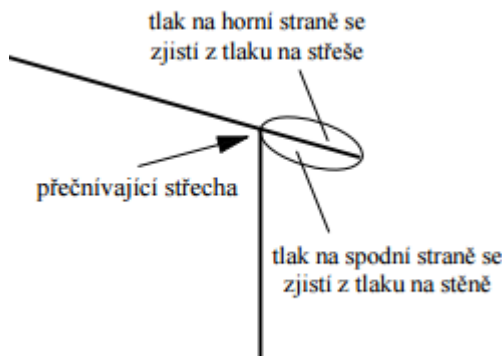
$$e = 10,5 \text{ m}$$



Obrázek 13 – Legenda pro sedlové střechy – příčný vítr (2)



Ve výpočtu bylo zohlednilo i zatížení na přečnivající střechu. Rozdělení tlaků je znázorněno na obr. 14.



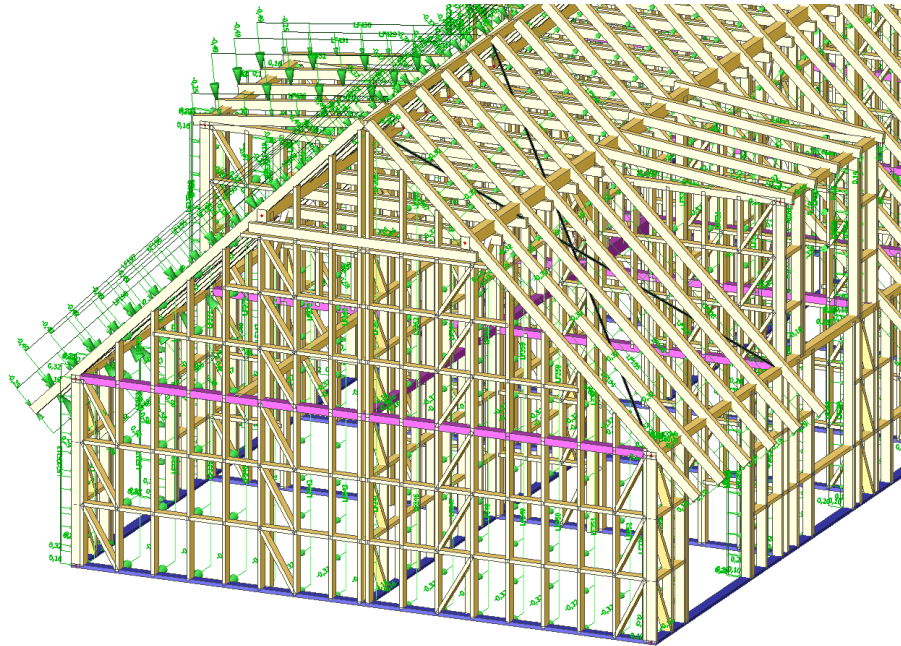
Obrázek 14 – Zobrazení příslušných tlaků pro přečnivající střechy (2)

Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

Tabulka 6 – Hodnoty součinitelů vnějších tlaků c_{pe} pro sedlové střechy – příčný vítr (2)

Výpočet tlaků "+" (sání "-") větru pro střechu:

$$\begin{aligned}
 C_{pe,10} =: & \quad F = + 0,7 & \quad w_{e,F} = q_{p,z} * C_{pe,10,F} = 0,626 * (+ 0,7) = + 0,493 \text{ kN/m}^2 \\
 & \quad F = - 0,06 & \quad w_{e,F} = q_{p,z} * C_{pe,10,F} = 0,626 * (- 0,06) = - 0,038 \text{ kN/m}^2 \\
 & \quad G = + 0,7 & \quad w_{e,G} = q_{p,z} * C_{pe,10,G} = 0,626 * (+ 0,7) = + 0,493 \text{ kN/m}^2 \\
 & \quad G = - 0,06 & \quad w_{e,G} = q_{p,z} * C_{pe,10,G} = 0,626 * (- 0,06) = - 0,038 \text{ kN/m}^2 \\
 & \quad H = + 0,57 & \quad w_{e,H} = q_{p,z} * C_{pe,10,H} = 0,626 * (+ 0,57) = + 0,373 \text{ kN/m}^2 \\
 & \quad I = - 0,2 & \quad w_{e,I} = q_{p,z} * C_{pe,10,I} = 0,626 * (- 0,2) = - 0,125 \text{ kN/m}^2 \\
 & \quad J = - 0,33 & \quad w_{e,J} = q_{p,z} * C_{pe,10,J} = 0,626 * (- 0,33) = - 0,207 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$



Obrázek 15 – Zatížení na konstrukci od příčného větru

Vítr podélný: Stěna

$b = 10,5 \text{ m}$... rozměr konstrukce kolmý na směr větru

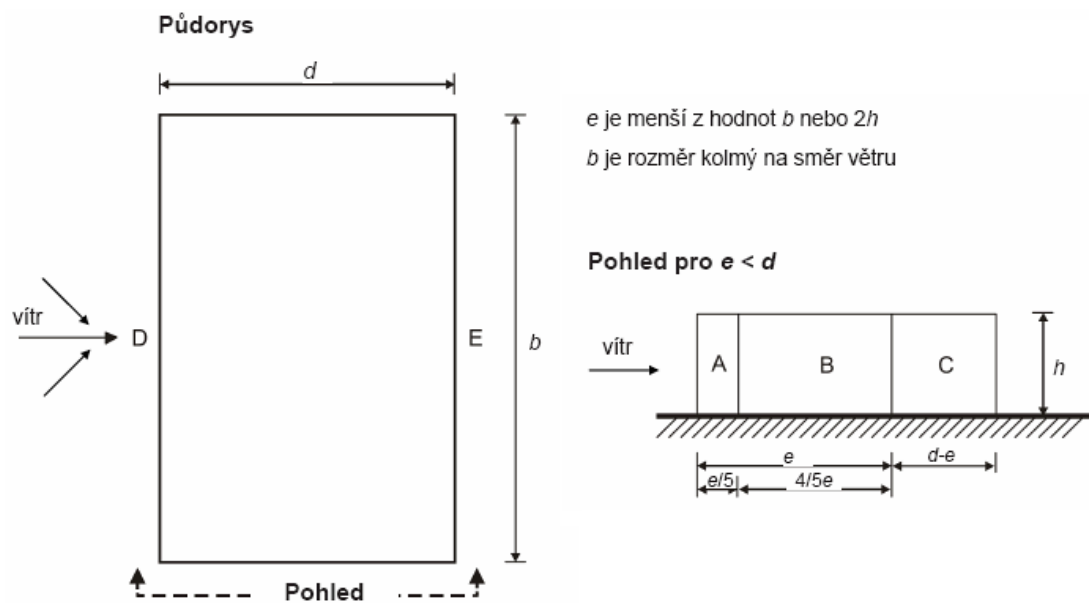
$d = 25,5 \text{ m}$... rozměr konstrukce rovnoběžný se směrem větru

$h = 11,3 \text{ m}$... výška stěny – nejvyšší bod stěny

$h / d = 0,44$

$e = \min \{b; 2h\} = \min \{10,5; 22,6\}$

$e = 10,5 \text{ m} < d = 25,5 \text{ m}$



Obrázek 16 – Legenda pro svislé stěny – podélný vítr (2)



Hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro $h / d = 0,44$, viz. *tabulka 5*.

Výpočet tlaků "+" (sání "-") větru pro stěnu:

$$\begin{aligned}
 C_{pe,10} =: \quad A = -1,2 \quad w_{e,A} = q_{p,z} * C_{pe,10,A} = 0,626 * (-1,2) = -0,751 \text{ kN/m}^2 \\
 \quad B = -0,8 \quad w_{e,B} = q_{p,z} * C_{pe,10,B} = 0,626 * (-0,8) = -0,501 \text{ kN/m}^2 \\
 \quad C = -0,5 \quad w_{e,C} = q_{p,z} * C_{pe,10,C} = 0,626 * (-0,5) = -0,313 \text{ kN/m}^2 \\
 \quad D = +0,73 \quad w_{e,D} = q_{p,z} * C_{pe,10,D} = 0,626 * (+0,73) = +0,457 \text{ kN/m}^2 \\
 \quad E = -0,36 \quad w_{e,E} = q_{p,z} * C_{pe,10,E} = 0,626 * (-0,36) = -0,223 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Vítr podélný: Střecha

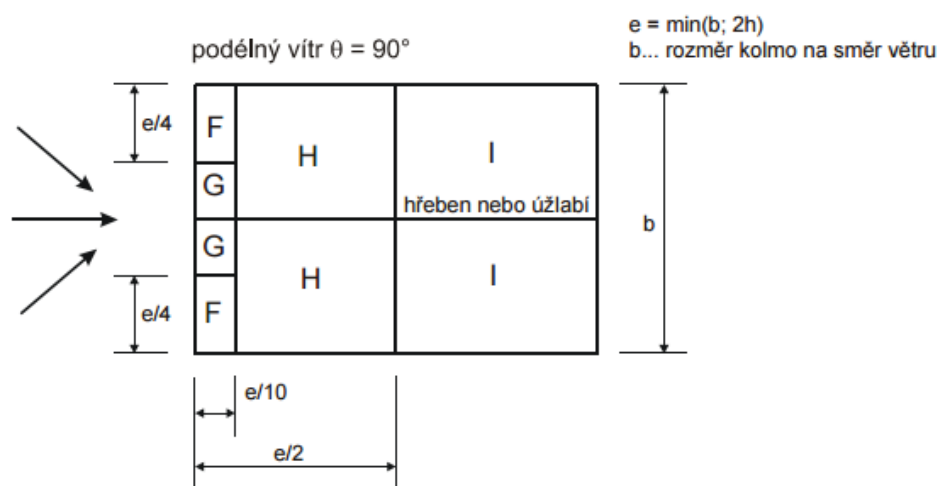
$b = 10,5 \text{ m}$... rozměr konstrukce kolmý na směr větru

$d = 25,5 \text{ m}$... rozměr konstrukce rovnoběžný se směrem větru

$h = 11,3 \text{ m}$... výška stěny – nejvyšší bod stěny

$e = \min \{b; 2h\} = \min \{10,5; 22,6\}$

$e = 10,5 \text{ m}$



Obrázek 17 – Legenda pro sedlové střechy – podélný vítr (2)

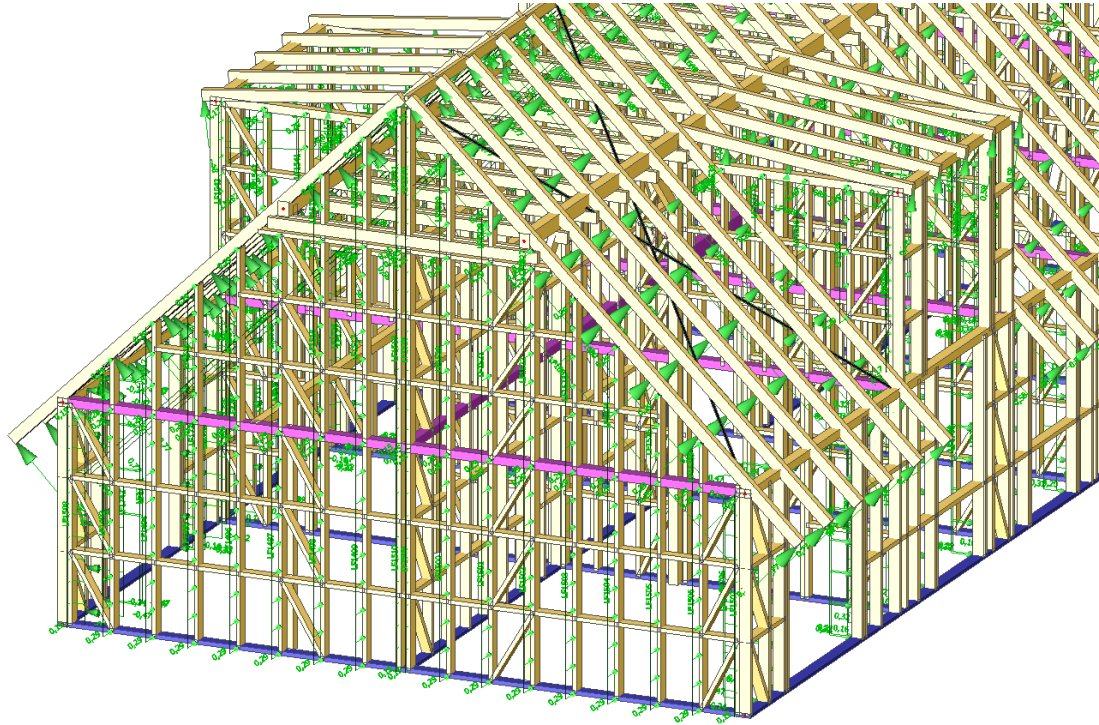
Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-1,2
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	-1,2
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	-1,2
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2

Tabulka 7 – Hodnoty součinitelů vnějších tlaků c_{pe} pro sedlové střechy – podélný vítr (2)



Výpočet tlaků "+" (sání "-") větru pro střechu:

$C_{pe,10} =:$	$F = -1,1$	$w_{e,F} = q_{p,z} * C_{pe,10,F} = 0,626 * (-1,1) = -0,689 \text{ kN/m}^2$
	$G = -1,4$	$w_{e,G} = q_{p,z} * C_{pe,10,G} = 0,626 * (-1,4) = -0,874 \text{ kN/m}^2$
	$H = -0,89$	$w_{e,H} = q_{p,z} * C_{pe,10,H} = 0,626 * (-0,89) = -0,557 \text{ kN/m}^2$
	$I = -0,5$	$w_{e,I} = q_{p,z} * C_{pe,10,I} = 0,626 * (-0,5) = -0,313 \text{ kN/m}^2$



Obrázek 18 - Zatížení na konstrukci od podélného větru

Užitné zatížení (ČSN EN 1991-1-1):

Kategorie A – obytné plochy a plochy pro domácí činnosti

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

Balkóny: $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$



Zatěžovací stavy:

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Typ zatížení	Spec.	Směr	Působení	Řídící zat. stav
ZS1	Vlastní tíha	Stálé	Stálé	Vlastní tíha		-Z		
ZS2	Sníh	Proměnné	Sníh	Statické	Standart		Střednědobé	Žádný
ZS3	Vítr podélný	Proměnné	Vítr	Statické	Standart		Střednědobé	Žádný
ZS4	Vítr příčný	Proměnné	Vítr	Statické	Standart		Střednědobé	Žádný
ZS5	Užitné	Proměnné	Obytné	Statické	Standart		Střednědobé	Žádný
ZS6	Ostatní stálé	Stálé	Stálé	Standart				

Tabulka 8 – Zatěžovací stavy

Kombinace zatěžovacích stavů:

