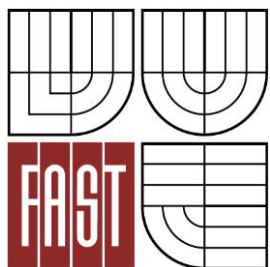




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

DŘEVĚNÁ ROUBENÁ KONSTRUKCE PENZIONU V KARLOVĚ POD PRADĚDEM

THE TIMBER LOG CABIN STRUCTURE OF THE BOARDING HOUSE IN KARLOV

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

EVA ŠPAČKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Eva Špačková

Název Dřevěná roubená konstrukce penzionu v
Karlově pod Pradědem

Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2013

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013


.....
doc. Ing. Marcela Karmazinová, CSc.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT



Podklady a literatura

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu

ČSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí"

ČSN EN 1991-1 "Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1: Obecná zatížení"

ČSN EN 1993-1 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ČSN EN 1995-1 "Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Vypracujte návrh dřevěné roubené konstrukce penzionu v Karlově pod Pradědem. Jedná se o objekt přibližně půdorysného tvaru o rozměrech 13x20m a výšce po hřeben cca 12m.

Předmětem bakalářského projektu jsou dřevěné konstrukce patra, podkroví a zastřešení, a to se zaměřením na řešení konstrukčních detailů.

Při návrhu konstrukce respektujte požadavky na tvarové a dispoziční uspořádání.

Požadované výstupy:

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet základních nosných prvků a směrných detailů
3. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího bakalářské práce

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem a posouzením dřevěné střešní konstrukce nad penzionem v Karlově pod Pradědem, v Jeseníkách, v nadmořské výšce 725 m.n.m. Objekt má půdorys křížového tvaru o přibližných rozměrech 13x20 m. První patro penzionu je zděné. Druhé patro je z dřevěných kruhových profilů – srub. Podkroví je obyvatelné, nachází se zde pokoje a toto jsem musela uvážit při návrhu zastřešení. Střešní konstrukce je řešena jako dvojice navzájem se protínajících sedlových střech. Důraz je kladen na použití kruhových profilů, aby střecha navazovala na spodní stavbu, která je také z kruhových profilů.

Klíčová slova

Srub, penzion, kruhové profily, krov, sněhové návěje, tesařské spoje

Abstract

The bachelor's thesis deals with the design and the assessment of the wooden roof structure above the guest house in Karlov pod Pradědem, Jeseniky, at an altitude of 725 metres above sea level. The object has plan of the cross-shaped object about the approximate dimensions 13x20 m. On the first floor is brick. The second floor is made of wooden circular profiles – log cabin. The attic is habitable rooms, and I had to consider in the design of roofing. The roof structure is designed as a pair of intersecting each other pitched roofs. The emphasis is on the use of circular sections, to the roof of the extension on the bottom of the building, which is also from the circular profiles.

Keywords

Log cabin, Guest House, circular profiles, truss, snow drifts, carpentry joints

Bibliografická citace VŠKP

Eva Špačková *Dřevěná roubená konstrukce penzionu v Karlově pod Pradědem*. Brno, 2014. 119 s., 129 s. příl. Bakalářské práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13.5.2014

Eva Špačková

.....
podpis autora
Eva Špačková

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 13.5.2014

Eva Špačková

.....
podpis autora
Eva Špačková

Seznam použitých zdrojů

Technické normy a odborná literatura:

- [1] ČSN EN 1995-1-1 *Navrhování dřevěných konstrukcí*
- [2] *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, Structural Timber Education Programme, Part 1, Navrhování a konstrukční materiály*. Centrum Hout, The Netherlands, 1995, STEP 1 – autorizovaný překlad Koželouh, B., 1998, ISBN 80-238-2620-4
- [3] *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, Structural Timber Education Programme, Part 2, Navrhování a konstrukční materiály*. Centrum Hout, The Netherlands, 1995, STEP 1 – autorizovaný překlad Koželouh, B., 2004, ISBN 80-86769-13-5
- [4] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, březen 2004. 44 s.
- [5] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, červen 2005. 51 s.
- [6] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, duben 2007. 126 s.
- [7] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: *Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, prosinec 2006. 96 s.
- [8] KUKLÍK, P., KUKLÍKOVÁ, A. *Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1-1*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 140 s. ISBN 978-80-87093-88-7
- [9] HOUDEK, D., KOUDELKA, O. *Srubové domy z kulatiny*. 5.vyd. Slavkov u Brna: MM Publishing, 2013, 172 s. ISBN 978-80-904414-6-0

Poděkování

Poděkování patří především panu Ing. Milanovi Šmakovi, Ph.D. za jeho trpělivost, čas, ochotu a cenné rady při zpracování mé bakalářské práce a jeho odborné vedení. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině za jejich podporu po celou dobu mého studia a mému příteli za jeho trpělivost a jeho morální podporu.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

Autor práce Eva Špačková

Škola Vysoké učení technické v Brně

Fakulta Stavební

Ústav Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby

Studijní program B3607 Stavební inženýrství

Název práce Dřevěná roubená konstrukce penzionu v Karlově pod Pradědem

Název práce v anglickém jazyce The timber log cabin structure of the boarding house in Karlov

Typ práce Bakalářská práce

Přidělovaný titul Bc.

Jazyk práce Čeština

Datový formát elektronické verze

Anotace práce Bakalářská práce se zabývá návrhem a posouzením dřevěné střešní konstrukce nad penzionem v Karlově pod Pradědem, v Jeseníkách, v nadmořské výšce 725 m.n.m. Objekt má půdorys křížového tvaru o přibližných rozměrech 13x20 m. První patro penzionu je zděné. Druhé patro je z dřevěných kruhových profilů – srub. Podkroví je obyvatelné, nachází se zde pokoje a toto jsem musela uvážit při návrhu zastřešení. Zastřešení objektu je řešeno jako krov. Důraz je kladen na použití kruhových profilů, aby střecha navazovala na spodní stavbu, která je také z kruhových profilů.

Anotace práce v anglickém jazyce The bachelor's thesis deals with the design and the assessment of the wooden roof structure above the guest house in Karlov pod Pradědem, Jeseniky, at an altitude of 725 metres above sea level. The object has plan of the cross-shaped object about the approximate dimensions 13x20 m. On the first floor is brick. The second floor is made of wooden circular profiles – log cabin. The attic is habitable rooms, and I had to consider in the design of roofing. The roofing of the building is arranged as a truss. The emphasis is on the use of circular sections, to the roof of the extension on the bottom of the

building, which is also from the circular profiles.

Klíčová slova Srub, penzion, kruhové profily, krov, sněhové návěje, tesařské spoje

Klíčová slova v

anglickém

jazyce

Log cabin, Guest House, circular profiles, truss, snow drifts, carpentry joints



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
TECHNICKÁ ZPRÁVA

Obsah

1. Základní charakteristika konstrukce	3
1.1. Geometrické a dispoziční uspořádání konstrukce.....	3
1.2. Umístění konstrukce	3
2. Normativní dokumenty.....	3
3. Předpoklady návrhu střešní konstrukce.....	3
4. Popis konstrukčního řešení zastřešení penzionu	4
4.1. Spodní stavba	4
4.2. Krov	4
5. Popis statického řešení střešní konstrukce	6
6. Ochrana konstrukce	7
6.1. Ochrana dřeva	7
6.2. Ochrana oceli.....	7
7. Montážní postup	7
8. Plán kontroly spolehlivosti konstrukcí	8
9. Důležitá upozornění.....	8

1. Základní charakteristika konstrukce

1.1. Geometrické a dispoziční uspořádání konstrukce

Předmětem práce je návrh a statické posouzení zastřešení. Jednalo se o návrh zastřešení srubového penzionu. Půdorysný tvar konstrukce je kříž o přibližných půdorysných rozměrech 13x20 m. Jedná se o dvě křížící se sedlové střechy se sklony 37°. Výška konstrukce v nejvyšším bodě je 11,4 m.

Dispozice podkroví byla pevně stanovená, tu jsem musela dodržet a přizpůsobit tomu, tak konstrukci zastřešení.

1.2. Umístění konstrukce

Konstrukce se nachází v obci Karlov pod Pradědem, v Jeseníkách, v nadmořské výšce 725 m.n.m. Z tohoto parametru vyplývají údaje o klimatických zatíženích konstrukce.

2. Normativní dokumenty

Dřevěná konstrukce zastřešení penzionu - je navržena v souladu s těmito platnými normativními dokumenty:

- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí.
- ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitné zatížení pozemních staveb.
- ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem.
- ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem.
- ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- ČSN 73 2824-1: Třídění dřeva podle pevnosti. Část 1: Jehličnaté dřevo.
- ČSN EN 338: Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti.
- ČSN 73 2810: Dřevěné stavební konstrukce. Provádění.

3. Předpoklady návrhu střešní konstrukce

Statické posouzení dřevěné konstrukce zastřešení penzionu je provedeno na:

- Mezní stavy únosnosti s uvážením vlivu ztráty stability prvků na nejnepříznivější z kombinací návrhových hodnot zatížení, přičemž mezní hodnoty byly pro nosné dřevěné konstrukce brány z norem pro navrhování dřevěných konstrukcí pro rostlé jehličnaté dřevo třídy pevnosti C24.
- Mezní stav použitelnosti na nejnepříznivější z kombinací charakteristických hodnot zatížení, přičemž mezní hodnoty přetvoření byly pro nosné dřevěné konstrukce brány z norem pro navrhování dřevěných konstrukcí pro rostlé jehličnaté dřevo třídy pevnosti C24.