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
C01	Obálka únosnost	ZS1	1,35
		ZS2	1,50
		ZS5	1,50
		ZS6	1,50
C02	Obálka únosnost	ZS1	1,35
		ZS3	1,50
		ZS5	1,50
		ZS6	1,50
C03	Obálka únosnost	ZS1	1,35
		ZS4	1,50
		ZS5	1,50
		ZS6	1,50
C04	Obálka únosnost	ZS1	1,35
		ZS2	1,50
		ZS3	0,90
		ZS5	1,50
		ZS6	1,50

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
C01S	Obálka použitelnost	ZS1	1,00
		ZS2	1,00
		ZS5	1,00
		ZS6	1,00
C02S	Obálka použitelnost	ZS1	1,00
		ZS3	1,00
		ZS5	1,00
		ZS6	1,00
C03S	Obálka použitelnost	ZS1	1,00
		ZS4	1,00
		ZS5	1,00
		ZS6	1,00
C04S	Obálka použitelnost	ZS1	1,00
		ZS2	1,00
		ZS3	0,60
		ZS5	1,00
		ZS6	1,00



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE - Fakulta stavební

Dřevěná konstrukce nadstavby nízkopodlažního bytového domu

Bakalářská práce
Jiří Čunát

C05	Obálka únosnost	ZS1	1,35	C05S	Obálka použitelnost	ZS1	1,00
		ZS2	1,50			ZS2	1,00
		ZS4	0,90			ZS4	0,60
		ZS5	1,50			ZS5	1,00
		ZS6	1,50			ZS6	1,00
C06	Obálka únosnost	ZS1	1,35	C06S	Obálka použitelnost	ZS1	1,00
		ZS2	0,75			ZS2	0,50
		ZS3	1,50			ZS3	1,00
		ZS5	1,50			ZS5	1,00
		ZS6	1,50			ZS6	1,00
C07	Obálka únosnost	ZS1	1,35	C07S	Obálka použitelnost	ZS1	1,00
		ZS2	0,75			ZS2	0,50
		ZS4	1,50			ZS4	1,00
		ZS5	1,50			ZS5	1,00
		ZS6	1,50			ZS6	1,00
C08	Obálka únosnost	ZS1	1,00	C08S	Obálka použitelnost	ZS1	1,00
		ZS4	1,50			ZS4	1,00
		ZS6	1,00			ZS6	1,00
C09	Obálka únosnost	ZS1	1,00	C09S	Obálka použitelnost	ZS1	1,00
		ZS3	1,50			ZS3	1,00
		ZS6	1,00			ZS6	1,00

Tabulka 9 – Kombinace zatěžovacích stavů

Skupiny výsledků:

Jméno	Výpis	Jméno	Výpis
Všechny MSÚ	C01 – Obálka - únosnost	Všechny MSP	C01S – Obálka - použitelnost
	C02 – Obálka - únosnost		C02S – Obálka - použitelnost
	C03 – Obálka - únosnost		C03S – Obálka - použitelnost
	C04 – Obálka - únosnost		C04S – Obálka - použitelnost
	C05 – Obálka - únosnost		C05S – Obálka - použitelnost
	C06 – Obálka - únosnost		C06S – Obálka - použitelnost
	C07 – Obálka - únosnost		C07S – Obálka - použitelnost
	C08 – Obálka - únosnost		C08S – Obálka - použitelnost
	C09 – Obálka - únosnost		C09S – Obálka - použitelnost

Tabulka 10 – Skupiny výsledků



Součinitele zatížení a kombinace jednotlivých zatěžovacích stavů byly stanoveny v souladu s normou ČSN EN 1990 (730002) tak, aby bylo ověřeno nejneprůzračnějších působení jednotlivých prvků a konstrukcí.

4.2.2 Návrh a posouzení jednotlivých nosných prvků a detailů

Vstupní údaje (Charakteristické hodnoty rostlého dřeva C24)

Modifikační součinitel pevnosti pro třídy provozu a třídy trvání zatížení: (ČSN EN 1995-1-1 (731701), 3.1.3)

$$k_{\text{mod}} = 0,9$$

Návrhové odolnosti (ČSN EN 1995-1-1 (731701), 2.4.3 (2.17)):

$$R_d = k_{\text{mod}} * R_k / \gamma_M$$

R_k ... charakteristická hodnota odolnosti

Dílčí součinitel spolehlivosti vlastností materiálu (pro rostlé dřevo):

$$\gamma_M = 1,3$$

(ČSN EN 1995-1-1 (731701), tabulka 2.3)

Charakteristická hodnota pevnosti v ohybu:

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota pevnosti v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} * f_{m,k} / \gamma_M$$

$$f_{m,d} = 16,615 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota pevnosti v ohybu okolo hlavní osy y:

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} * f_{m,y,k} / \gamma_M$$

$$f_{m,y,d} = 16,615 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota pevnosti v ohybu okolo hlavní osy z:

$$f_{m,z,d} = f_{m,y,d}$$

Charakteristická hodnota pevnosti v tahu rovnoběžně s vlákny:

$$f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota pevnosti v tahu rovnoběžně s vlákny:

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} * f_{t,0,k} / \gamma_M$$

$$f_{t,0,d} = 9,692 \text{ MPa}$$

Charakteristická hodnota pevnosti v tahu kolmo k vláknům:

$$f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota pevnosti v tahu kolmo k vláknům:

$$f_{t,90,d} = k_{\text{mod}} * f_{t,90,k} / \gamma_M$$

$$f_{t,90,d} = 0,277 \text{ MPa}$$

Charakteristická hodnota pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny:

$$f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny:

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} * f_{c,0,k} / \gamma_M$$

$$f_{c,0,d} = 14,538 \text{ MPa}$$



Charakteristická hodnota pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny:	$f_{c,0,k}$	21	MPa
Návrhová hodnota pevnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny:	$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_M$		
	$f_{c,0,d} =$	14,538	MPa
Charakteristická hodnota pevnosti v tlaku kolmo k vláknům:	$f_{c,90,k}$	2,5	MPa
Návrhová hodnota pevnosti v tlaku kolmo k vláknům:	$f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / \gamma_M$		
	$f_{c,90,d} =$	1,731	MPa
Charakteristická hodnota pevnosti ve smyku:	$f_{v,k} =$	4	MPa
Návrhová hodnota pevnosti ve smyku:	$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$		
	$f_{v,d} =$	2,769	MPa
Průměrná charakteristická hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny:	$E_{0,mean} =$	11	GPa
Průměrná návrhová hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny:	$E_{0,d} = E_{0,mean} / \gamma_M$		
	$E_{0,d} =$	8,462	GPa
Hodnota 5% -ního kvantilu modulu pružnosti:	$E_{0,05}$	7,4	GPa
	$E_{0,05,d} = E_{0,05} / \gamma_M$		
	$E_{0,05,d} =$	5,692	GPa
Průměrná charakteristická hodnota modulu pružnosti ve smyku:	$G_{mean} =$	0,69	GPa
Průměrná návrhová hodnota modulu pružnosti ve smyku:	$G_{mean,d} = G_{mean} / \gamma_M$		
	$G_{mean,d} =$	0,531	GPa
<u>Faktor imperfekce:</u>	$\beta_c = 0,2$... pro rostlé dřevo	
	$\beta_c = 0,1$... pro lepené lamelové a vrstvené dřevo	
	$\beta_c = 0,2$		
Koeficient k_m :	$k_m = 0,7$		

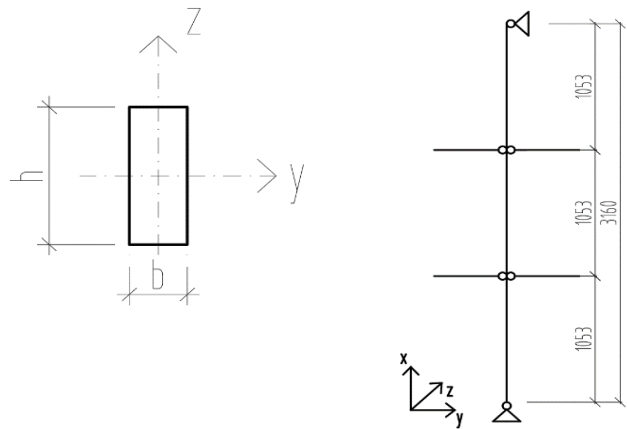
Geometrické charakteristiky průřezů:

Šířka průřezu:	b
Výška průřezu:	h
Plocha:	$A = b * h$
Moment setrvačnosti k ose "y":	$I_y = (1 / 12) * b * h^3$
Moment setrvačnosti k ose "z":	$I_z = (1 / 12) * b^3 * h$
Poloměr setrvačnosti k ose "y":	$i_y = (I_y / A)^{0,5}$
Poloměr setrvačnosti k ose "z":	$i_z = (I_z / A)^{0,5}$
Modul průřezu k ose "y":	$W_y = (1 / 6) * b * h^2$
Modul průřezu k ose "z":	$W_z = (1 / 6) * b^2 * h$



Sloupek 60x160		
b =	60	mm
h =	160	mm
A =	9600	mm ²
π =	3,142	
I _y =	20480000	mm ⁴
I _z =	2880000	mm ⁴
i _y =	46,188	mm
i _z =	17,321	mm
W _y =	256000	mm ³
W _z =	96000	mm ³

Statické schéma



Maximální osová síla - tlaková:

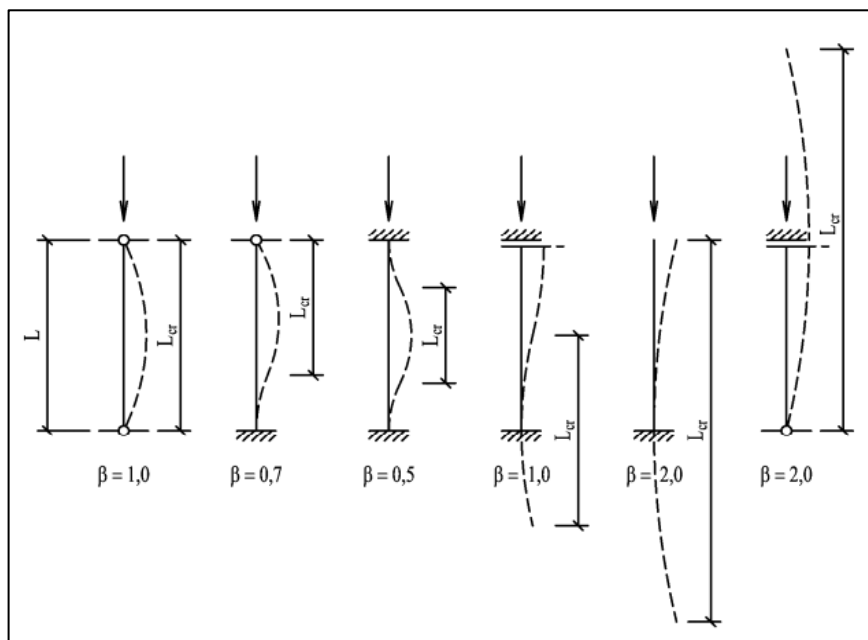
$$N_d = 14,45 \text{ kN}$$

Maximální ohybový moment okolo osy "y":

$$M_{y,d} = 0,67 \text{ kNm}$$

Maximální ohybový moment okolo osy "z":

$$M_{z,d} = 0 \text{ kNm}$$



Obrázek 19 – Základní případy vzpěrné délky

Kritická vzpěrná délka

$$L_{cr,y} = 3160 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 1053,33 \text{ mm}$$

Štíhlostní poměr pro ztrátu

Štíhlostní poměr pro ztrátu stability ohybem

stability ohybem okolo osy "y":

okolo osy "z":

$$\lambda_y = L_{cr,y} / i_y$$

$$\lambda_z = L_{cr,z} / i_z$$

$$\lambda_y = 3160 * 46,188$$

$$\lambda_z = 1053,333 * 17,321$$

$$\lambda_y = 68,416$$

$$\lambda_z = 60,814$$



Poměrná štíhlost pro ztrátu

stability ohybem okolo osy "y":

$$\lambda_{rel,y} = (\lambda_y / \pi) * (f_{c,0,k} / E_{0,05,d})^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,y} = (68,416 / \pi) * (21 / 5,692)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,y} = \mathbf{1,323}$$

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

$$k_y = 0,5 * [1 + 0,2 * (1,323 - 0,3) + 1,323^2]$$

$$k_y = \mathbf{1,477}$$

$$k_{c,y} = 1 / k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{0,5}$$

$$k_{c,y} = 1 / 1,477 + (1,477^2 - 1,323^2)^{0,5}$$

$$k_{c,y} = \mathbf{0,468}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,d} / W_y$$

$$\sigma_{m,y,d} = 670000 / 256000$$

$$\sigma_{m,y,d} = \mathbf{2,617} \quad \text{MPa}$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A$$

$$\sigma_{c,0,d} = 14450 / 9600$$

$$\sigma_{c,0,d} = \mathbf{1,505} \quad \text{MPa}$$

MSÚ - Posouzení prvku namáhaného ohybem a tlakem:

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

$$1,505 / 0,468 * 9,692 + 0,7 * 0 / 16,615 + 2,617 / 16,615 = \mathbf{0,363} \leq 1$$

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

$$1,505 / 0,561 * 9,692 + 0 / 16,615 + 0,7 * 1,505 / 16,615 = \mathbf{0,326} \leq 1$$

Sloupek na vzpěr a ohyb vyhovuje

Poměrná štíhlost pro ztrátu stability ohybem

okolo osy "z":

$$\lambda_{rel,z} = (\lambda_z / \pi) * (f_{c,0,k} / E_{0,05,d})^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,z} = (60,814 / \pi) * (21 / 5,692)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,z} = \mathbf{1,176}$$