Dřevěná konstrukce zastřešení penzionu byla dimenzována na následující proměnná zatížení:

- Klimatické zatížení střechy větrem s výchozí základní rychlostí větru $v_{b,0} = 30$ m/s, odpovídající IV. větrové oblasti a kategorií terénu III (podle ČSN EN 1991-1-4).
- Klimatické zatížení sněhem s charakteristickou hodnotou zatížení sněhem na zemi $s_{k,0} = 4,0$ kN/m², odpovídající VII. sněhové oblasti (podle ČSN 1991-1-3).

Žádná další proměnná zatížení nebyla ve statickém výpočtu uvažována a střešní konstrukce tudíž není na jejich přenos dimenzována.

4. Popis konstrukčního řešení zastřešení penzionu

4.1. Spodní stavba

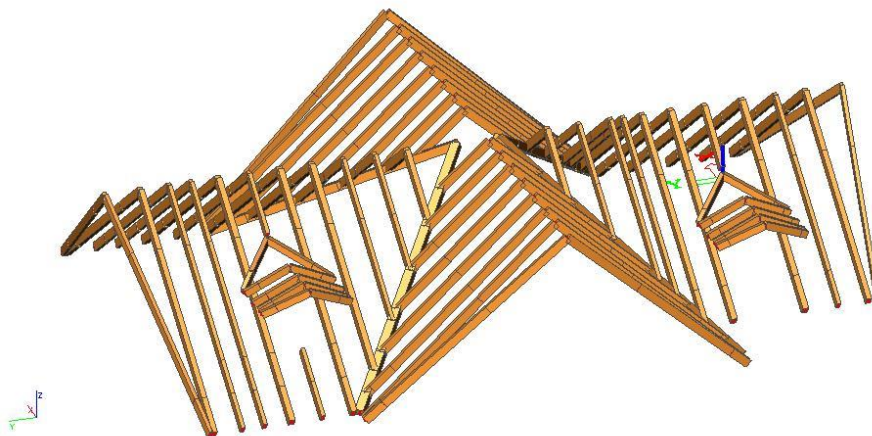
Spodní stavbou je myšleno 1. a 2. NP. První podlaží je řešeno jako zděné o šířce zdí 450 mm a výšce podlaží 3,15 m. Druhé podlaží je postaveno z dřevěných kruhových profilů o průměru jedné kulatiny 350 mm. Toto podlaží je vysoké 3,2 m. Strop nad 2. NP je dřevěný, stropní trámy jsou z kruhových profilů a budou z části viditelné. Tento strop je dostatečně tuhý, proto jsem ho do výpočetního modelu nezahrnula. Je nahrazen pouze kloubovými vazbami.

4.2. Krov

Krov je řešen vrcholovou vaznicí, středovými vaznicemi a okapovými vaznicemi. Dále je tento krov tvořen krokviemi a kleštinami. Prosvětlení podkroví je zajištěno vikýři. Půdní prostor je vyhrazen pro ubytování.

Krokve jsou obdélníkového průřezu s jednotnou výškou 260 mm. Šířka je odstupňována, protože některé krokve nebyly využité a zbytečně předimenzované. Nejmenší šířka krokví je 120 mm, dále je 160 a nejširší je 180 mm široká.

U úžlabní krokve jsem zachovala stejnou výšku jako u krokví a to 260 mm a šířka je 270 mm. Krokve jsou na pravé straně střechy zkráceny z důvodu, že zde bude ochoz a vikýř bude sloužit jako vchod do podkroví. Sklon krokví a tím i celé střechy je 37°.



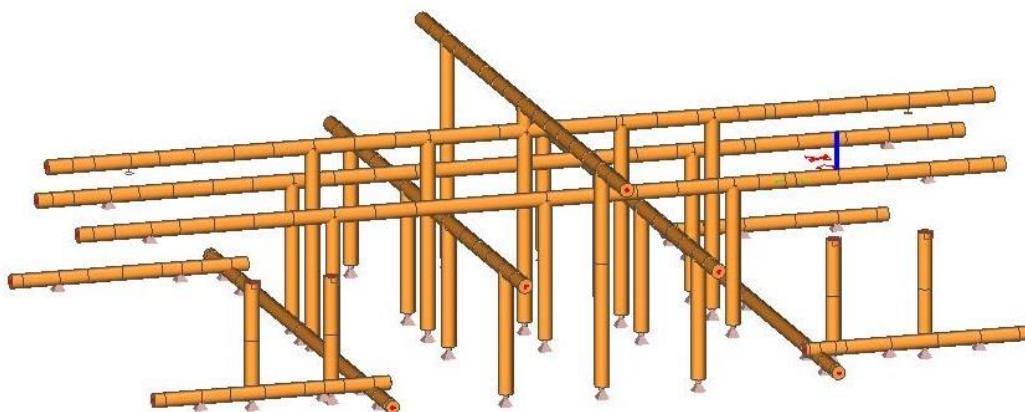
Obr. 1 – Krokve a úžlabní krokve

Kleštiny - na jednu kleštinu jsou použité dva obdélníkové profily o rozměru 100 x 160 mm. Na prvních třech krokvicích z každé strany kleštiny nejsou. Vaznice jsou zde podporovány pomocí vodorovných nebo šikmých vzpěr. Kleštiny obepínají krokve a v mém případě se opírají o vaznice.

Středové vaznice a vrcholová vaznice je podporována sloupy a volila jsem je z kruhového profilu o průměru 350 mm. Vaznice jsou rozděleny na 6 - ti metrové délky a po těchto vzdálenostech jsou spojovány. Spoje jsou v místech, kde jsou vaznice uloženy na sloupech a budou řešeny jako tupé. Vaznice jsou pohledové a budou střeše dodávat vzhled srubu, proto jsou kruhového profilu.

Pozednice jsou vyneseny a neseny stropními trámy, na srubové zdi neleží, proto bych je měla a dále budu nazývat okapovými vaznicemi. Okapové vaznice jsou kruhového profilu o průměru 330 mm. Jsou pohledové, proto jsou opět kruhového profilu. Okapové vaznice jsou opět rozděleny na 6 - ti metrové úseky, z důvodu přepravy a dostupnosti těchto délek. Spoje těchto prvků budou pomocí přeplátování a zajištěny svorníky pro zachycení tahových sil. Alternativou tohoto spoje může být tupý spoj, který opět musí být zajištěn svorníky.

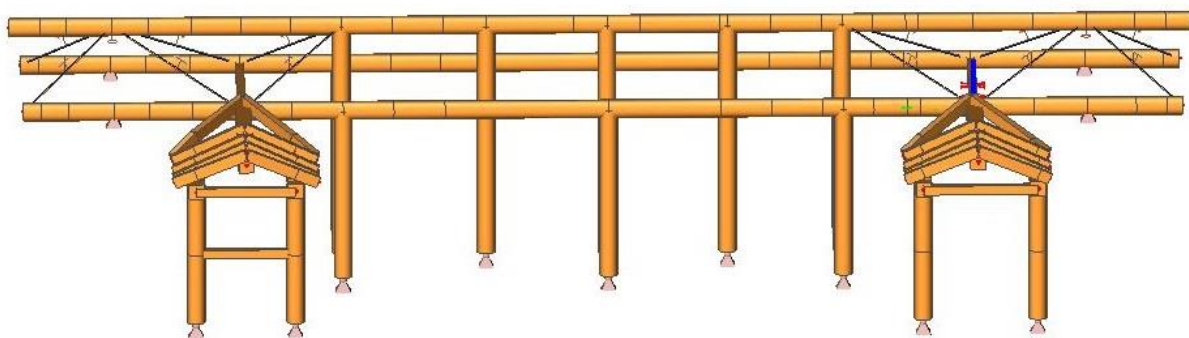
Sloupy jsou v konstrukci pohledové, a protože podepírají vaznice, které jsou kruhového profilu o průměru 350 mm, proto i sloupy jsou stejného profilu a průměru.



Obr. 2 – Sloupy, vaznice, okapové vaznice

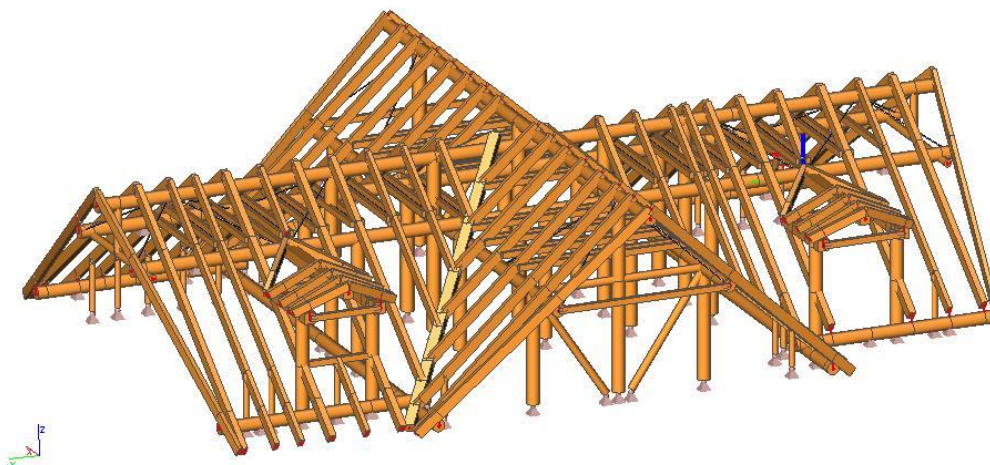
Sloupky jsou schovány v konstrukci stěny, podporují krokve a tím tak nahrazují funkci pozednice. Jsou kruhového profilu s průměrem 110 mm.

Vikýře jsou tvořeny vaznicemi a krokviemi obdélníkových profilů. Vikýřová vaznice o rozměrech 300 x 300 mm je podepřena z jedné strany střešní krokví a z druhé strany sloupem. Krokve o kterou se opírá vaznice je v tomto místě zesílena na šířku 180 mm. Vikýřové krokve jsou rozměru 140 x 220 mm. Pro roznos vnitřních sil museli být použity vodorovné vzpěry. Abych odlehčila středovou vaznici a rozepřela konstrukci, bylo nutné použití ocelových táhel, které jsou z kruhových trubek o průměru 24 mm. Táhla jsou uchycena k pevným bodům, jako je sloup či zeď. Táhla mi způsobí odlehčení středových vaznic a přitíží mi vrcholovou vaznici, kterou díky tomu využiji.



Obr. 3 – Vykýře, ocelová táhla a vodorovné rozpěry

Dále jsem v konstrukci použila vodorovné a šikmé vzpěry kruhového profilu s průměrem 200 mm. Tyto vzpěry jsou vždy z každé strany konstrukce. Zvláštní statický význam v konstrukci nemají, jsou zde proto, aby konstrukce střechy navázala na srubovou konstrukci stěn a působila tak, jako jeden celek.



Obr. 4: Konstrukce krovu (výpočtový model)

Střešní plášť konstrukce bude tvořit těžká keramická krytina, uložená na laťování, pod laťováním bude umístěna difúzní fólie. Tepelná izolace bude umístěna mezi krokvi, zesponu krokví bude záklop ze sádrokartonových desek. Sádrokartonové desky jsem použila z důvodu, aby vynikly ostatní dřevěné prvky v konstrukci, jako jsou sloupy a vaznice.

Spoje krovu budou tesařské. Například pro připojení krokví bude použito osedlání v kombinaci s celozávitovým vrutem pro zachycení účinků sání větru, pro připojení sloupů k vaznici bude použito zapuštění pro přenesení tlakových sil. Podrobné řešení spojů je uvedeno ve statickém výpočtu.

5. Popis statického řešení střešní konstrukce

Statická analýza střešní konstrukce byla provedena výpočetním programem Scia Engineer 2013. Výpočtem byly analyzovány prostorové modely střešní konstrukce, a to na účinky stálých a proměnných zatížení, specifikovaných v části 3.

Posouzení mezního stavu únosnosti i použitelnosti střešní konstrukce jako celku i jejich jednotlivých elementů bylo provedeno v souladu s normativním dokumentem ČSN EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí.

Nejdříve bylo nutné vytvořit 3D osový model v programu AutoCad, protože konstrukce zastřešení je složitější. Tento osový model se následně naimportoval do programu Scia Engineer. Při posuzování konstrukce výpočetním programem jsem zjistila, že tento výpočetní program neumí počítat tlak kolmo k vláknům u kruhových profilů, proto je nutné potřebné hodnoty pro výpočet tlaku kolmo k vláknům zadat kruhovým profilům ručně (i těm prvkům, které tlakem kolmo k vláknům nejsou namáhány). Proto zde byla nutná průběžná kontrola tlaku kolmo k vláknům ručním výpočtem, tyto výpočty nejsou součástí statického výpočtu. Nejvíce namáhaný prvek byl podroben ručnímu výpočtu. Modelování jednotlivých prvků je popsáno ve statickém výpočtu.

6. Ochrana konstrukce

6.1. Ochrana dřeva

Veškeré prvky dřevěné konstrukce střechy musí být opatřeny ochrannými prostředky, splňujícími požadavky na působení dřevěné konstrukce z rostlého dřeva v daném prostředí. Současně je nutné vyhovět hygienickým požadavkům, požadavkům na ochranu prostředí a architektonickým požadavkům na estetický vzhled konstrukce.

Konstrukční ochrana dřeva musí být provedena tak, aby bylo dřevo chráněno proti znehodnocení biotickými činiteli, ohněm a povětrnostními vlivy. Cílem konstrukční ochrany dřeva je zabránit působení a udržování vody na povrchu dřeva nebo případný její rychlý odtok. Proto je u srubů velmi důležitý dostatečný přesah střechy (poměr délky přesahu střechy k výšce konstrukce by měl být v poměru 1:8). Dřevěné prvky se nesmí při skladování ani při zabudování zakrývat či uzavírat, tak aby nevznikly optimální podmínky pro rozvoj hub.

Uvnitř srubové konstrukce je doporučeno použití přípravků na bázi včelích vosků. Na vnější srubové konstrukce se doporučuje použití přírodních olejů (na bázi hnědých olejů). Důležité je i uložení první klády, tzv. prahové klády, je to půlkláda, která se uloží na roznášecím polystyrenu a tím se zabrání pronikání vlhkosti od spodní stavby.

První dva nátěry se doporučuje provést v průběhu stavby a poslední, třetí, nátěr se provede cca po 2 letech. Kdyby se všechny tři nátěry provedli najednou, tak bychom konstrukci udusili a zadrželi v ní vlhkost a stavba by tak nemohla dýchat.

6.2. Ochrana oceli

Ocelové prvky (včetně spojovacích) budou použity pozinkované.

7. Montážní postup

Montáž střešní konstrukce bude řešena v montážní dokumentaci. Členění konstrukce na montážní celky je závislé na použité mechanizaci (jeřábu), resp. parametrů (nosnost, vyložení) a pozice při montáži a dále na možnostech transportu konstrukčních celků na místo stavby.

Postup montáže střešní konstrukce:

- Osazení okapových vaznic na střešní trámy a osazení středních vaznic a vrcholové vaznice na sloupy.
- Montáž krokví.
- Montáž kleštin.
- Montáž vikýřů.
- Montáž vodorovných rozpěr.
- Montáž ocelových táhel.
- Montáž bednění střešního pláště.
- Montáž krytiny.

Konstrukce je stavebně náročnější, protože se pracuje s vlhkým dřevem, které bude v průběhu několika let postupně sesychat a konstrukce bude tak sesedávat. Proto je nutné, aby sloupy byli na aretačních šroubech a mohli se tak v průběhu let spouštět dolů o takový kus, o který sesedne srubová stěna.

8. Plán kontroly spolehlivosti konstrukcí

Konstrukce a všechny její části budou provedeny v souladu s ČSN 73 2810 Dřevěné konstrukce – Provádění.

Při výrobě a montáži je třeba provádět průběžnou kontrolu, a to zejména předepsaných rozměrů a geometrie prvků a konstrukčních detailů, především spojů a přípojí. Jedná se o kontroly vizuální a kontroly měřením.

Dále je nutné konstrukci kontrolovat minimálně jedenkrát ročně ohledně sedání stavby a případně utáhnout/povolit aretační šrouby u sloupů (nebo u konstrukce schodiště), aby se nám konstrukce neprohýbala.

9. Důležitá upozornění

- Veškeré viditelné prvky budou provedeny z materiálů v pohledové kvalitě
- Materiálové charakteristiky rostlého dřeva byly uvažovány pro třídu provozu (vlhkosti) 2 (ČSN EN 1995-1-1).
- Při výrobě dřevěných prvků konstrukce z rostlého dřeva je třeba dodržovat požadavky příslušných norem uvedených v odst. 2.
- U srubové stavby se doporučuje použití svorníků a vrutů, ty jsou pro tyto stavby nejvhodnější.
- Je nutné dodržení všech konstrukčních zásad pro srubové stavby.