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

$$k_z = 0,5 * [1 + 0,2 * (1,176 - 0,3) + 1,176^2]$$

$$k_z = \mathbf{1,279}$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + [k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2])^{0,5}$$

$$k_{c,z} = 1 / (1,279 + [1,279^2 - 1,176^2])^{0,5}$$

$$k_{c,z} = \mathbf{0,561}$$

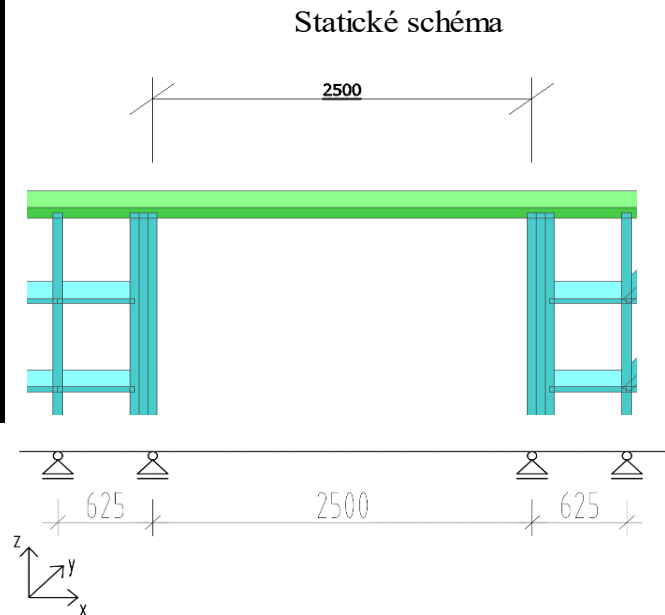
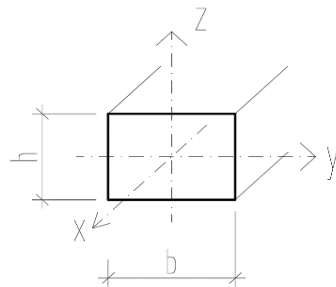
$$\sigma_{m,z,d} = M_{z,d} / W_z$$

$$\sigma_{m,z,d} = 0 / 96000$$

$$\sigma_{m,z,d} = \mathbf{0} \quad \text{MPa}$$



Pozednice 160x120		
b =	160	mm
h =	120	mm
A =	19200	mm ²
I _y =	23040000	mm ⁴
I _z =	40960000	mm ⁴
i _y =	34,641	mm
i _z =	46,188	mm
W _y =	384000	mm ³
W _z =	512000	mm ³



Maximální příčná síla námáhající průřez:

$$V_z = 21,66 \text{ kN}$$

Maximální ohybový moment okolo osy "y":

$$M_{y,d} = 2,54 \text{ kNm}$$

Kritické napětí za ohybu:

$$L = 2500 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = 0,78 * b^2 * E_{0,05,d} / h * I_{ef}$$

$$\sigma_{m,crit} = 0,78 * 160^2 * 5692 / 120 * 2500$$

$$\sigma_{m,crit} = 345,693 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,m} = (24 / 345,693)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,263$$

Součinitel příčné a torzní stability

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 * \lambda_{rel,m}$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 * 0,263$$

$$k_{crit} = 1,362$$

$$k_{crit} > 1 \Rightarrow \text{průřez neklopí}$$

MSÚ: Posouzení prvku namáhaného ohybem:

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

$$\sigma_{m,y,d} = M_y / W_y$$

$$\sigma_{m,y,d} = 2540 / 384000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 6,615 \text{ MPa} \leq 16,615 \text{ MPa}$$

Pozednice na ohyb vyhovuje



MSÚ: Posouzení prvku namáhaného smykem:

Smykové napětí:

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d} = 3 * V_z / 2 * A$$

$$\tau_{v,d} = 3 * 21660 / 2 * 0,67 * 120 * 160$$

$$\tau_{v,d} = \mathbf{2,526 \text{ Mpa} \leq 2,769 \text{ Mpa}}$$

Pozednice na smyk vyhovuje

Účinná šířka průřezu:

$$b_{ef} = k_{cr} * b$$

$$k_{cr} = 0,67$$

MSP - Posouzení prvku na průhyb

Maximální deformace uz = 2,5 mm

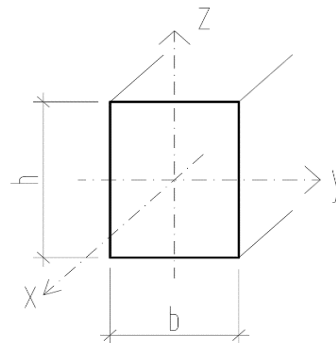
$$w_{net,fin,z} \leq L / 250$$

$$w_{net,fin,z} \leq 2500 / 250$$

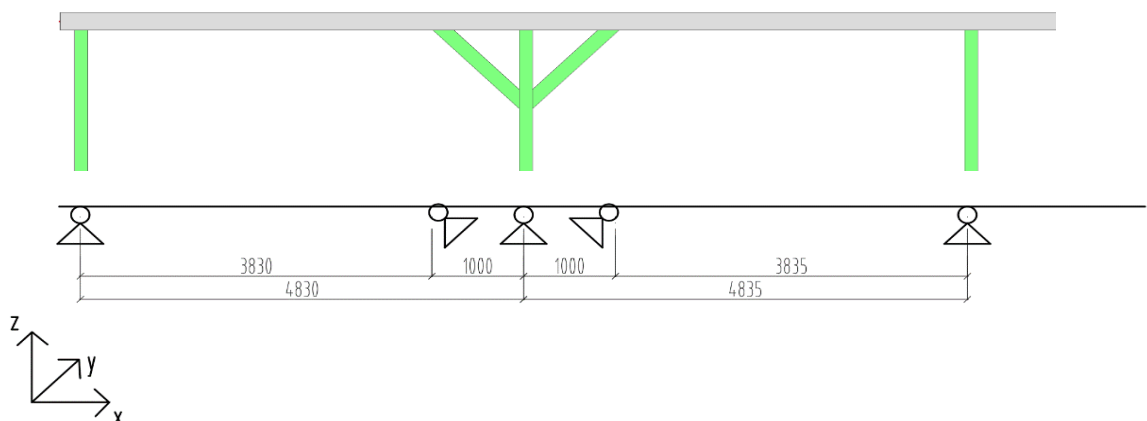
$$\mathbf{2,5 \leq 10 \text{ mm}}$$

Pozednice na průhyb vyhovuje

Vaznice 160x220		
b =	160	mm
h =	220	mm
A =	35200	mm ²
I _y =	141973333	mm ⁴
I _z =	75093333	mm ⁴
i _y =	63,509	mm
i _z =	46,188	mm
W _y =	1290667	mm ³
W _z =	938667	mm ³

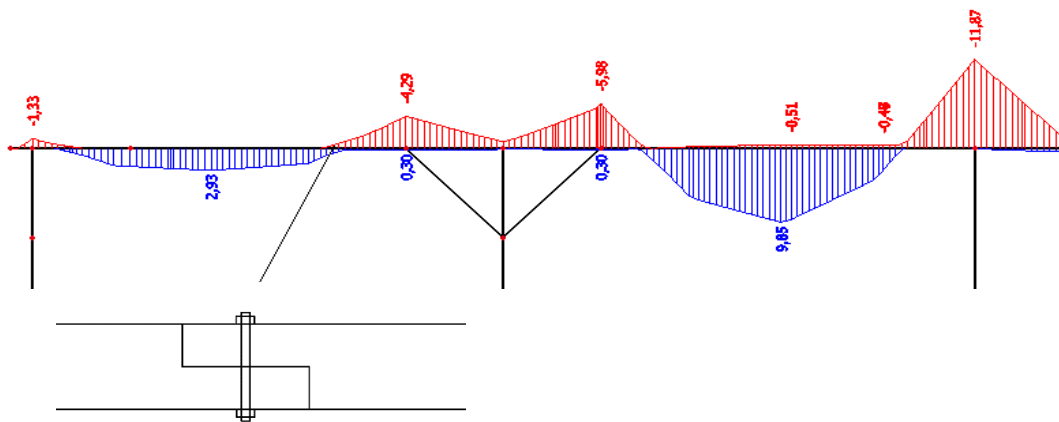


Statické schéma





Napojování vaznice v místě nulových momentů a max. po 6 m



Koeficient k_m : 0,7

Maximální ohybový moment okolo osy "y":

$$M_{y,d} = 11,87 \text{ kNm}$$

Maximální ohybový moment okolo osy "z":

$$M_{z,d} = 3,57 \text{ kNm}$$

Maximální příčné síly námáhající průřez:

$$V_{z,max} = 16,21 \text{ kN}$$

$$V_{y,max} = 7,15 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu k ose "y":

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,d} / W_y$$

$$\sigma_{m,y,d} = 11870 / 1290666$$

$$\sigma_{m,y,d} = 9,197 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu k ose "z":

$$\sigma_{m,z,d} = M_{z,d} / W_z$$

$$\sigma_{m,z,d} = 3250 / 938666$$

$$\sigma_{m,z,d} = 3,803 \text{ MPa}$$

MSÚ: Posouzení prvku na dvousý ohyb:

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

$$0,7 * 3,803 / 16,615 + 9,197 / 16,615 = 0,714 \leq 1$$

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

$$3,803 / 16,615 + 0,7 * 9,197 / 16,615 = 0,704 \leq 1$$

Vaznice na ohyb vyhovuje

Kritické napětí za ohybu:

$$L = 3830 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = 0,78 * b^2 * E_{0,05,d} / h * l_{ef}$$

$$\sigma_{m,crit} = 0,78 * 160^2 * 5,692 / 220 * 3830$$

$$\sigma_{m,crit} = 134,897 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,m} = (24 / 134,897)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,422$$

Součinitel příčné a torzní stability

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 * \lambda_{rel,m}$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 * 0,422$$

$$k_{crit} = 1,244$$

$$k_{crit} > 1 \Rightarrow \text{průřez neklopí}$$



MSÚ: Posouzení prvku namáhaného smykem:

Smykové napětí:

$$\tau_{v,d,z} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d,z} = 3 * V_{z,max} / 2 * A$$

$$\tau_{v,d,z} = 3 * 16210 / 2 * 0,67 * 160 * 220$$

$$\tau_{v,d,z} = \mathbf{1,031 \text{ Mpa} \leq 2,769 \text{ Mpa}}$$

$$\tau_{v,d,y} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d,y} = 3 * V_{y,max} / 2 * A$$

$$\tau_{v,d,y} = 3 * 7150 / 2 * 0,67 * 160 * 220$$

$$\tau_{v,d,y} = \mathbf{0,455 \text{ Mpa} \leq 2,769 \text{ Mpa}}$$

Účinná šířka průřezu:

$$b_{ef} = k_{cr} * b$$

$$k_{cr} = 0,67$$

Vaznice na smyk vyhovuje

MSP - Posouzení prvku na průhyb

Maximální deformace uz = 8,9 mm

$$w_{net,fin,z} \leq L / 250$$

$$w_{net,fin,z} \leq 3900 / 250$$

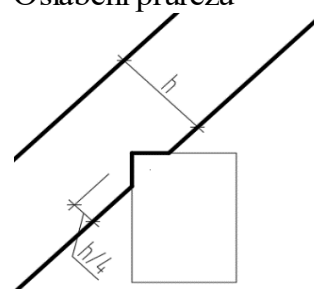
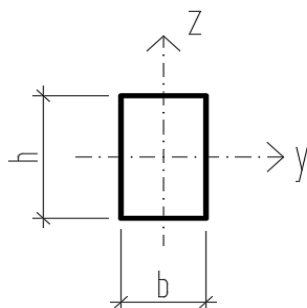
$$\mathbf{8,9 \leq 15,6 \text{ mm}}$$

Vaznice na průhyb vyhovuje

Krokev 100x160		
Celý průřez		
b =	100	mm
h =	200	mm
A =	20000	mm ²
π =	3,142	
I _y =	66666667	mm ⁴
I _z =	16666667	mm ⁴
i _y =	57,735	mm
i _z =	28,868	mm
W _y =	666667	mm ³
W _z =	333333	mm ³

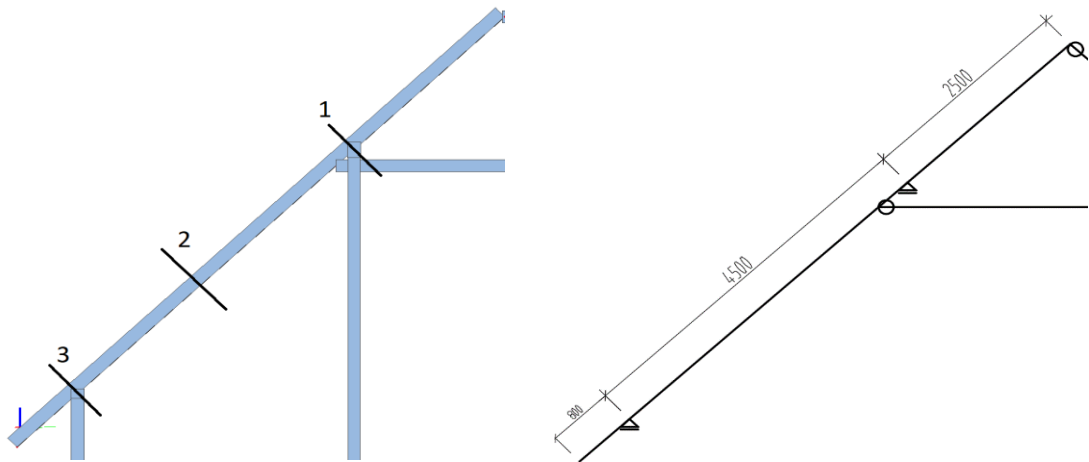
Oslabený průřez		
b =	100	mm
3/4 h =	150	mm
A =	15000	mm ²
π =	3,142	
I _y =	28125000	mm ⁴
I _z =	12500000	mm ⁴
i _y =	43,301	mm
i _z =	28,868	mm
W _y =	375000	mm ³
W _z =	250000	mm ³

Oslabení průřezu





Statické schéma



Koeficient k_m : $k_m = 0,7$

Faktor imperfekce: $\beta_c = 0,2$

Oslabený průřez:

Maximální ohybový moment okolo osy "y":

$$M_{y,d,1} = 2,53 \text{ kNm}$$

Příslušná osová síla - tlaková:

$$N_{d,1} = 4,81 \text{ kN}$$

Příslušný ohybový moment okolo osy "z":

$$M_{z,d,1} = 0 \text{ kNm}$$

Neoslabený průřez:

Maximální ohybový moment okolo osy "y":

$$M_{y,d,2} = 2,88 \text{ kNm}$$

Příslušná osová síla - tlaková:

$$N_{d,2} = 2,54 \text{ kN}$$

Příslušný ohybový moment okolo osy "z":

$$M_{z,d,2} = 0,12 \text{ kNm}$$

Oslabený průřez:

Maximální ohybový moment okolo osy "y":

$$M_{y,d,3} = 2,72 \text{ kNm}$$

Příslušná osová síla - tlaková:

$$N_{d,3} = 27,54 \text{ kN}$$

Příslušný ohybový moment okolo osy "z":

$$M_{z,d,3} = 0 \text{ kNm}$$

Maximální příčné síly námáhající průřez:

$$V_{z,max} = 4,43 \text{ kN}$$

$$V_{y,max} = 7,92 \text{ kN}$$

Návrhové hodnoty napětí k hlavním osám:

$$\sigma_{m,y,d,1} = M_{y,d,1} / W_y$$

$$\sigma_{m,y,d,1} = 2530000 / 375000$$

$$\sigma_{m,y,d,1} = \mathbf{6,747} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,2} = M_{y,d,2} / W_y$$

$$\sigma_{m,y,d,2} = 2880000 / 666667$$

$$\sigma_{m,y,d,2} = \mathbf{4,320} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,3} = M_{y,d,3} / W_y$$

$$\sigma_{m,y,d,3} = 2720000 / 375000$$

$$\sigma_{m,y,d,3} = \mathbf{7,253} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d,1} = M_{z,d,1} / W_z$$

$$\sigma_{m,z,d,1} = 0 / 250000$$

$$\sigma_{m,z,d,1} = \mathbf{0} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d,2} = M_{z,d,2} / W_z$$

$$\sigma_{m,z,d,2} = 120000 / 333333$$

$$\sigma_{m,z,d,2} = \mathbf{0,36} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d,3} = M_{z,d,3} / W_z$$

$$\sigma_{m,z,d,3} = 0 / 250000$$

$$\sigma_{m,z,d,3} = \mathbf{0} \text{ MPa}$$



Návrhové hodnoty tlakového napětí ve směru vláken:

$$\sigma_{c,0,d,1} = N_{d,1} / A$$

$$\sigma_{c,0,d,1} = 4810 / 15000$$

$$\sigma_{c,0,d,1} = \mathbf{0,241 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{c,0,d,3} = N_{d,3} / A$$

$$\sigma_{c,0,d,3} = 27540 / 15000$$

$$\sigma_{c,0,d,3} = \mathbf{1,836 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{c,0,d,2} = N_{d,2} / A$$

$$\sigma_{c,0,d,2} = 2540 / 20000$$

$$\sigma_{c,0,d,2} = \mathbf{0,127 \text{ MPa}}$$

Kritická vzpěrná délka

$$L_{cr,y} = 4500 \text{ mm}$$

Štíhlostní poměr pro ztrátu stability

ohybem okolo osy "y":

$$\lambda_y = L_{cr,y} / i_y$$

$$\lambda_y = 4500 * 57,735$$

$$\lambda_y = \mathbf{77,942}$$

Poměrná štíhlost pro ztrátu stability

ohybem okolo osy "y":

$$\lambda_{rel,y} = (\lambda_y / \pi) * (f_{c,0,k} / E_{0,05,d})^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,y} = (77,942 / \pi) * (21 / 5692)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,y} = \mathbf{1,507}$$

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

$$k_y = 0,5 * [1 + 0,2 * (1,507 - 0,3) + 1,507^2]$$

$$k_y = \mathbf{1,756}$$

$$k_{c,y} = 1 / k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{0,5}$$

$$k_{c,y} = 1 / 1,756 + (1,756^2 - 1,507^2)^{0,5}$$

$$k_{c,y} = \mathbf{0,376}$$

$$L_{cr,z} = 500 \text{ mm}$$

Štíhlostní poměr pro ztrátu stability

ohybem okolo osy "z":

$$\lambda_z = L_{cr,z} / i_z$$

$$\lambda_z = 400 * 28,868$$

$$\lambda_z = \mathbf{17,321}$$

Poměrná štíhlost pro ztrátu stability

ohybem okolo osy "z":

$$\lambda_{rel,z} = (\lambda_z / \pi) * (f_{c,0,k} / E_{0,05,d})^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,z} = (17,321 / \pi) * (21 / 5692)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,z} = \mathbf{0,335}$$

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

$$k_z = 0,5 * [1 + 0,2 * (0,335 - 0,3) + 0,335^2]$$

$$k_z = \mathbf{0,560}$$

$$k_{c,z} = 1 / k_z + (k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{0,5}$$

$$k_{c,z} = 1 / 0,560 + (0,560^2 - 0,335^2)^{0,5}$$

$$k_{c,z} = \mathbf{0,992}$$

MSÚ: Posouzení prvku namáhaného ohybem a tlakem:

Oslabený průřez "1":

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

$$0,241 / 0,992 * 14,538 + 0 / 16,615 + 0,7 * 6,747 / 16,615 = \mathbf{0,301 \leq 1}$$

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

$$0,241 / 0,376 * 14,538 + 0,7 * 0 / 16,615 + 6,747 / 16,615 = \mathbf{0,450 \leq 1}$$

Celý průřez "2":

$$\sigma_{c,0,d,2} / k_{c,z} * f_{c,0,d} + \sigma_{m,z,d,2} / f_{m,z,d} + k_m * \sigma_{m,y,d,2} / f_{m,y,d} \leq 1$$

$$0,127 / 0,992 * 14,538 + 0,36 / 16,615 + 0,7 * 4,320 / 16,615 = \mathbf{0,212 \leq 1}$$

$$\sigma_{c,0,d,2} / k_{c,y} * f_{c,0,d} + k_m * \sigma_{m,z,d,2} / f_{m,z,d} + \sigma_{m,y,d,2} / f_{m,y,d} \leq 1$$

$$0,127 / 0,376 * 14,538 + 0,7 * 0,36 / 16,615 + 4,320 / 16,615 = \mathbf{0,298 \leq 1}$$



Oslabený průřez "3":

$$\sigma_{c,0,d,3} / k_{c,z} * f_{c,0,d} + \sigma_{m,z,d,3} / f_{m,z,d} + k_m * \sigma_{m,y,d,3} / f_{m,y,d} \leq 1$$

$$1,836 / 0,992 * 14,538 + 0 / 16,615 + 0,7 * 7,253 / 16,615 = \mathbf{0,433} \leq \mathbf{1}$$

$$\sigma_{c,0,d,3} / k_{c,y} * f_{c,0,d} + k_m * \sigma_{m,z,d,3} / f_{m,z,d} + \sigma_{m,y,d,3} / f_{m,y,d} \leq 1$$

$$1,836 / 0,376 * 14,538 + 0,7 * 0 / 16,615 + 7,253 / 16,615 = \mathbf{0,772} \leq \mathbf{1}$$

Krokov na vzěpr a ohyb vyhovuje

MSÚ: Posouzení prvku namáhaného smykem:

Smykové napětí:

$$\tau_{v,d,z} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d,z} = 3 * V_{z,max} / 2 * A$$

$$\tau_{v,d,z} = 3 * 4430 / 2 * 0,67 * 100 * 120$$

$$\tau_{v,d,z} = \mathbf{0,661} \text{ Mpa} \leq \mathbf{2,769} \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d,y} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d,y} = 3 * V_{y,max} / 2 * A$$

$$\tau_{v,d,y} = 3 * 7920 / 2 * 0,67 * 100 * 160$$

$$\tau_{v,d,y} = \mathbf{0,887} \text{ Mpa} \leq \mathbf{2,769} \text{ MPa}$$

Účinná šířka průřezu:

$$b_{ef} = k_{cr} * b$$

$$k_{cr} = 0,67$$

Krokov na smyk vyhovuje

MSP - Posouzení prvku na průhyb

$$\text{Maximální deformace } u_z = 15,6 \text{ mm}$$

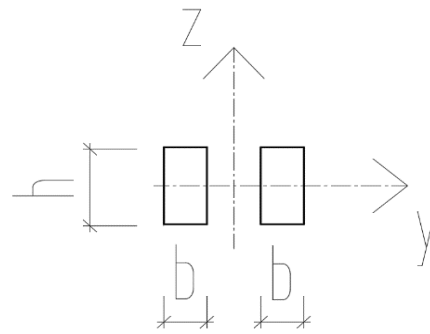
$$w_{net,fin,z} \leq L / 250$$

$$w_{net,fin,z} \leq 4500 / 250$$

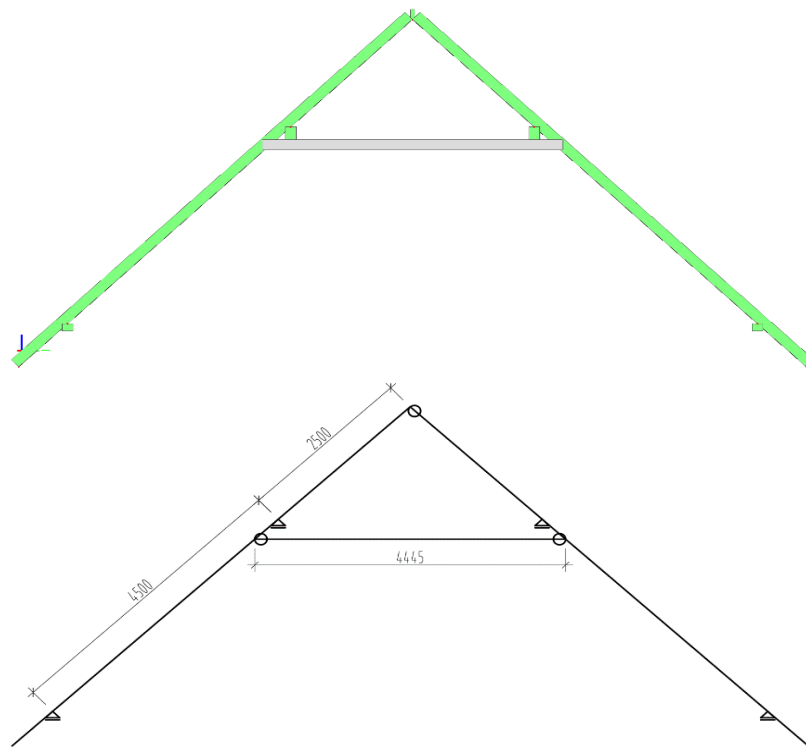
$$\mathbf{15,6} \leq \mathbf{18} \text{ mm} \quad \text{Krokov na průhyb vyhovuje}$$



Kleština (2x80)x160		
b =	80	mm
h =	160	mm
A =	25600	mm ²
π =	3,142	
I _y =	27306667	mm ⁴
I _z =	6826667	mm ⁴
i _y =	32,660	mm
i _z =	16,330	mm
W _y =	341333	mm ³
W _z =	170667	mm ³



Statické schéma



Maximální ohybový moment okolo osy "y":

$$M_{y,d,1} = 3,01 \text{ kNm}$$

Příslušná osová síla - tlaková:

$$N_{d,1} = 10,56 \text{ kN}$$

Příslušný ohybový moment okolo osy "z":

$$M_{z,d,1} = 0 \text{ kNm}$$

Maximální příčná síly námáhající průřez:

$$V_{z,max} = 3 \text{ kN}$$

$$V_{y,max} = 0 \text{ kN}$$

Maximální osová síla - tahová:

$$N_{t,d} = 5,54 \text{ kN}$$

Příslušné momenty:

$$M_{y,d,t} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{z,d,t} = 0 \text{ kNm}$$



Návrhové hodnoty napětí k hlavním osám:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,y,d,1} &= M_{y,d,1} / W_y & \sigma_{m,z,d,1} &= M_{z,d,1} / W_z \\ \sigma_{m,y,d,1} &= 3010000 / 341333 & \sigma_{m,z,d,1} &= 0 / 170667 \\ \sigma_{m,y,d,1} &= \mathbf{8,818} \text{ MPa} & \sigma_{m,z,d,1} &= \mathbf{0} \text{ MPa} \end{aligned}$$

Návrhové hodnoty tlakového napětí ve směru vláken:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d,1} &= N_{d,1} / A \\ \sigma_{c,0,d,1} &= 10560 / 25600 \\ \sigma_{c,0,d,1} &= \mathbf{0,413} \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kritická vzpěrná délka

$$L_{cr,y} = 4445 \text{ mm} \qquad L_{cr,z} = 500 \text{ mm}$$

Štíhlostní poměr pro ztrátu stability ohybem okolo osy "y":

$$\begin{aligned} \lambda_y &= L_{cr,y} / i_y \\ \lambda_y &= 4445 / 32,660 \\ \lambda_y &= \mathbf{136,100} \end{aligned}$$

Štíhlostní poměr pro ztrátu stability ohybem okolo osy "z":

$$\begin{aligned} \lambda_z &= L_{cr,z} / i_z \\ \lambda_z &= 500 / 16,330 \\ \lambda_z &= \mathbf{30,619} \end{aligned}$$

Poměrná štíhlost pro ztrátu stability ohybem okolo osy "y":

$$\begin{aligned} \lambda_{rel,y} &= (\lambda_y / \pi) * (f_{c,0,k} / E_{0,05,d})^{0,5} \\ \lambda_{rel,y} &= (136,1 / \pi) * (21 / 5692)^{0,5} \\ \lambda_{rel,y} &= \mathbf{2,631} \\ k_y &= 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] \\ k_y &= 0,5 * [1 + 0,2 * (2,631 - 0,3) + 2,631^2] \\ k_y &= \mathbf{4,195} \\ k_{c,y} &= 1 / k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{0,5} \\ k_{c,y} &= 1 / 4,195 + (4,195^2 - 2,631^2)^{0,5} \\ k_{c,y} &= \mathbf{0,134} \end{aligned}$$

Poměrná štíhlost pro ztrátu stability ohybem okolo osy "z":

$$\begin{aligned} \lambda_{rel,z} &= (\lambda_z / \pi) * (f_{c,0,k} / E_{0,05,d})^{0,5} \\ \lambda_{rel,z} &= (30,619 / \pi) * (21 / 5692)^{0,5} \\ \lambda_{rel,z} &= \mathbf{0,592} \\ k_z &= 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] \\ k_z &= 0,5 * [1 + 0,2 * (0,592 - 0,3) + 0,592^2] \\ k_z &= \mathbf{0,704} \\ k_{c,z} &= 1 / k_z + (k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{0,5} \\ k_{c,z} &= 1 / 0,704 + (0,704^2 - 0,592^2)^{0,5} \\ k_{c,z} &= \mathbf{0,921} \end{aligned}$$

MSÚ: Posouzení prvku namáhaného ohybem a tlakem:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d,1} / k_{c,z} * f_{c,0,d} + \sigma_{m,z,d,1} / f_{m,z,d} + k_m * \sigma_{m,y,d,1} / f_{m,y,d} &\leq 1 \\ 0,413 / 0,921 * 14,538 + 0 / 16,615 + 0,7 * 8,818 / 16,615 &= \mathbf{0,402} \leq 1 \\ \sigma_{c,0,d,1} / k_{c,y} * f_{c,0,d} + k_m * \sigma_{m,z,d,1} / f_{m,z,d} + \sigma_{m,y,d,1} / f_{m,y,d} &\leq 1 \\ 0,413 / 0,134 * 14,538 + 0,7 * 0 / 16,615 + 4,409 / 16,615 &= \mathbf{0,742} \leq 1 \end{aligned}$$

Kleština na vzěpr a ohyb vyhovuje



Návrhové hodnoty tahového napětí ve směru vláken:

$$\sigma_{t,0,d} = N_{d,t} / A$$

$$\sigma_{t,0,d} = 5540 / 25600$$

$$\sigma_{t,0,d} = \mathbf{0,216} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d,t} = M_{y,d,t} / W_y$$

$$\sigma_{m,y,d,t} = 0 / 341333$$

$$\sigma_{m,y,d,t} = \mathbf{0} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d,t} = M_{z,d,t} / W_z$$

$$\sigma_{m,z,d,t} = 0 / 170667$$

$$\sigma_{m,z,d,t} = \mathbf{0} \text{ MPa}$$

MSÚ: Posouzení prvku namáhaného ohybem a tahem:

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

$$0,216 / 0,921 * 9,692 + 0 / 16,615 + 0,7 * 0 / 16,615 = \mathbf{0,016} \leq \mathbf{1}$$

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

$$0,216 / 0,134 * 9,692 + 0,7 * 0 / 16,615 + 0 / 16,615 = \mathbf{0,111} \leq \mathbf{1}$$

Kleština na tah a ohyb vyhovuje

MSÚ: Posouzení prvku namáhaného smykem:

Účinná šířka průřezu:

$$b_{ef} = k_{cr} * b$$

$$k_{cr} = \mathbf{0,67}$$

Smykové napětí:

$$\tau_{v,d,z} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d,z} = 3 * V_{z,max} / 2 * A$$

$$\tau_{v,d,z} = 3 * 5540 / 2 * 0,67 * 80 * 160$$

$$\tau_{v,d,z} = \mathbf{0,525} \text{ MPa} \leq \mathbf{2,769} \text{ MPa}$$

Kleština na smyk vyhovuje

MSP - Posouzení prvku na průhyb

$$\text{Maximální deformace uz} = \mathbf{14,7} \text{ mm}$$

$$w_{net,fin,z} \leq L / 250$$

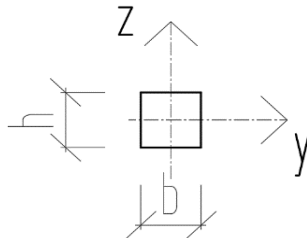
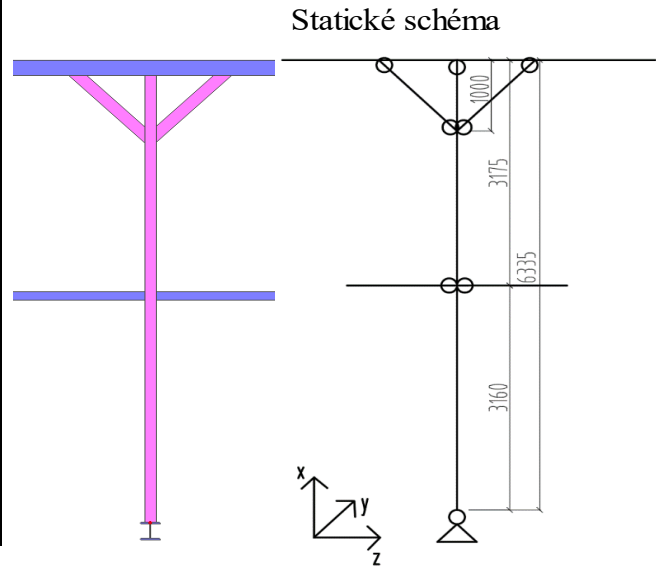
$$w_{net,fin,z} \leq 4445 / 250$$

$$\mathbf{14,7} \leq \mathbf{17,78} \text{ mm}$$

Kleština na průhyb vyhovuje



Sloupek krovu 150x150		
b=	150	mm
h=	150	mm
A=	22500	mm ²
π=	3,142	
L=	3160	mm
I _y =	42187500	mm ⁴
I _z =	42187500	mm ⁴
i _y =	43,301	mm
i _z =	43,301	mm
W _y =	562500	mm ³
W _z =	562500	mm ³



Maximální osová síla - tlaková

$N_d = 53,6 \text{ kN}$

Príslušný ohybový moment okolo osy "y"

$M_{y,d} = 0,42 \text{ kNm}$

Príslušný ohybový moment okolo osy "z"

$M_{z,d} = 0 \text{ kNm}$

Kritická vzpěrná délka

$L_{cr,y} = 3160 \text{ mm}$

$L_{cr,z} = 3160 \text{ mm}$

Štíhlostní poměr pro ztrátu stability ohybem okolo osy

Štíhlostní poměr pro ztrátu stability ohybem okolo osy "z":

$\lambda_y = L_{cr,y} / i_y$

$\lambda_z = L_{cr,z} / i_z$

$\lambda_y = 3160 * 43,301$

$\lambda_z = 3160 * 43,301$

$\lambda_y = 72,977$

$\lambda_z = 72,977$

Poměrná štíhlost pro ztrátu stability ohybem okolo osy "y":

Poměrná štíhlost pro ztrátu stability ohybem okolo osy "z":

$\lambda_{rel,y} = (\lambda_y / \pi) * (f_{c,0,k} / E_{0,05,d})^{0,5}$

$\lambda_{rel,z} = (\lambda_z / \pi) * (f_{c,0,k} / E_{0,05,d})^{0,5}$

$\lambda_{rel,y} = (72,977 / \pi) * (21 / 5692)^{0,5}$

$\lambda_{rel,z} = (72,977 / \pi) * (21 / 5692)^{0,5}$

$\lambda_{rel,y} = 1,411$

$\lambda_{rel,z} = 1,411$

$\beta_c = 0,2$

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

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

$k_y = 0,5 * [1 + 0,2 * (1,411 - 0,3) + 1,411^2]$

$k_z = 0,5 * [1 + 0,2 * (1,411 - 0,3) + 1,411^2]$

$k_y = 1,606$

$k_z = 1,606$



$$k_{c,y} = 1 / k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{0,5}$$

$$k_{c,y} = 1 / 1,606 + (1,606^2 - 1,411^2)^{0,5}$$

$$k_{c,y} = \mathbf{0,421}$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = N_d / A$$

$$\sigma_{c,0,d} = 53600 / 22500$$

$$\sigma_{c,0,d} = \mathbf{2,382 \text{ MPa}}$$

$$k_{c,z} = 1 / k_z + (k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{0,5}$$

$$k_{c,z} = 1 / 1,606 + (1,606^2 - 1,411^2)^{0,5}$$

$$k_{c,z} = \mathbf{0,421}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,d} / W_y$$

$$\sigma_{m,y,d} = 420000 / 562500$$

$$\sigma_{m,y,d} = \mathbf{0,747 \text{ MPa}}$$

MSÚ - Posouzení prvku namáhaného ohybem a tlakem:

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

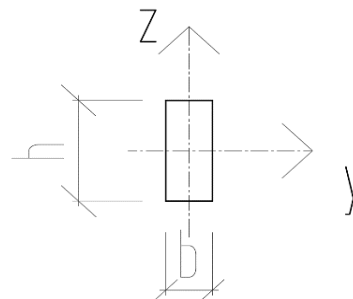
$$2,382 / 0,421 * 9,692 + 0 / 16,615 + 0,7 * 0,747 / 16,615 = \mathbf{0,430 \leq 1}$$

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

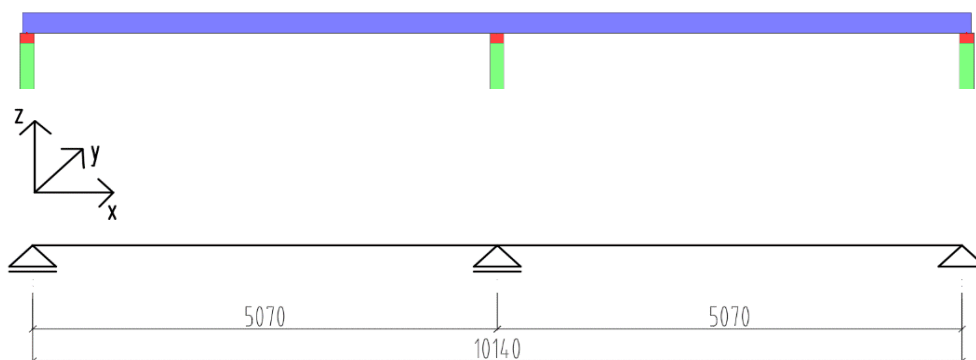
$$2,382 / 0,421 * 9,692 + 0,7 * 0 / 16,615 + 0,747 / 16,615 = \mathbf{0,430 \leq 1}$$

Sloup na vzpěr a ohyb vyhovuje

Stropní nosník 100x240		
b =	100	mm
h =	240	mm
A =	24000	mm ²
I _y =	115200000	mm ⁴
I _z =	20000000	mm ⁴
i _y =	69,282	mm
i _z =	28,868	mm
W _y =	960000	mm ³
W _z =	400000	mm ³



Statické schéma



Maximální příčná síla námáhající průřez:

$$V_z = \mathbf{7,76 \text{ kN}}$$

Maximální ohybový moment okolo osy "y":

$$M_{y,d} = \mathbf{7,92 \text{ kNm}}$$



Kritické napětí za ohybu:

$L = 2500$ mm ...klopení je bráněno příčnými hranoly po 2500 mm

$$\sigma_{m,crit} = 0,78 * b^2 * E_{0,05,d} / h * l_{ef}$$

$$\sigma_{m,crit} = 0,78 * 100^2 * 5692 / 240 * 2500$$

$$\sigma_{m,crit} = \mathbf{67,518} \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,m} = (24 / 67,518)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel,m} = \mathbf{0,596}$$

Součinitel příčné a torzní stability

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 * \lambda_{rel,m}$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 * 0,596$$

$$k_{crit} = \mathbf{1,113}$$

$k_{crit} > 1 \Rightarrow$ průřez neklopí

MSÚ: Posouzení prvku namáhaného ohybem:

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

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,d} / W_y$$

$$\sigma_{m,y,d} = 7920 / 960000$$

$$\sigma_{m,y,d} = \mathbf{8,250} \text{ MPa} \leq \mathbf{16,615} \text{ MPa}$$

Stropní nosník na ohyb vyhovuje

MSÚ: Posouzení prvku namáhaného smykem:

Smykové napětí:

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d} = 3 * V_z / 2 * A$$

$$\tau_{v,d} = 3 * 7760 / 2 * 0,67 * 100 * 240$$

$$\tau_{v,d} = \mathbf{0,724} \text{ Mpa} \leq \mathbf{2,769} \text{ MPa}$$

Účinná šířka průřezu:

$$b_{ef} = k_{cr} * b$$

$$k_{cr} = 0,67$$

Stropní nosník na smyk vyhovuje

MSP - Posouzení prvku na průhyb

Maximální deformace uz = 5,3 mm

$$w_{net,fin,z} \leq L / 250$$

$$w_{net,fin,z} \leq 5070 / 250$$

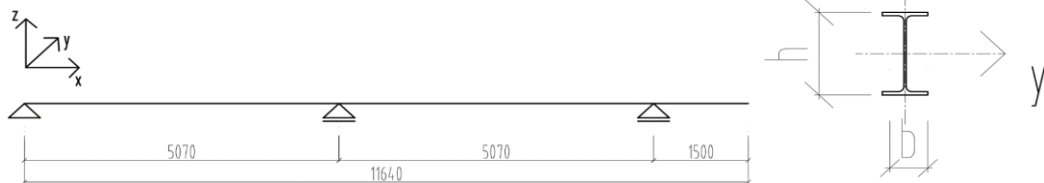
$$\mathbf{5,3} \leq \mathbf{20,28} \text{ mm}$$

Stropní nosník na průhyb vyhovuje



Strpní nosník - IPE 240					
b =	120	mm	i _y =	100	mm
h =	240	mm	i _z =	27	mm
A =	3912	mm ²	W _{pl,y} =	366600	mm ³
A _{v,z} =	1914	mm ²	W _{pl,z} =	73920	mm ³
I _y =	38920000	mm ⁴	π =	3,142	
I _z =	2836000	mm ⁴	Ocel	S235	

Statické schéma



Maximální příčná síly námáhající průřez:

$$V_{z,max} = 10,77 \text{ kN}$$

Maximální ohybový moment okolo osy "y"

$$M_{y,d} = 10,11 \text{ kNm}$$

MSÚ: Posouzení prvku na smyk:

$$V_{c,rd} = V_{pl,rd} = A_{v,z} * (f_y / 3^{0,5}) / \gamma_{m0}$$

$$V_{c,rd} = 1914 * (235 / 3^{0,5}) / 1$$

$$V_{c,rd} = 259,686 \text{ kN}$$

$$V_{z,max} / V_{c,rd} \leq 1$$

$$10,77 / 259,686 \leq 1$$

$$0,041 \leq 1 \text{ Stropní IPE nosník na smyk vyhovuje}$$

MSÚ: Posouzení prvku na ohyb:

$$M_{b,rd} = \chi_{LT} * W_{pl,y} * f_y / \gamma_{M,1}$$

$$\chi_{LT} = 0,5 - \text{Odhadnutá hodnota}$$

$$M_{b,rd} = 0,5 * 366600 * 235 / 1$$

$$M_{b,rd} = 43,076 \text{ kNm}$$

$$M_{y,d} / M_{b,rd} \leq 1$$

$$10,11 / 43,076 \leq 1$$

$$0,235 \leq 1 \text{ Stropní IPE nosník na ohyb vyhovuje}$$

MSP: Posouzení prvku na průhyb:

Maximální deformace uz = 1,5 mm ...vykonzolování

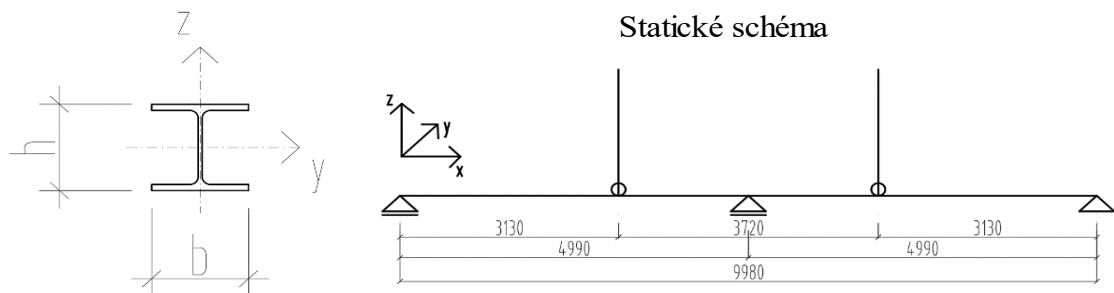
$$\delta_{max} \leq L / 150$$

$$\delta_{max} \leq 1500 / 150$$

$$1,5 \leq 10 \text{ mm Stropní IPE nosník na průhyb vyhovuje}$$



Vazný trám - HEB 240					
b =	240	mm	$i_y =$	103	mm
h =	240	mm	$i_z =$	61	mm
A =	10600	mm ²	$W_{pl,y} =$	1053000	mm ³
$A_{v,z} =$	3323	mm ²	$W_{pl,z} =$	498400	mm ³
$I_y =$	112600000	mm ⁴	$\pi =$	3,142	
$I_z =$	39230000	mm ⁴	Ocel	S235	