FAKULTA
STAVEBNÍ

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

STATICKÝ VÝPOČET

OBSAH

1. OBECNÉ ÚDAJE, PODKLADY, NORMY	3
2. POPIS KONSTRUKCE	3
3. GEOMETRIE.....	4
4. ZATÍŽENÍ STÁLÉ	6
4.1. Vlastní tíha	6
4.2. Ostatní stálé zatížení – tíha střešního pláště.....	6
5. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ.....	7
5.1. Zatížení sněhem	7
5.2. Zatížení návějí.....	7
5.3. Zatížení větrem	8
6. DIMENZOVÁNÍ	9
7. POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI	10
7.1. Pevnostní charakteristiky	10
7.2. Požární odolnost vaznice	11
7.3. Sloup - tlak rovnoběžně s vlákny.....	13
7.4. Sloup – pevnost v ohybu.....	13
7.5. Vaznice - tlak kolmo k vláknům	14
7.6. Vaznice – posouzení smyku.....	14
7.7. Krokev – Pevnost v ohybu	15
7.8. Krokev – Kombinace ohybu a prostého tlaku.....	15
7.9. Krokev – prostý tah.....	16
7.10. Krokev – vzpěrný tlak.....	16
7.11. Kleština – tlak rovnoběžně s vlákny	17
7.12. Sloupek - tlak rovnoběžně s vlákny	17
7.13. Ocelové táhlo – posouzení tahu	18
8. POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI.....	19
8.1. Vaznice – okamžitá deformace	19
8.2. Vaznice – deformace po dotvarování.....	19
8.3. Krokev – okamžitá deformace	20
8.4. Krokev – deformace po dotvarování.....	20
9. TESAŘSKÉ SPOJE	21
9.1. Osedlání – připojení krokeve na vaznici.....	21
9.2. Osedlání – připojení krokeve na sloupek.....	22
9.3. Svorníkový spoj kleštiny s kroví.....	24
9.4. Čepový spoj sloupu s vaznicí.....	26
9.5. Ostatní spoje.....	27
10. 3D VIZUALIZACE	29
11. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	29

1. OBECNÉ ÚDAJE, PODKLADY, NORMY

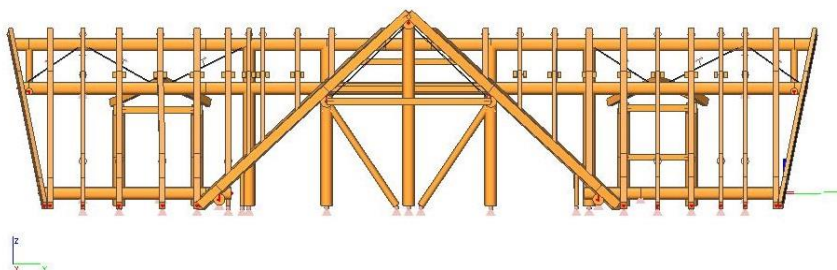
- Předmětem statické části bakalářské práce je nosná dřevěná konstrukce krovu – zastřešení penzionu v Karlově pod Pradědem.
- Statické řešení konstrukce krovu včetně konstrukčních detailů bylo provedeno v souladu s platnými normativními standardy:
 - ČSN EN 1990: Eurokód – zásady navrhování konstrukcí
 - ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1- zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitné zatížení pozemních staveb
 - ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1 – zatížení konstrukcí – část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem
 - ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1 – zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem
 - ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5 – Navrhování dřevěných konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla – společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
 - ČSN 73 1702: Navrhování, výpočet a posouzení dřevěných stavebních konstrukcí – obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
 - ČSN EN 338: Konstrukční dřevo – třídy pevnosti
- Pro ověření nosné konstrukce zastřešení penzionu byl použit výpočetní program Scia Engineer 2013

2. POPIS KONSTRUKCE

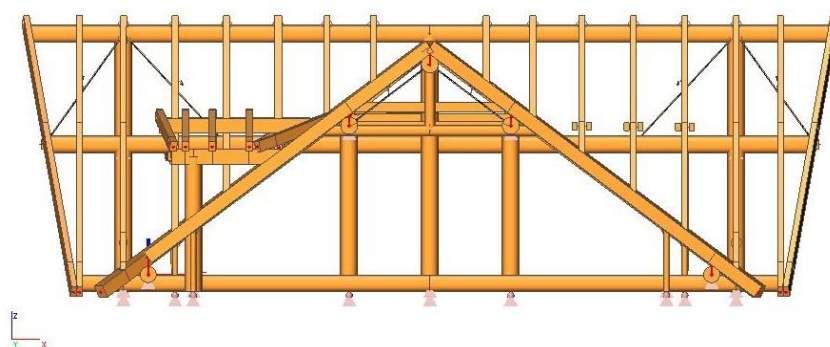
- Budova penzionu má tvar dvou křížících se obdélníků o přibližném půdorysném rozměru 13x20 m. Střecha je uvažována sedlová se sklonem 37°. Na příčných obvodových stěnách je střecha uložena na štítových dřevěných zdech tloušťky 350 mm.
- Konstrukce krovu - s ohledem na zachování vzhledu srubu, byly v konstrukci použity kruhové profily. Jedná se o tradiční vaznicovou soustavu krovu s dvojicí středních vaznic a s vaznicí vrcholovou. Vaznice jsou podporovány sloupy. Krokve jsou obepnuty oboustrannými kleštinami. Krokve jsou ve spodní části podporovány sloupky, které jsou schovány v konstrukci stěny a dále jsou zde krokve podporovány okapovými vaznicemi, které nahrazují pozednice. Okapové vaznice jsou nesené stropními trámy.

3. GEOMETRIE

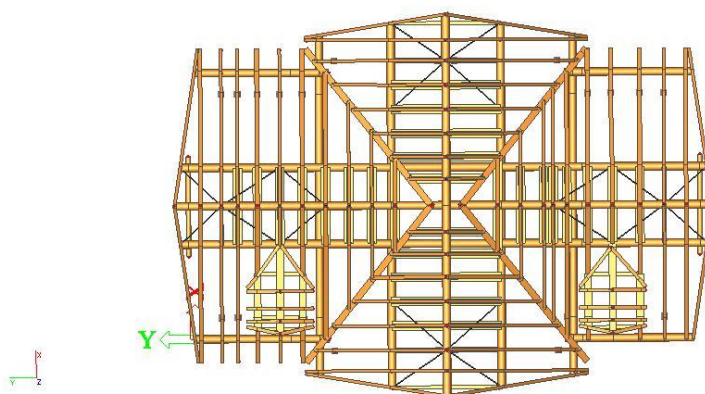
- Pohled do osy x



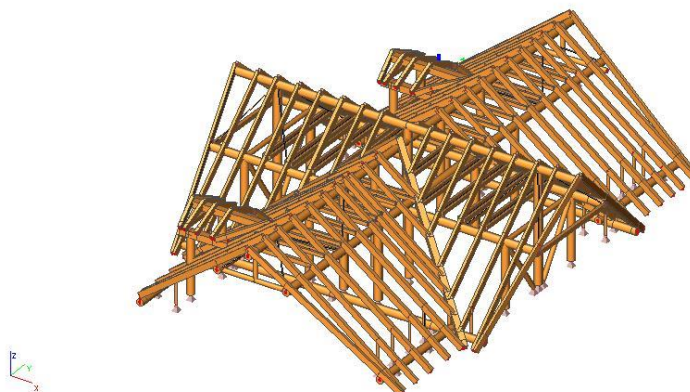
- Pohled do osy y



- Půdorys



- Perspektiva – pohled zezadu



- Perspektiva – pohled zepředu



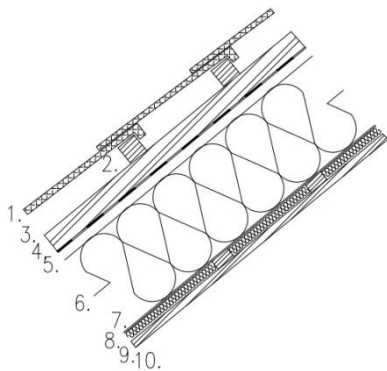
4. ZATÍŽENÍ STÁLÉ

4.1. Vlastní tíha

- určení pomocí výpočetního programu Scia Engineer
- pevnostní třída dřeva C24
- smrkové dřevo o objemové hmotnosti 500 kg/m^3
- ocelové táhlo je z oceli S235

Prvek	Průřez	Rozměry [mm]
Krokve - velké	obdélník	180 x 260
Krokve - střední	obdélník	160 x 260
Krokve - malé	obdélník	120 x 260
Vaznice	kruh	Ø 350
Okapová vaznice	kruh	Ø 330
Kleštiny	2 x obdélník	2 x 100 x 160
Sloupy	kruh	Ø 350
Sloupky	kruh	Ø 110
Úžlabní krokev	obdélník	270 x 260
Vnitřní vzpěra	obdélník	150 x 180
Vzpěry	kruh	Ø 200
Vikýř - vaznice	čtverec	300 x 300
Vikýř - krokve	obdélník	140 x 220
Ocelové táhlo	kruh	Ø 36

4.2. Ostatní stálé zatížení – tíha střešního pláště



1. STŘEŠNÍ KRYTINA
2. LATĚ
3. KONTRALATĚ
4. DIFÚZNÍ FOLIE
5. ZÁKLOP
6. TI – MEZI KROKVEMI
7. PAROZÁBRANA
8. KONTRALATĚ
9. TEPELNÁ IZOLACE
10. PODHLED

Skladba	Tloušťka [m]	Objemová hmotnost γ	Zatížení [kN/m ²]
Střešní krytina	0,012	2250 kg/m^3	0,27
Střešní latě	0,050	500 kg/m^3	0,25
Kontralatě	0,030	500 kg/m^3	0,15
Difúzní fólie	-	$0,135 \text{ kg/m}^2$	0,00135
Tepelná izolace	0,260	$15,5 \text{ kg/m}^3$	0,0279
Rošt + tep.izolace	0,050	$0,22 \text{ kN/m}^3$	0,011
Parozábrana	0,002	$0,170 \text{ kg/m}^2$	0,0017
Sádrokarton	0,0125	800 kg/m^3	0,10
CELKEM			0,81 kN/m²

Zatěžovací šířka [m]	Zatížení [kN/m ²]	Spojité zatížení p [kN/m]
0,600	0,81	0,49
1,000	0,81	0,81
1,100	0,81	0,89

5. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

5.1. Zatížení sněhem

Karlovy pod Pradědem – VII. sněhová oblast ($s_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$)
 sklon střechy – $\alpha = 37^\circ$