Maximální příčná síly námáhající průřez:

$$V_{z,max} = 42,71 \text{ kN}$$

Maximální ohybový moment okolo osy "y"

$$M_{y,d} = 39,22 \text{ kNm}$$

MSÚ: Posouzení prvku na smyk:

$$V_{c,rd} = V_{pl,rd} = A_{v,z} * (f_y / 3^{0,5}) / \gamma_{m0}$$

$$V_{c,rd} = 3323 * (235 / 3^{0,5}) / 1$$

$$V_{c,rd} = 450,856 \text{ kN}$$

$$V_{z,max} / V_{c,rd} \leq 1$$

$$42,71 / 450,856 \leq 1$$

$$0,095 \leq 1$$

Vazný trám na smyk vyhoví

MSÚ: Posouzení prvku na ohyb:

$$M_{b,rd} = \chi_{LT} * W_{pl,y} * f_y / \gamma_{M,1}$$

$\chi_{LT} = 0,5$ - Odhadnutá hodnota

$$M_{b,rd} = 0,5 * 1053000 * 235 / 1$$

$$M_{b,rd} = 123,728 \text{ kNm}$$

$$M_{y,d} / M_{b,rd} \leq 1$$

$$39,22 / 123,728 \leq 1$$

$$0,317 \leq 1$$

Vazný trám na ohyb vyhoví

MSP: Posouzení prvku na průhyb:

Maximální deformace uz = 2,4 mm

$$\delta_{max} \leq L / 250$$

$$\delta_{max} \leq 4990 / 250$$

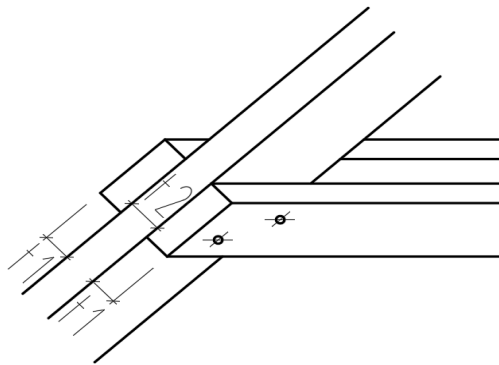
$$2,4 \leq 19,96 \text{ mm}$$

Vazný trám na průhyb vyhoví

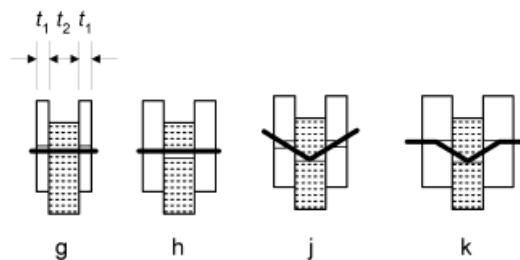


Posouzení detailu svorníkového spoje kleština - krokev:

Spoj bude doplněný o statickou hmoždinku Buldog



Charakteristická hustota dřeva:	$\rho_k =$	380	kg/m ³
Charakteristická hodnota pevnosti oceli svorníku v tahu:	$f_{u,k} =$	800	MPa
Úhel působící síly ke směru vláken pro krokev:	$\alpha_2 =$	58,71	deg
Úhel působící síly ke směru vláken pro kleštinu:	$\alpha_1 =$	15,71	deg
Průměr svorníku:	$d =$	14	mm
Tloušťka střední části:	$t_2 =$	100	mm
Tloušťka vnější části:	$t_1 =$	80	mm
Charakteristická hodnota plastického momentu spojovacího prostředku:	$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$		
	$M_{y,Rk} = 0,3 * 800 * 14^{2,6}$		
	$M_{y,Rk} =$	229163	Nmm



Obrázek 20 – Způsoby porušení pro spoje ze dřeva a desek (3)

Charakteristická pevnost v otláčení stěny otvoru:

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

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * 14) * 380$$

$$f_{h,0,k} = \mathbf{26,798} \text{ MPa}$$

Součinitel k₉₀ pro jehličnaté dřevo:

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

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * 14$$

$$k_{90} = \mathbf{1,56}$$



Charakteristická pevnost stěny otvoru pod úhlem alfa ke směru vláken:

$$f_{h,1,k} = f_{h,0,k} / k_{90} * \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1 \quad f_{h,2,k} = f_{h,0,k} / k_{90} * \sin^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_2$$

$$f_{h,1,k} = 26,798 / 1,56 * 0,271^2 + 0,963^2 \quad f_{h,2,k} = 26,798 / 1,56 * 0,885^2 + 0,519^2$$

$$f_{h,1,k} = \quad \mathbf{19,020} \quad \text{MPa} \quad f_{h,2,k} = \quad \mathbf{25,741} \quad \text{MPa}$$

$$\beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$$

$$\beta = 25,741 / 19,020$$

$$\beta = \quad 1,353 \quad \sin \alpha_1 = 0,271 \quad \sin \alpha_2 = 0,855$$

$$\cos \alpha_1 = 0,963 \quad \cos \alpha_2 = 0,519$$

Charakteristická odolnost pro spojovací prostředky dvoustrážně namáhané:

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

Příspěvek k únosnosti od účinků sepnutí spoje $F_{ax,Rk}$ je **25%** z Johansenovy části

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

Obrázek 21 – Procent. omezení příspěvku $F_{ax,Rk}$ k únosnosti od účinku sepnutí spoje z Johansenovy části (3)

$$F_{v,r,k} = \min \quad \begin{array}{l} g) 26628 \text{ N} \\ h) \mathbf{14415 \text{ N}} \\ j) 15248 \text{ N} \\ k) 17031 \text{ N} \end{array}$$

$k_{mod} = 0,8$ modifikační součinitel

$\gamma_M = 1,3$ dílčí součinitel spolehlivosti vlastnosti materiálu pro spoje



Návrhová odolnost pro jeden stříh spojovacího prostředku:

$$F_{v,r,d} = k_{mod} * F_{v,r,k} / \gamma_M$$

$$F_{v,r,d} = 0,8 * 14415 / 1,3$$

$$F_{v,r,d} = \mathbf{8870,665 \text{ N}}$$

Počet spojujících prostředků v řadě: $n = 1$

Počet řad spojujících prostředků: $n_m = 2$

Počet stříhových ploch spojovacího prostředku: $n_s = 2$

Návrhová síla působící na spoj: $N_d = 11324 \text{ N}$

Posouzení na namáhání stříhem:

$$N_d / F_{v,r,d} * n * n_m * n_s \leq 1,0$$

$$11324 / 8870,665 * 1 * 2 * 2 = \mathbf{0,319 \leq 1,0} \text{ Vyhovuje}$$

Určení nejmenších vzdáleností pro svorníky

Rozteče a vzdálenosti od konců/okrajů (viz obrázek 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)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 d$
$a_{3,t}$ (zatížený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7 d; 80 \text{ mm})$
$a_{3,c}$ (nezatížený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$(1 + 6 \sin \alpha) d$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4 d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$(1 + 6 \sin \alpha) d$
$a_{4,t}$ (zatížený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max [(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$
$a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 d$

Obrázek 22 – Minimální hodnoty roztečí a vzdáleností od okrajů a konců pro svorníky (3)

A) Kleština, $\alpha = 15,71 \text{ deg}$

$$a_1 = 70 \text{ mm}$$

$$a_2 = 56 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = 98 \text{ mm}$$

$$a_{3,c} = 56 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = 42 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 42 \text{ mm}$$

B) Krokev, $\alpha = 58,71 \text{ deg}$

$$a_1 = 64 \text{ mm}$$

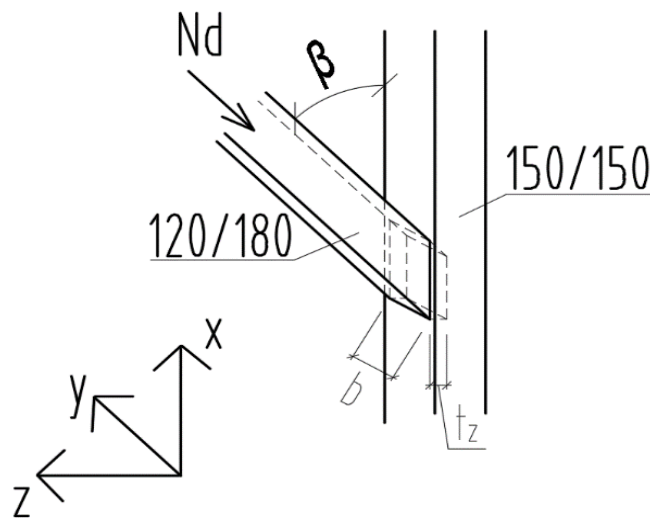
$$a_2 = 56 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = 42 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 52 \text{ mm}$$



Posouzení detailu jednoduchého zapuštění pásek - sloup krovu:



Návrhová síla působící na spoj :	N =	41,82 kN
Úhel sevřený šikmým a svislým prvkem:	$\beta =$	45 deg
Šířka zapuštění:	b =	120 mm
Hloubka zapuštění:	$t_z =$	50 mm

Součinitel zohledňující uspořádání zatížení:	$k_{c,90} =$	1
	$\alpha = \beta / 2$	22,5 deg
	$\cos \beta =$	0,707
	$\sin \alpha =$	0,383
	$\cos \alpha =$	0,924

Návrhová pevnost v tlaku šikmo k vláknům:

$$f_{c,\alpha,d} = f_{c,0,d} / (f_{c,0,d} / k_{c,90} * f_{c,90,d}) * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha$$
$$f_{c,\alpha,d} = 14,538 / (14,538 / 1,0 * 1,731) * 0,383^2 + 0,924^2$$
$$f_{c,\alpha,d} = \mathbf{6,977} \quad \text{MPa}$$

Posouzení zapuštění na otláčení a usmyknutí:

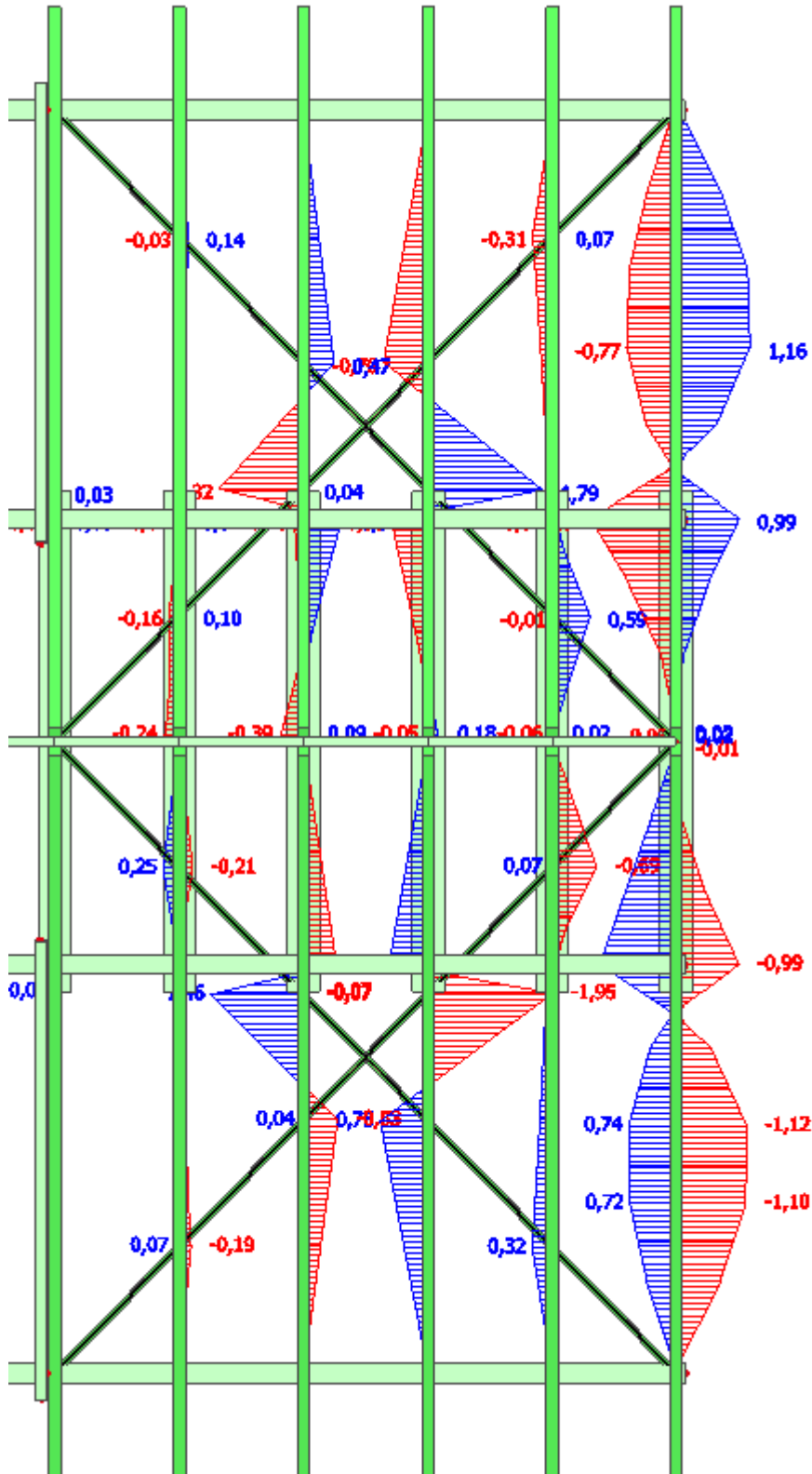
$$\sigma_{c,\alpha,d} = N_d * \cos^2 \alpha / b * t_z \leq f_{c,\alpha,d}$$
$$\sigma_{c,\alpha,d} = 41820 * 0,924^2 / 120 * 50$$
$$\sigma_{c,0,d} = \mathbf{5,949} \quad \text{MPa} \leq \mathbf{6,977} \quad \text{MPa}$$

Šikmé jednoduché zapuštění vyhovuje



5 Zavětrování krovu

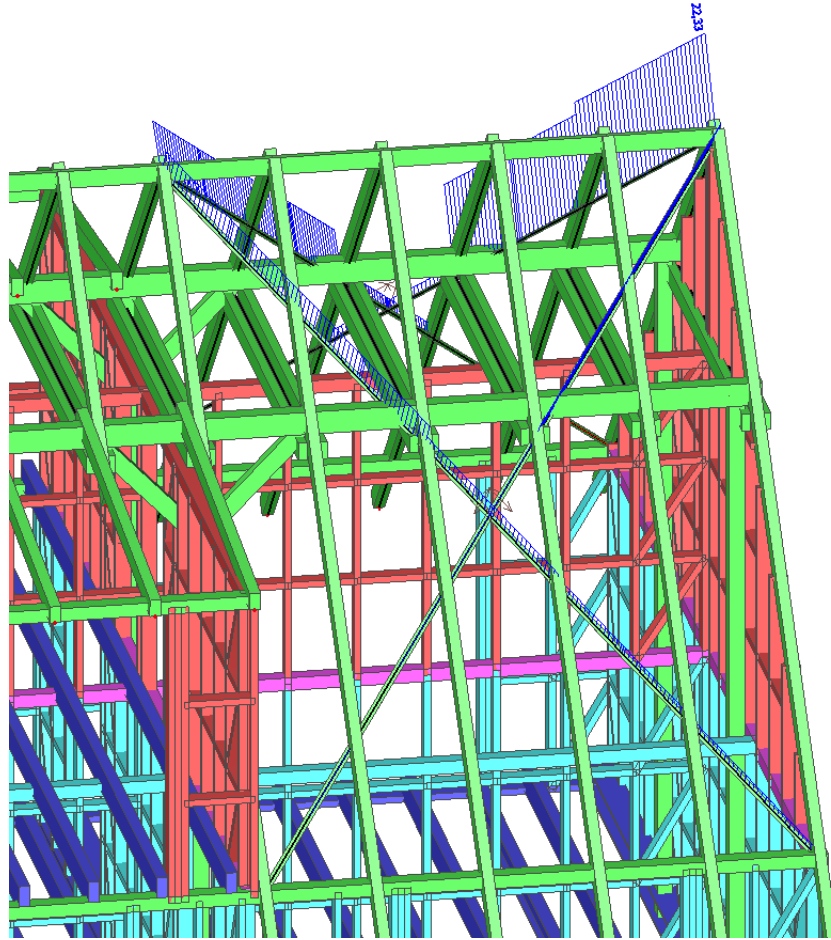
Použití zavětrovacích Bova pasů: Průběh momentů M_z



Obrázek 23 – Průběh momentů M_z na konstrukci s Bova pasy



MSÚ: Průběh normálových sil na Bova pasu:



Obrázek 25 – Průběh normálových sil na Bova pasu

Posouzení Bova pasu:

Pro výpočet osově síly byl použit nelineární výpočet, kde se bral v úvahu jenom tah.

Maximální osová síla tahová namáhající pas: $N_{t,d} = 22,33$ kN

Únosnost zavětrovacího pasu:

Bova BV /ZP 10-03 (viz. technický list strana 52) $F_{u,d} = 24,28$ kN

$N_{t,d} = 22,33$ kN < $F_{u,d} = 24,28$ kN

Bova pas na tah vyhoví.



Technický list Bova pasu:

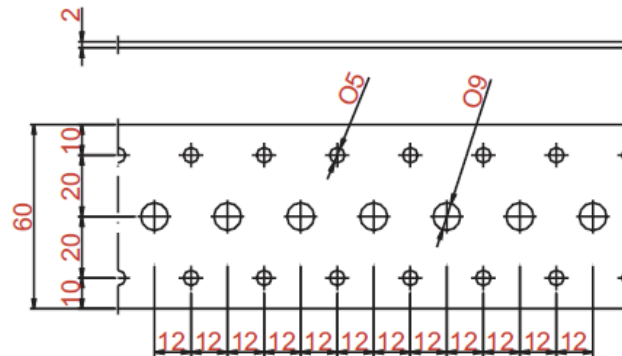


ZAVĚTROVACÍ PAS BV/ZP

10-03



tloušťka plechu 2,0 mm
rozměrová řada:
délka do 80,0 m (udává se v metrech)
šíře 60 mm
otvory ϕ 5,0 a 9 mm
spojovací prostředky:
hřebík BV/KH ϕ 4,0 mm



Platí stejná pravidla pro rozmístění hřebíků jako u desek.

STANOVENÍ ÚNOSNOSTI PASU:

Únosnost zavětrovacího pasu odpovídá součtu dílčích únosností použitých hřebíků. Je však limitována únosností pasu F_{us} .

$$F_{us} = 0,243 \cdot 2,0 \cdot (60 - 2 \cdot 5) = 24,3 \text{ kN}$$

Hřebíky ϕ 4,0/40 mm

$$F_v = 0,71 \cdot N \text{ (kN)} \quad F_v = 0,71 \cdot N \cdot 0,9 \text{ (kN)} \text{ (pro více než 10 hřebíků za sebou)}$$

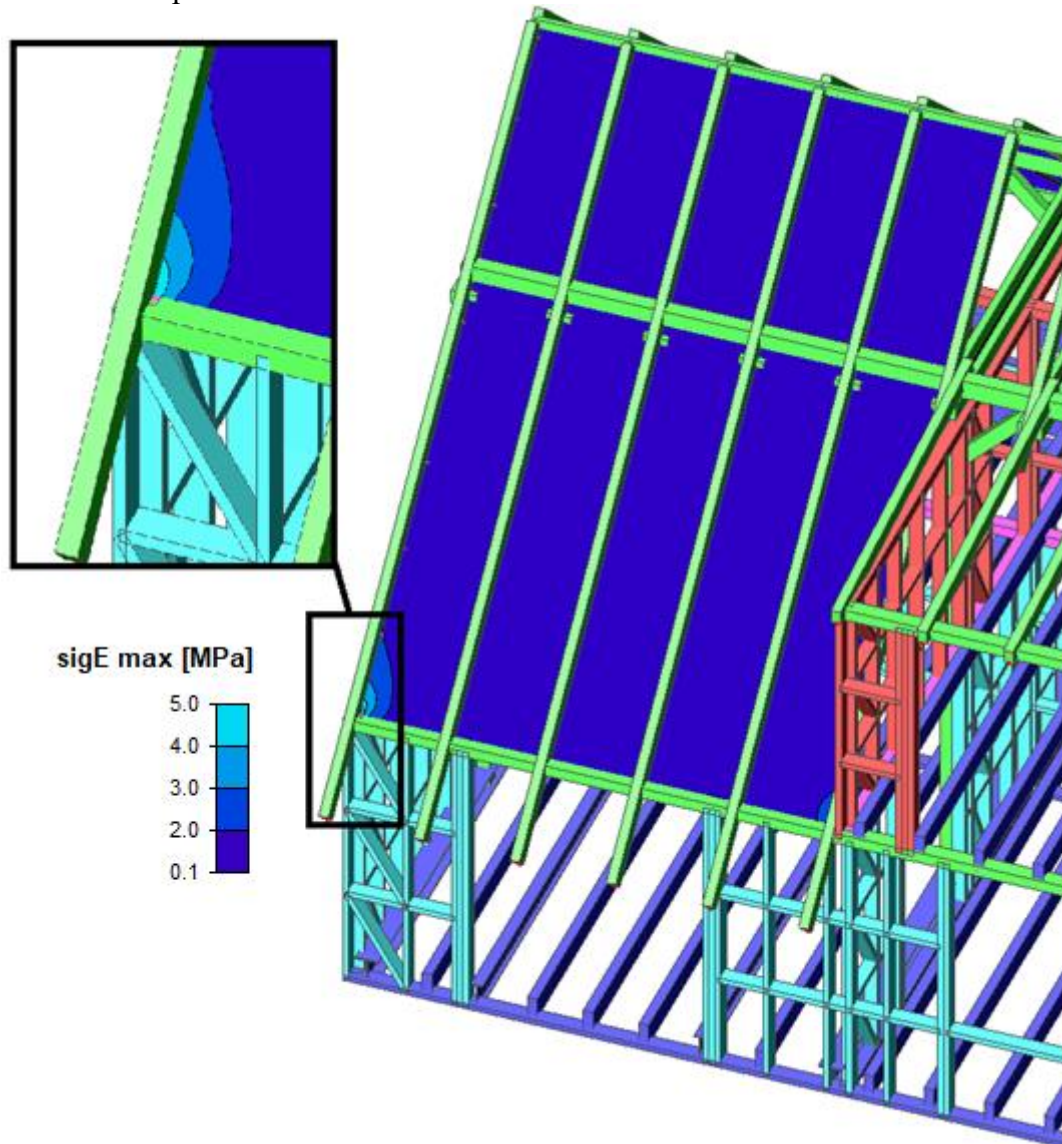
Typ pasu	hřebík	F_v (kN)	počet hř.
BV/ZP10-03	4x40	7,10	10
BV/ZP10-03	4x40	24,28	38

!!! LIMITNÍ HODNOTA !!!

Dle ČSN je minimální počet hřebíků v nosném spoji 4 .



Maximální napětí na OSB deskách:



Obrázek 26 – Tlakové napětí na OSB deskách

Posouzení OSB desky:

Maximální tlakové napětí na OSB desce:

Charakteristická hodnota pevnosti v tahu v rovině desky:

Dílčí součinitel γ_M pro vlastnosti materiálu a

únosnosti pro OSB desky:

Modifikační součinitel pro třídu provozu 2:

Návrhová hodnota pevnosti v tahu v rovině desky:

$$\sigma_{E,max} = 5,0 \text{ MPa}$$

$$f_{t,k} = 9,4 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M = 1,2$$

$$k_{mod} = 0,7$$

$$f_{t,d} = f_{t,k} * k_{mod} / \gamma_M$$

$$f_{t,d} = 9,4 * 0,7 / 1,2$$

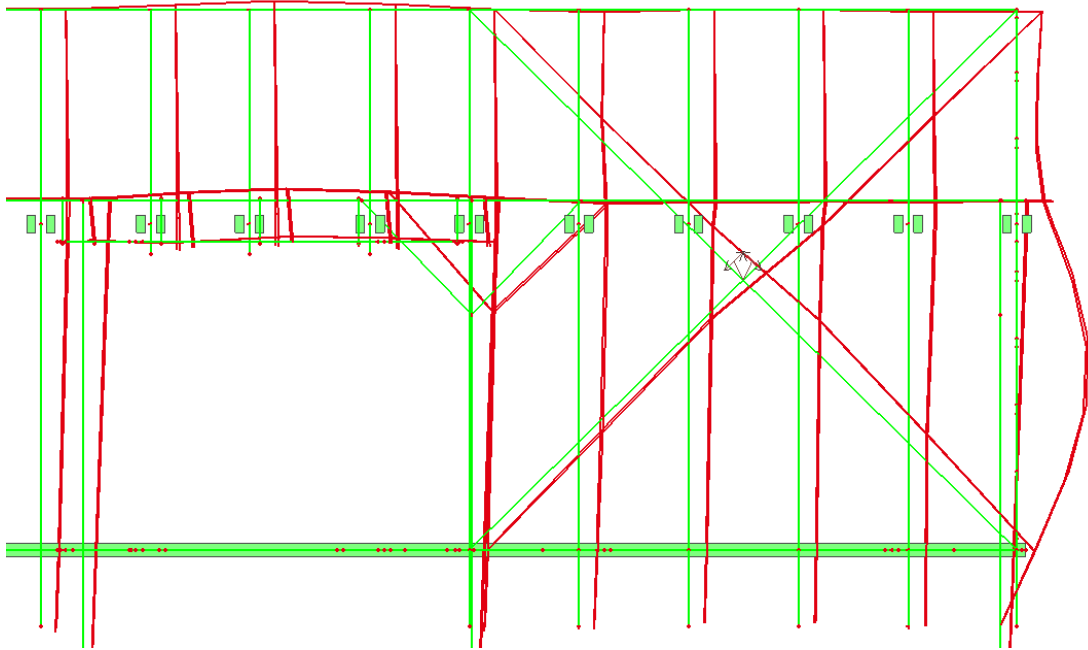
$$f_{t,d} = 5,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{E,max} = 5,0 \text{ MPa} < f_{t,d} = 5,48 \text{ MPa}$$

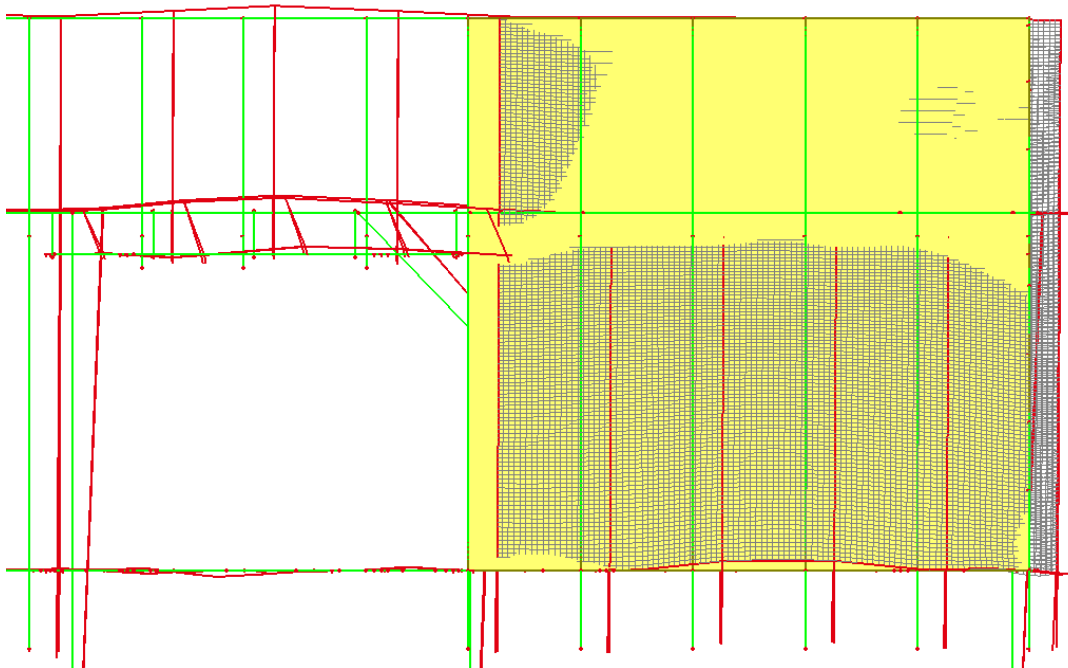
OSB deska vyhoví.



Deformace konstrukce při Bova pasech



Deformace konstrukce Při OSB deskách





6 Závěr

Výsledky výpočtů

Mezní stav únosnosti

Všechny nosné konstrukce byly posuzované na základě příslušných technických norem.

Dosáhnuté výsledky dokazují, že posuzované nosné konstrukce vyhoví z hlediska mezního stavu únosnosti.

Mezní stav použitelnosti

Posuzovala se maximální deformace jednotlivých nosných konstrukcí a jejich částí. Limitní hodnoty deformací byly stanovené na základě příslušných technických norem.

Dosáhnuté výsledky dokazují, že posuzované nosné konstrukce vyhoví z hlediska mezního stavu použitelnosti.

Závěr

Napjatost konstrukce v posuzovaných řezech nepřekračuje návrhovou pevnost použitého materiálu. Nosná konstrukce a její části vyhovují z hlediska zabezpečení stability a komplexní tuhosti posuzovaného objektu.