μ_i ... tvarový součinitel pro sklon střechy

C_e ... součinitel expozice (otevřený typ krajiny) – 0,8

C_t ... teplotní součinitel – 1,0

s_k ... charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi [kN/m^2] – 4,0 kN/m^2

Typ krajiny	C_e
otevřená	0,8
normální	1,0
chráněná	1,2

Uhel sklonu střechy	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$
μ_2	$0,8 + 0,8\alpha / 30$	1,6

$$\mu_1 = 0,8 * \frac{(60-37)}{30} = 0,613 \dots \mu_1 = 0,8 \text{ (protože mám na střeše překážky a sněhové zachytávače)}$$

$$\mu_2 = 1,6$$

a) $s_{1,0} = s_k * C_e * C_t * \mu_1 = 4 * 0,8 * 1 * 0,8 = 2,56 \text{ kN/m}^2$

$$s_1 = s_{1,0} * \cos \alpha = 2,56 * \cos 37^\circ = \mathbf{2,045 \text{ kN/m}^2}$$

$$0,5 s_1 = 0,5 * 2,045 = 1,023 \text{ kN/m}^2$$

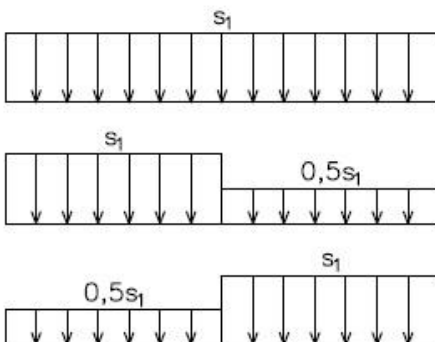
b) $s_{2,0} = s_k * C_e * C_t * \mu_2 = 4 * 0,8 * 1 * 1,6 = 5,12 \text{ kN/m}^2$

$$s_2 = s_{2,0} * \cos \alpha = 5,12 * \cos 37^\circ = 4,089 \text{ kN/m}^2$$

$$0,5 s_2 = 0,5 * 4,089 = 2,045 \text{ kN/m}^2$$

- zatížení sněhem je v modelu zadáváno jako obdélníkové rovnoměrné zatížení, které je roznásobeno jednotlivými zatěžovacími šířkami

SNĚH – ZATĚŽOVACÍ STAVY



5.2. Zatížení návějí

- Musím uvážit vliv návějí, které mi mohou vzniknout v místech úžlabí, protože se nacházím v VII. horské oblasti, kde je velké zatížení sněhem

$$\mu_3 = \min \left\{ \frac{2 \cdot h}{s_k}; \frac{2 \cdot b}{l_s}; 8 \right\} = \min \left\{ \frac{2 \cdot 11,64}{4}; \frac{2 \cdot 5,63}{5,63}; 8 \right\} = 2$$

$$b = \min \{ b_1; b_2 \} = \min \{ 5,63; 12,076 \} = 5,63 \text{ m}$$

$$l_s = \min \{ 5h; b_1; 15m \} = \min \{ 5 \cdot 11,64; 5,63; 15m \} = 5,63 \text{ m}$$

$$\mu_n = \mu_3 * \frac{(60-\alpha)}{30} = 2 * \frac{(60-37)}{30} = 1,533$$

$$s_n = s_k * C_e * C_t * \mu_n = 4 * 0,8 * 1 * 1,533 = 4,91 \text{ kN/m}^2$$

$$s = s_n * \cos \alpha = 4,91 * \cos 37^\circ = 3,92 \text{ kN/m}^2$$

- Zatížení návějí zadávám do modelu jako lichoběžníkové zatížení na ty krokve, které jdou do úžlabní a na ty krokve které jsou ovlivněny vikýři. Na ostatní krokve je zadáváno rovnoměrné zatížení s normální hodnotou od zatížení sněhem

5.3. Zatížení větrem

Karlovy pod Pradědem – IV. Větrná oblast ($v_{b,o} = 30 \text{ m/s}$)

$$z = 11,64 \text{ m}$$

kategorie terénu III – $z_0 = 0,3 \text{ m}$; $z_{\min} = 5 \text{ m}$; $z_{o,II} = 0,05 \text{ m}$

součinitel větru – $C_{\text{dir}} = 1,0$

součinitel ročního období – $C_{\text{season}} = 1,0$

součinitel orografie – $C_o(z) = 1,0$

- Základní rychlost větru

$$v_b = C_{\text{dir}} * C_{\text{season}} * v_{b,o} = 1,0 * 1,0 * 30 = 30 \text{ m/s}$$

- Součinitel drsnosti terénu

$$k_R = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{o,II}}\right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

$$c_R = k_R * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,215 * \ln\left(\frac{11,64}{0,3}\right) = 0,786$$

- Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_R * C_o(z) * v_b = 0,786 * 1,0 * 30 = 23,58 \text{ m/s}$$

- Turbulence větru

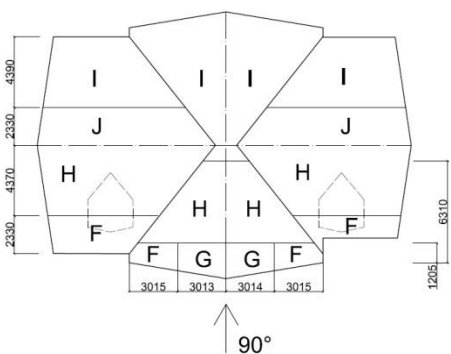
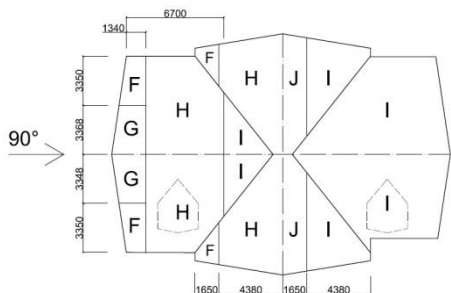
$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 * \ln\left(\frac{11,64}{0,3}\right)} = 0,273$$

- Maximální dynamický tlak větru

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * 0,5 * \rho * v_m^2(z)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 * 0,273] * 0,5 * 1,25 * 23,58^2 = 1,012 \text{ kN/m}^2$$

- Součinitel vnějšího tlaku větru



$$C_{pe} = C_{pe,10} \dots \text{pro } A > 10 \text{ m}^2$$

$C_{pe,10}$ určeno z tabulky v normě pomocí interpolace

Oblast	Součinitel	$\Theta = 0^\circ$	$\Theta = 90^\circ$
F	$C_{pe,10}$	-0,266 (0,7)	-1,100
G	$C_{pe,10}$	-0,266 (0,7)	-1,400
H	$C_{pe,10}$	-0,107 (0,493)	-0,847
I	$C_{pe,10}$	-0,307	-0,500
J	$C_{pe,10}$	-0,407	-

- Hodnota zatížení pro jednotlivé oblasti

$$w_e = q_p * C_{pe,10} = 1,012 * C_{pe,10}$$

Oblast	$C_{pe,10}$ $\Theta = 0^\circ$	q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]	$C_{pe,10}$ $\Theta = 90^\circ$	q_p [kN/m ²]	w_e [kN/m ²]
F	-0,266 (0,7)	1,012	-0,27 0,71	-1,100	1,012	-1,11
G	-0,266 (0,7)	1,012	-0,27 0,71	-1,400	1,012	-1,42
H	-0,107 (0,493)	1,012	-0,11 0,50	-0,847	1,012	-0,86
I	-0,307	1,012	-0,31	-0,500	1,012	-0,51
J	-0,407	1,012	-0,41	-	1,012	-

- Jednotlivé hodnoty jsem roznásobila příslušnými zatěžovacími šířkami – 600, 1000 a 1100 mm.
- Zatížení větrem jsem do modelu zadávala ručně dle oblastí, které jsou na obrázku

6. DIMENZOVÁNÍ

- Optimalizace dimenzí byla provedena ve výpočetním programu Scia Engineer na základě jednotkových posudků.
- Kruhové profily okapové vaznice a vaznic jsem použila z důvodu zachování rázu srubové stavby.
- Vaznice jsou uloženy na sloupech, proto mají sloupy stejnou dimenzi jako vaznice.
- Bylo nutné použít ocelová táhla, abych odlehčila vaznici, na které jsou uloženy vikýře a přitížila tím tak vrcholovou vaznici, která nebyla příliš využita.

7. POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

7.1. Pevnostní charakteristiky

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

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$$

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

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

$$f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$$

$k_{mod} = 0,9$ (třída provozu 2, krátkodobé proměnné zatížení)

$\gamma_M = 1,3$ (dílní součinitel materiálu pro dřevo)

- Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{21}{1,3} = 14,54 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům

$$f_{c,90,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{2,5}{1,3} = 1,73 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{14}{1,3} = 9,69 \text{ MPa}$$

- Návrhová pevnost v ohybu

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{24}{1,3} = 16,62 \text{ MPa}$$

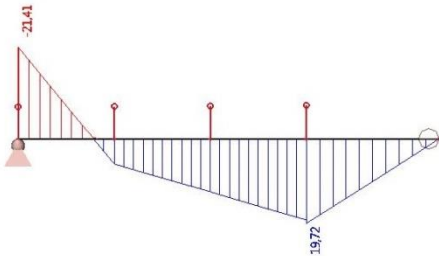
- Návrhová pevnost ve smyku

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{2,7}{1,3} = 1,87 \text{ MPa}$$

- Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny

$$E_{0,05} = E_{0,mean} * \frac{2}{3} = 11000 * \frac{2}{3} = 7333 \text{ MPa}$$

$M_{y,d}$... max. ohybový moment u vaznice (pouze stálé zatížení a dominantní proměnné zatížení – sníh, návěje)



7.2. Požární odolnost vaznice

- R30
- Rozhodující proměnné zatížení - sněhové návěje
- Vaznice je nechráněná
- Posouzení za běžné teploty

$$M_{y,d} = 19,72 \text{ kNm}$$

$$W_y = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 350^3}{32} = 4,21 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{19,72 \cdot 10^6}{4,21 \cdot 10^6} = 4,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 4,68 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 16,62 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Metoda redukovaného průřezu

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{k_{fi} \cdot f_{m,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \cdot \frac{1,25 \cdot 24}{1,0} = 30,00 \text{ MPa}$$

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{k,1}} = \left(\frac{G_k + Q_{k,1}}{G_k + Q_{k,1}} \right) \cdot \left(\frac{1 + \psi_1}{\gamma_Q + \gamma_G} \right)$$

$$\eta_{fi} = 0,55 \cdot \left(\frac{1 + 0,2}{1,5 + 1,35} \right) = 0,23$$

$$M_{y,d,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{y,d} = 0,23 \cdot 19,72 = 4,54 \text{ kNm}$$

Účinný průřez:

$$d_{ef} = \beta_N \cdot t + k_0 \cdot d_0 = 0,8 \cdot 30 + 1,0 \cdot 7 = 31 \text{ mm}$$

$$d_{fi} = d - 2 \cdot d_{ef} = 350 - 2 \cdot 31 = 288 \text{ mm}$$

$$W_{y,fi} = \frac{\pi \cdot d_{fi}^3}{32} = \frac{\pi \cdot 288^3}{32} = 2,35 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d,fi} = \frac{M_{y,d,fi}}{W_{y,fi}} = \frac{4,54 \cdot 10^6}{2,35 \cdot 10^6} = 1,93 \text{ MPa}$$

$k_{fi} = 1,25$... pro rostlé dřevo

p ... obvod zbytkového průřezu
vystaveného požáru

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} * \frac{k_{fi} * f_{m,k}}{\gamma_{M,fi}} = 1 * \frac{1,25 * 24}{1,0} = 30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = 1,93 \text{ MPa} \leq f_{m,d,fi} = 30 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Metoda redukovaných vlastností

$$k_{mod,fi} = 1,0 - \frac{1}{200} * \frac{p}{A_r} = 1,0 - \frac{1}{200} * \frac{0,302}{6,71 * 10^{-3}} = 0,77$$

$$d_{char} = \beta_n * t = 0,8 * 30 = 24 \text{ mm}$$

$$d_{fi} = d - 2 * d_{char} = 350 - 2 * 24 = 302 \text{ mm}$$

$$p = 0,302 \text{ m}$$

$$A_r = \frac{\pi * d_{fi}^3}{4} = \frac{\pi * 0,302^4}{4} = 6,71 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$W_{y,fi} = \frac{\pi * d_{fi}^3}{32} = \frac{\pi * 302^3}{32} = 2,70 * 10^6 \text{ mm}^3$$

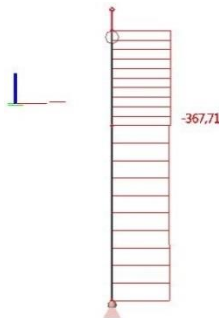
$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} * \frac{k_{fi} * f_{m,k}}{\gamma_{M,fi}} = 0,77 * \frac{1,25 * 24}{1,0} = 23,10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = \frac{M_{y,d,fi}}{W_{y,fi}} = \frac{4,54 * 10^6}{2,70 * 10^6} = 1,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = 1,68 \text{ MPa} \leq f_{m,d,fi} = 23,10 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

⇒ Vaznice jako nechráněný prvek vyhoví na požární odolnost R30.

$N_{Ed} = -367,71 \text{ kN}$
 $L_{ef} = 3,0 \text{ m}$



7.3. Sloup - tlak rovnoběžně s vlákny

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{r} = \frac{3000}{\frac{175}{2}} = 34,29$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{34,29}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7333}} = 0,584$$

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

$$k_y = 0,5 * [1 + 0,2 * (0,584 - 0,3) + 0,584^2] = 0,70$$

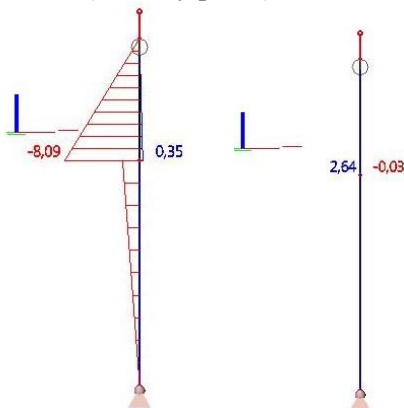
$$k_c = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,c}^2}} = \frac{1}{0,70 + \sqrt{0,70^2 - 0,584^2}} = 0,92 \leq 1,0$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{N_{ED}}{\pi r^2} = \frac{367,71 * 10^3}{\pi * 175^2} = 3,82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 3,82 \text{ MPa} \leq k_c * f_{c,0,d} = 0,92 * 14,54 = 13,38 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} = \frac{3,82}{0,92 * 14,54} = 0,29 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

$M_{y,d} = 8,09 \text{ kNm}$
 $M_{z,d} = 2,64 \text{ kNm}$
 $k_m = 0,7$ (kruhový profil)



7.4. Sloup – pevnost v ohybu

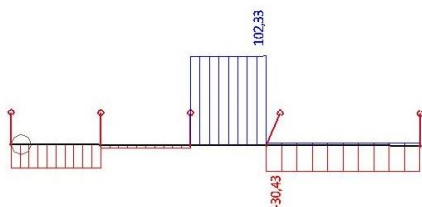
$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W} = \frac{M_{y,d}}{\frac{\pi d^3}{32}} = \frac{8,09 * 10^6}{\frac{\pi * 350^3}{32}} = 1,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W} = \frac{M_{z,d}}{\frac{\pi d^3}{32}} = \frac{2,64 * 10^6}{\frac{\pi * 350^3}{32}} = 0,63 \text{ MPa}$$

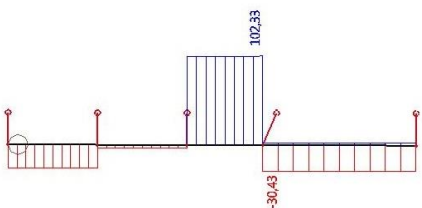
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,92}{16,62} + 1,0 * \frac{0,63}{16,62} = 0,15 \leq 1,0$$

... VYHOVUJE

$k_{c,90} = 1,0$... pro rostlé dřevo z jehličnatých dřevin



$V_{Z,ED} = 102,33$ kN



$$k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 1,0 * \frac{1,92}{16,62} + \frac{0,63}{16,62} = \mathbf{0,15} \leq \mathbf{1,0}$$

... VYHOVUJE

7.5. Vaznice - tlak kolmo k vláknům

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{cd}}{A_{ref}} = \frac{132,76 * 10^3}{350 * 240} = 1,58 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} * f_{c,90,d}$$

$$1,58 \text{ MPa} \leq 1,0 * 1,73 = 1,73 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} * f_{c,90}} = \frac{1,58}{1,0 * 1,73} = \mathbf{0,91} \leq \mathbf{1,0} \dots \text{VYHOVUJE}$$

7.6. Vaznice – posouzení smyku

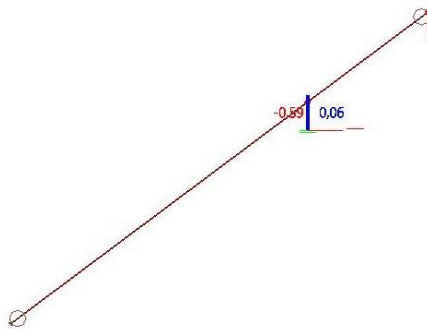
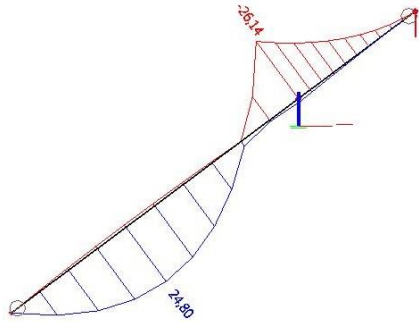
$$\tau_D = \frac{V_{ED} * S}{I * b} = \frac{V_{ED} * \left[\left(\frac{\pi * r^2}{2} \right) * \left(\frac{4 * r}{3 * \pi} \right) \right]}{\left(\frac{\pi * r^4}{4} \right)} = \frac{4 * V_{ED}}{3 * \pi * r^2} =$$

$$= \frac{4 * 102,33 * 10^3}{3 * \pi * 175^2} = 1,42 \text{ MPa}$$

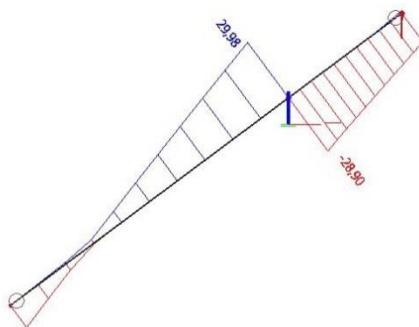
$$\tau_D = 1,42 \text{ MPa} \leq f_{v,D} = 1,87 \text{ MPa} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\tau_D}{f_{v,D}} = \frac{1,42}{1,87} = \mathbf{0,76} \leq \mathbf{1,0} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$M_{y,d} = -26,14 \text{ kNm}$
 $M_{z,d} = -0,59 \text{ kNm}$
 $k_m = 0,7$ (obdélníkový průřez)