Maximální svislé a vodorovné deformace konstrukce nepřekračují limitní hodnoty deformací stanovených na základě příslušných technických norem.

Posuzovaná konstrukce vyhovuje na mezní stav únosnosti i na mezní stav použitelnosti.



Seznam zkratk

TBF	Two by Four
MSÚ	Mezní stav únosnosti
MSP	Mezní stav použitelnosti
ČSN	Česká technická norma



Seznam obrázků:

Obrázek 1 - Rozměry suků u prken a fošen podle DIN 4074-1 / ČSN 73 2824-1 (4).....	8
Obrázek 2 - Schéma principu měření dvou strojů na třídění řeziva podle pevnosti (4).....	8
Obrázek 3 - Příklad převazování prvků v rámci fošnové konstrukce (1)	10
Obrázek 4 - Stěnový rám TBF: (1)	11
Obrázek 5 Svislé kladení desek bez pera a drážky; Vodorovné kladení desek s perem a drážkou (1).....	12
Obrázek 6 - Standartní stropní konstrukce TBF (1).....	12
Obrázek 7 – Uložení krokve na obvodovou stěnu (1)	13
Obrázek 8 – Prostorová konstrukce (1)	13
Obrázek 9 - Prostorový model nadstavby	14
Obrázek 10 – Zatížení na konstrukci od ostatního stálého zatížení	15
Obrázek 11 - Zatížení na konstrukci od sněhu	16
Obrázek 12 – Legenda pro svislé stěny – příčný vítr (2).....	17
Obrázek 13 – Legenda pro sedlové střechy – příčný vítr (2).....	18
Obrázek 14 – Zobrazení příslušných tlaků pro přečnávající střechy (2)	19
Obrázek 15 – Zatížení na konstrukci od příčného větru	20
Obrázek 16 – Legenda pro svislé stěny – podélný vítr (2)	20
Obrázek 17 – Legenda pro sedlové střechy – podélný vítr (2).....	21
Obrázek 18 - Zatížení na konstrukci od podélného větru	22
Obrázek 19 – Základní případy vzpěrné délky	27
Obrázek 20 – Způsoby porušení pro spoje ze dřeva a desek (3)	44
Obrázek 21 – Procent. omezení příspěvku $F_{ax,Rk}$ k únosnosti od účinku sepnutí spoje z Johansenovy části (3).....	45
Obrázek 22 – Minimální hodnoty roztečí a vzdáleností od okrajů a konců pro svorníky (3)	46
Obrázek 23 – Průběh momentů M_z na konstrukci s Bova pasy	48
Obrázek 24 – Průběh momentů na konstrukci s OSB deskami.....	49
Obrázek 25 – Průběh normálových sil na Bova pasu	50
Obrázek 26 – Tlakové napětí na OSB deskách.....	52



Seznam tabulek

Tabulka 1 - Podobnosti a rozdíly mezi konstrukčními materiály dřevo a ocel	9
Tabulka 2 – Skladba střechy	15
Tabulka 3 – Skladba vnějších stěn	15
Tabulka 4 – Skladba stropu	15
Tabulka 5 – Hodnoty součinitelů vnějších tlaků c_{pe} pro svislé stěny (2)	18
Tabulka 6 – Hodnoty součinitelů vnějších tlaků c_{pe} pro sedlové střechy – příčný vítr (2)	19
Tabulka 7 – Hodnoty součinitelů vnějších tlaků c_{pe} pro sedlové střechy – podélný vítr (2)	21
Tabulka 8 – Zatěžovací stavy	23
Tabulka 9 – Kombinace zatěžovacích stavů	24
Tabulka 10 – Skupiny výsledků	24



7 Použitá literatura

Literární zdroje:

1. **Růžička, Martin.** *Moderní Dřevostavba*. Praha : © Grada Publishing, a.s., 2014. ISBN 978-80-247-3298-5.
2. **Král, Jaromír.** *Navrhování konstrukcí na zatížení větrem příručka k ČSN EN 1991-1-4*. Praha : Informační centrum ČKAIT, s. r. o., 2010. ISBN 978-80-87438-05-3.
3. **Petr, Kuklík.** *Příručka 2 - Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5*. Praha : © autoři, 2008.

Internetové zdroje

4. **s.r.o., Topinfo.** *TZB-info.cz*. [Online] [Citace: 13. Březen 2017.] <http://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/11353-trideni-a-navrhove-charakteristiky-konstrukcniho-dreva>.

Normy

5. ČSN EN 338 (731711) – *Konstrukční dřevo – třídy pevnosti*
6. ČSN EN 1995-1-1 (731701) – *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*
7. ČSN EN 1991-1-1 (730035) - *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*
8. ČSN EN 1991-1-3 (730035) - *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*
9. ČSN EN 1991-1-4 (730035) – *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*
10. ČSN EN 1990 (730002) – *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*
11. ČSN EN 1993-1-1 (731401) – *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby*

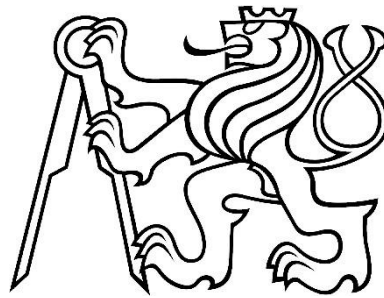
České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce

Technická zpráva



Květen, 2017

Jiří Čunát



1. Předmět řešení

Projektová dokumentace řeší nadstavbu a přístavbu bytového domu na pozemku investora v obci Únětice v ulici Na Parcelách č.5. Objekt, který je předmětem nadstavby a přístavby je dvoupodlažní se šikmou sedlovou střechou a neobytným podkrovím. Objekt má obdélníkový půdorys. Vnější půdorysné rozměry objektu jsou 20,17 m x 10,3 m. Výška hřebene původní konstrukce je 8,1 m. Po realizování projektu se částečně změní půdorysná členitost objektu, přičemž hlavní část objektu se na jedné straně rozšíří o 5,13 m a výšková úroveň hřebene bude 11,27 m.

2. Rozsah dokumentace

Obsah a rozsah dokumentace je vypracovaný na úrovni „realizační projekt“. Zakládání, nosný systém a stavební soustava jsou graficky v potřebné a dostatečné míře zdokumentované ve výkresové části dokumentace. Dokumentace definuje stavební nosnou soustavu se specifikací stavebních materiálů z pohledu statické únosnosti konstrukčních prvků a posouzení celkové stability konstrukčního systému.

3. Popis navrhované konstrukce

Základové konstrukce

Nosná konstrukce přistavěného objektu bude založená na monolitických patkách z prostého betonu o rozměrech 1000/1000/1000 mm. Úroveň základové spáry základových patek je -1,150 mm vzhledem k úrovni podlahy 1.NP. Úroveň základové spáry obvodových konstrukcí se nachází v nezámrzé hloubce. Při realizaci základové konstrukce je potřebné příslušné stavební úpravy přizpůsobit stávajícímu stav základových konstrukcí – v případě, stávající stav bude bránit realizaci základové konstrukce tak jak byla navrhnutá, je nutné původní konstrukci základů odstranit do takové míry, aby bylo možné realizovat nové základy. Projektované základové konstrukce nejsou předmětem řešení této bakalářské práce, a proto byly odhadnuty. Úroveň a charakter hladiny podzemní vody nejsou známy. Skutečná únosnost konstrukcí základů, základové půdy a hladina podzemní vody musí být prokázána na základě inženýrsko-geologického průzkumu vykonaného na staveništi. Na základě inženýrsko-geologického průzkumu je nutné stanovit potřebné vlastnosti základové půdy a určit reálné sedání nové konstrukce. V případě nadlimitního sedání nové konstrukce je nutné řešit dilatování obou částí objektu.

Projektované rozměry jednotlivých základových konstrukcí jsou podrobně uvedené ve výkresové části dokumentace.

Před betonáží monolitických základových konstrukcí se doporučuje osadit kotevní výztuž a příslušné kotvící prvky horní stavby. Materiál betonových základových konstrukcí je beton C25/30 a betonářská ocel 10505(R). Zateplení základových konstrukcí není předmětem řešení této dokumentace.



Svislé nosné konstrukce

Nosné a obvodové stěny v nadstavované části, úroveň nad +3,050 m jsou navrhnuté dřevěné ze sloupků ze dřeva třídy C24 a rozměrech 60/160 mm pro obvodové stěny a 60/140 pro vnitřní nosné stěny ve vzájemných vzdálenostech podle výkresové dokumentace. Tuhost obvodové stěny ve směru osy hřebene, tuhost štítových a vnitřních nosných stěn ve směru kolmém na hřeben je zabezpečena celoplošným vyztužením deskami OSB 4 s tloušťkou min. 15 mm a vyztužnými prvky ze dřeva třídy C24 a rozměrech 60/160 mm a 60/140 mm. Rozměry desek OSB musí být 1250 mm x 2500 mm. Vyztužení OSB 4 deskami je připojené na vnitřní stranu sloupků obvodového pláště ocelovými sponkami na jednotlivých okrajích desek a na všech mezilehlých sloupcích. Desky OSB 4 je možné stykovat i mimo rámovou konstrukci, ale styky je nutné lepit polyuretanovými lepidly a je nutné je střídat. Při stykování OSB 4 desek je nutné dodržovat zásady dodavatele.

Jednotlivé sloupky jsou na spodní a horní straně spojené podélným hranolem podle příslušné dokumentace. Obvodové stěny v přistavěné části jsou navrženy ze sloupů z dřeva pevnostní třídy C24 a rozměrech 60/160 mm ve vzájemných vzdálenostech podle příslušné výkresové dokumentace. Podélné hranoly jsou kotvené do železobetonového věnce, resp. průvlaků kotvami do betonu. Železobetonový věnec a průvlakly jsou podepřeny železobetonovými sloupky o rozměrech 300/300 mm.

Projektované rozměry jednotlivých prvků jsou podobně uvedené a popsány ve výkresové části dokumentace. Materiál železobetonových konstrukcí je beton C25/30 a betonářská ocel 10 505(R). Vyztužení všech železobetonových nosných prvků není předmětem řešení této bakalářské práce.

Vodorovné konstrukce

Stropní konstrukce na úrovni 3,050 m je kombinovaná – z dřevěných stropních nosníků ze dřeva pevnostní třídy C24 a rozměrech 100/240 mm a v místě vyložení pro balkón z ocelových válcovaných profilů IPE 240. Dřevěné stropní nosníky jsou navrhnuté jako dvoupolové. Ocelové nosníky jsou navrhnuté jako dvoupolové s převislým koncem. Stropní nosníky na úrovni + 6,240 mm jsou navrhnuté z dřevěných stropních nosníků ze dřeva pevnostní třídy C24 a rozměrů 100/240 mm a 50/240 mm. Stropní nosníky jsou uloženy ve vzájemných vzdálenostech podle výkresové dokumentace. Tuhost stropních rovin ve směru osy hřebene je zabezpečena celoplošným vyztužením deskami OSB 4 s tloušťkou min. 22 mm. Na úrovni + 3,050 m jsou stropní nosníky kotveny do podélných železobetonových věnců a průvlaků. Na úrovni + 6,240 m jsou stropní nosíky uloženy a kotveny do podélných hranolů. Rozměry desek OSB 4 musí být 1250 mm x 2500 mm. Vyztužení e připevněno na vrchní stranu Stropních nosníků ocelovými sponami na jednotlivých hranách nosníků a na všech mezilehlých nosnících. Desky OSB 4 je možné stykovat jen na stropních nosnících a styky jednotlivých desek vyztužení je nutné vystřídat. Při stykování OSB 4 desek je nutné dodržet zásady dodavatele. Bednění OSB 4 deskami na úrovni podlahy zároveň slouží pro přenos svislého zatížení z podlahy do stropních nosníků. Podlahové desky je nutné ukládat přes dvě pole – každá deska má konce vždy na druhém stropním nosníku. Vodorovná tuhost konstrukce podlahy v místě balkónu je taktéž zabezpečena OSB 4 deskami s tloušťkou min. 22 mm. Je nutné zabezpečit rozpětí OSB desky v místě balkónu max. 625 mm z hlediska mezního stavu použitelnosti! Toto se



zabezpečí hranoly ze dřeva pevnostní třídy C24 a rozměrech 100/240 mm. Tyto hranoly se tesařsky opracují tak, aby bylo možné je uložit mezi horní a spodní pásnici stropního nosníku profilu IPE 240 a ukotví se do nosníku samořeznými šrouby. Uložení hranolů je zobrazené v příslušné výkresové dokumentaci.

Střecha

Nosná konstrukce střechy je řešená jako dřevěný krov sedlového tvaru ukončený štítovými stěnami. Sklon střešní roviny je 43°. Nosná konstrukce je tvořena vaznicovou soustavou. Prázdná vazba je tvořena krokviemi průřezu 100/200 mm, uložených na pozednicích průřezu 120/160 mm, středových vaznicích průřezu 160/220 mm ze dřeva pevnostní třídy C24 a kleštinami průřezu 2x80/160 mm. Plná vazba je tvořena krokviemi průřezu 100/200 mm, uložených na pozednici průřezu 120/160 mm, středových vaznicích průřezu 160/220 mm a kleštinami průřezu 2x80/160 mm, sloupky průřezu 150/150 mm a vazným trámem průřezu HEB 240 (ocel S 235). Prostorová tuhost střešní roviny je zabezpečena Výztužnými pasy BOVA (o rozměrech 60/2 mm) uspořádanými podle projektové dokumentace. Pasy je nutné připojit ke každé krokvi a zakotvit do pozednice.

Všechny spoje dřevěných prvků jsou navrhnuté prostřednictvím ocelových hřebíků, šroubů, svorníků, spojovacích a kotvicích prvků uvedených ve výkresové dokumentaci. Minimální pevnost spojovacích prostředků v tahu je 800 MPa. Materiál konstrukcí krovu je ze dřeva pevnostní třídy C24 a oceli S 235. Rozměry a dimenze prvků jsou podle příslušné výkresové dokumentace.

4. Všeobecně

Všechny navrhované prvky splňují požadavky platných norem ČSN EN (mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti).

Při práci na stavbě je nutné dodržovat platné normy ČSN EN a bezpečnostní předpisy ve stavebnictví.



SEZNAM PŘÍLOH:

1. VÝKRES STROPNÍCH / PODLAHOVÝCH NOSNÍKŮ NA KÓTĚ + 3,050
VÝKRES SLOUPKŮ OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ A SLOUPKŮ VNITŘNÍCH
2. VÝKRES STROPNÍCH / PODLAHOVÝCH NOSNÍKŮ NA KÓTĚ + 6,240
VÝKRES SLOUPKŮ OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ A SLOUPKŮ VNITŘNÍCH
3. VÝKRES KROVU
4. ŘEZ A-A', ŘEZ B-B', ŘEZ C-C'
5. VÝKRES DETAILŮ "E", "F", "D"