$N_{ed} = -28,90 \text{ kN}$



7.7. Krokv – Pevnost v ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W} = \frac{M_{y,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{26,14 \cdot 10^6}{\frac{180 \cdot 260^2}{6}} = 12,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W} = \frac{M_{z,d}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{0,59 \cdot 10^6}{\frac{180 \cdot 260^2}{6}} = 0,29 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{12,89}{16,62} + 0,7 \cdot \frac{0,29}{16,62} = 0,79 \leq 1,0$$

... VYHOVUJE

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \cdot \frac{12,89}{16,62} + \frac{0,29}{16,62} = 0,56 \leq 1,0$$

... VYHOVUJE

7.8. Krokv – Kombinace ohybu a prostého tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{28,90 \cdot 10^3}{180 \cdot 260} = 0,64 \text{ MPa}$$

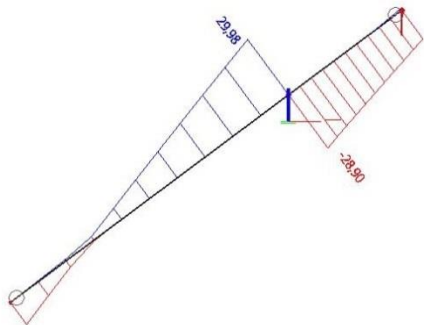
$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\frac{12,89}{16,62} + 0,7 \cdot \frac{0,29}{16,62} + \left(\frac{0,64}{14,54} \right)^2 = 0,79 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

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

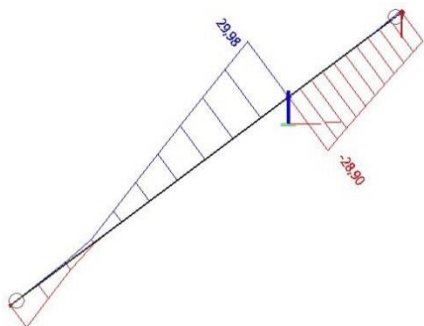
$$0,7 \cdot \frac{12,89}{16,62} + \frac{0,29}{16,62} + \left(\frac{0,64}{14,54} \right)^2 = 0,56 \leq 1,0 \text{ ... VYHOVUJE}$$

$$N_{ed,tah} = 29,98 \text{ kN}$$



$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 5052 \text{ mm}$$

$$N_{ed,tlak} = 28,90 \text{ kN}$$



7.9. Krokev – prostý tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{ed,tah}}{A} = \frac{29,98 * 10^3}{180 * 260} = 0,64 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{0,64}{9,69} = \mathbf{0,07} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

7.10. Krokev – vzpěrný tlak

$L_{cr,y} = 5,052 \text{ m}$ (vzdálenost mezi vaznicí a úžlabní krokvi)

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} * 180 * 260^3}{180 * 260}} = 75,056 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{5052}{75,056} = 67,31 \leq \lambda_{LIM} = 150$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{67,31}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7333}} = 1,15$$

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

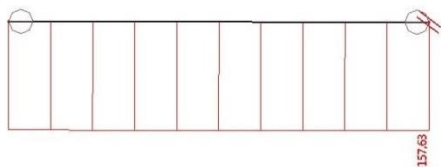
$$k_y = 0,5[1 + 0,2 * (1,15 - 0,3) + 1,15^2] = 1,25$$

$$k_c = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,25 + \sqrt{1,25^2 - 1,15^2}} = 0,57 \leq 1,0$$

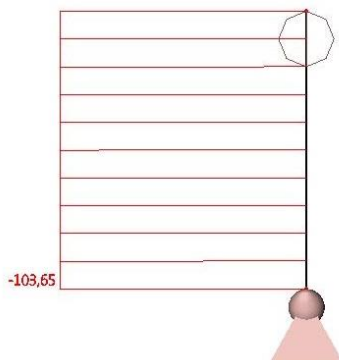
$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{28,90 * 10^3}{180 * 260} = 0,62 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} = \frac{0,62}{0,57 * 14,54} = \mathbf{0,07} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

$L_{ef} = 3900 \text{ mm}$
 $N_{ed} = -157,63 \text{ kN}$



$L_{ef} = 1,125 \text{ m}$
 $N_{ed} = 103,65 \text{ kN}$



7.11. Kleština – tlak rovnoběžně s vlákny

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{\frac{b}{2}} = \frac{3900}{\frac{160}{2}} = 48,75$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{48,75}{\pi} \sqrt{\frac{21}{7333}} = 0,83$$

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

$$k_y = 0,5[1 + 0,2 * (0,83 - 0,3) + 0,83^2] = 0,90$$

$$k_c = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,c}^2}} = \frac{1}{0,90 + \sqrt{0,90^2 - 0,83^2}} = 0,80 \leq 1,0$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{N_{ED}}{b * h} = \frac{157,63 * 10^3}{2 * 100 * 160} = 4,93 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 4,93 \text{ MPa} \leq k_c * f_{c,0,d} = 0,80 * 14,54 = 11,65 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} = \frac{4,93}{0,80 * 14,54} = \mathbf{0,42 \leq 1,0 \dots VYHOVUJE}$$

7.12. Sloupek - tlak rovnoběžně s vlákny

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{\frac{r}{2}} = \frac{1125}{\frac{55}{2}} = 40,91$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{40,91}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7333}} = 0,70$$

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

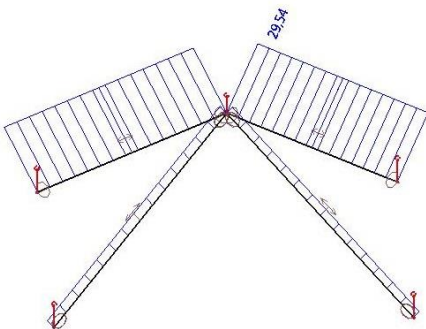
$$k_y = 0,5 * [1 + 0,2 * (0,70 - 0,3) + 0,70^2] = 0,785$$

$$k_c = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,c}^2}} = \frac{1}{0,785 + \sqrt{0,785^2 - 0,70^2}} = 0,88 \leq 1,0$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ED}}{A_{net}} = \frac{N_{ED}}{\pi r^2} = \frac{103,65 \cdot 10^3}{\pi \cdot 55^2} = 10,91 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = 10,91 \text{ MPa} \leq k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,88 \cdot 14,54 = 12,80 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \frac{10,91}{0,88 \cdot 14,54} = \mathbf{0,85} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$



7.13. Ocelové táhlo – posouzení tahu

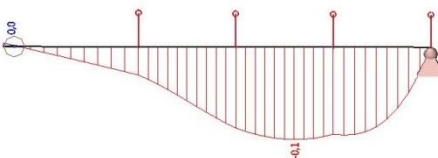
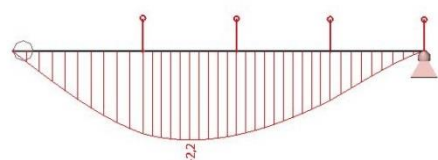
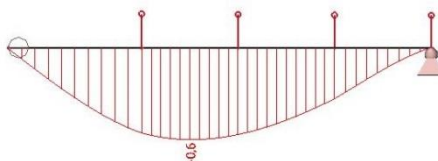
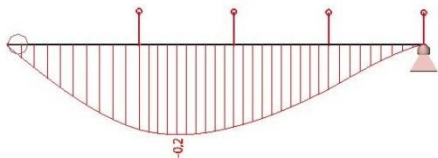
- Ocel S235 $\Rightarrow f_y = 235 \text{ MPa}$

$$N_{RD} = A \cdot f_y = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot f_y = \frac{\pi \cdot 24^2}{4} \cdot 235 = 106,31 \text{ kN}$$

$$N_{ED} = 29,54 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ED}}{N_{RD}} = \frac{29,54}{106,31} = \mathbf{0,28} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

\Rightarrow Ocelové táhlo vyhoví na tah. Tlak je vyloučen nelineárním výpočtem.



8. POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

8.1. Vaznice – okamžitá deformace

$$w_{inst} = w_{inst,g0} + w_{inst,g1} + w_{inst,návěje} + \psi_0 * w_{inst,vítr}$$

$$w_{inst} = 0,3 + 0,2 + 2,2 + 0,6 * 0,1$$

$$w_{inst} = 2,76 \text{ mm} \leq w_{inst,lim} = \frac{1}{300} = \frac{4607}{300} = 15,4 \text{ mm}$$

...VYHOVUJE

8.2. Vaznice – deformace po dotvarování

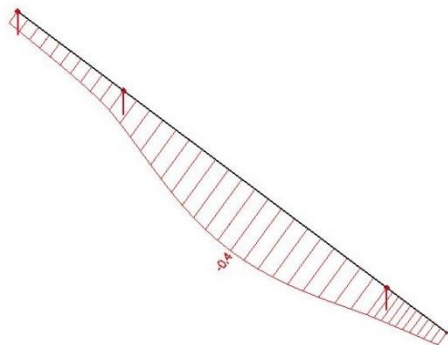
$$w_{fin} = (w_{inst,g0} + w_{inst,g1}) * (1 + k_{def}) + w_{inst,návěje} * (1 + \psi_2 * k_{def}) + w_{inst,vítr} * (\psi_0 + \psi_2 * k_{def})$$

$$w_{fin} = (0,3 + 0,2) * (1 + 0,8) + 2,2 * (1 + 0,2 * 0,8) + 0,1 * (0,6 + 0,0 * 0,8)$$

$$w_{fin} = 0,9 + 2,552 + 0,06 = 3,512 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = 3,512 \text{ mm} \leq w_{fin,lim} = \frac{1}{250} = \frac{4607}{250} = 18,43 \text{ mm}$$

... VYHOVUJE

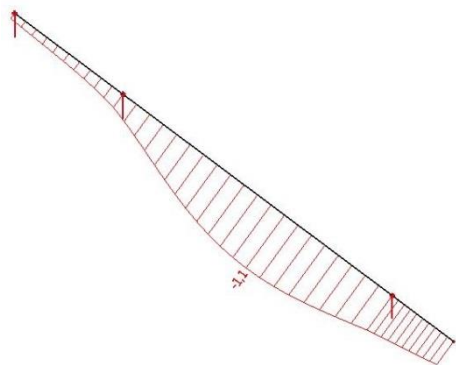


8.3. Krokv – okamžitá deformace

$$w_{inst} = w_{inst,g0} + w_{inst,g1} + w_{inst,návěje}$$

$$w_{inst} = 0,4 + 1,1 + 3,1$$

$$w_{inst} = 4,60 \text{ mm} \leq w_{inst,lim} = \frac{1}{300} = \frac{8400}{300} = 28 \text{ mm} \quad \dots \text{VYHOVUJE}$$



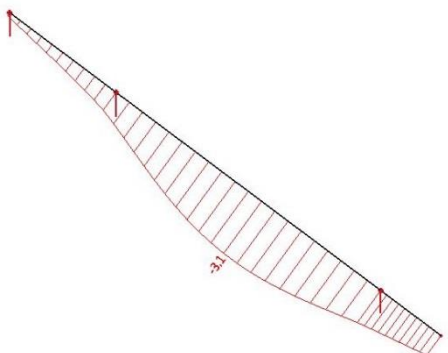
8.4. Krokv – deformace po dotvarování

$$w_{fin} = (w_{inst,g0} + w_{inst,g1}) * (1 + k_{def}) + w_{inst,návěje} * (1 + \psi_2 * k_{def})$$

$$w_{fin} = (0,4 + 1,1) * (1 + 0,8) + 3,1 * (1 + 0,2 * 0,8)$$

$$w_{fin} = 2,70 + 3,60 = 6,30 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = 6,30 \text{ mm} \leq w_{fin,lim} = \frac{1}{250} = \frac{8400}{250} = 33,60 \text{ mm} \quad \dots \text{VYHOVUJE}$$

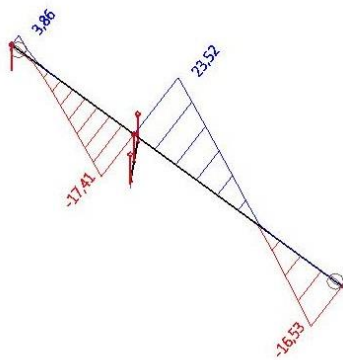
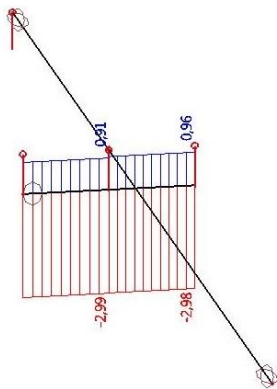
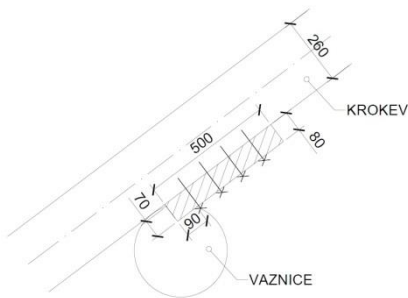


$$V_{ed,z,tah} = 23,52 \text{ kN}$$

$$N_{ed,tah} = 0,91 \text{ kN}$$

$$N_{ed,tlak} = -2,99 \text{ kN}$$

$$M_{ed,y} = 23,21 \text{ kNm}$$



9. TESAŘSKÉ SPOJE

9.1. Osedlání – připojení krokve na vaznici

- Otláčení vaznice

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed,tlak}}{A_{ef}} = \frac{N_{ed,tlak}}{\pi * r^2} = \frac{2,99 * 10^3}{\pi * 175^2} = 0,031 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,032}{1,73} = \mathbf{0,018} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

- Posouzení smyku

$$\tau_{V,ed} = \frac{4}{3} * \frac{V_{ed,z,tah}}{\pi * r^2} = \frac{4}{3} * \frac{23,52 * 10^3}{\pi * 175^2} = 0,33 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{v,ed}}{f_{v,d}} = \frac{0,33}{1,87} = \mathbf{0,17} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

- Posouzení ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ed,y}}{W_y} = \frac{M_{ed,y}}{\frac{\pi * d^3}{32}} = \frac{23,21 * 10^6}{\frac{\pi * 350^3}{32}} = 5,51 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{5,51}{16,62} = \mathbf{0,33} \leq \mathbf{1,0} \dots \mathbf{VYHOVUJE}$$

- Hřebíkový přípoj

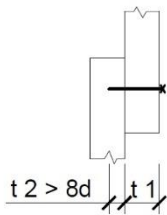
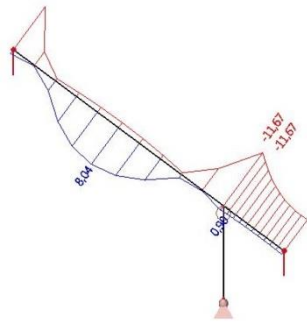
Volba průměru hřebíku: $d = \frac{t_1}{11} \div \frac{t_1}{7} = \frac{80}{7} \div \frac{80}{11} = 7,28 \div 11,4 = 8 \text{ mm}$

Volba délky hřebíku: $l = 160 \text{ mm} \geq t_1 + 8d = 80 + 8 * 8 = 144 \text{ mm}$

→ hřebíky 4 x Ø 8 mm, dl. 160 mm

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} 7d = 7 * 8 = 56 \text{ mm} \\ (13d - 30) * \frac{\rho_k}{400} = (13 * 8 - 30) * \frac{350}{400} = 64,75 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

$t = 64,75 \text{ mm} \leq t_1 = 80 \text{ mm} \rightarrow$ není nutné předvrtání



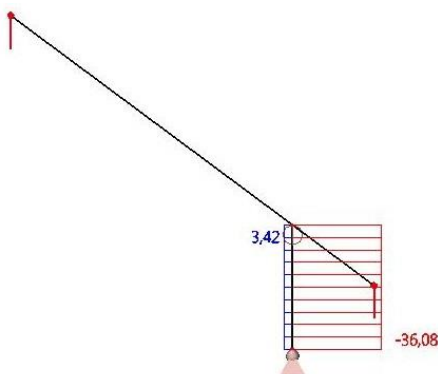
$$V_{ed,z,tah} = 9,59 \text{ kN}$$

$$N_{ed,tah} = 3,42 \text{ kN}$$

$$N_{ed,tlak} = -36,08 \text{ kN}$$

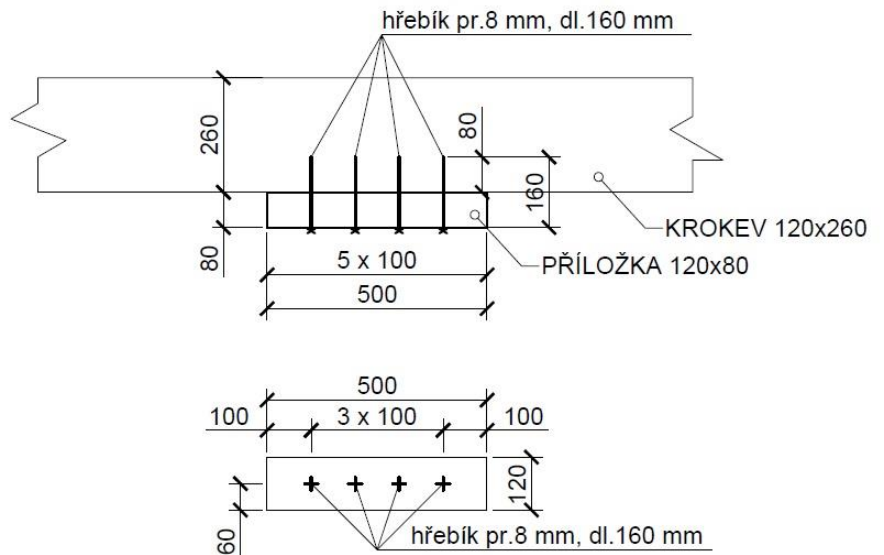
$$M_{ed,y} = -11,67 \text{ kNm}$$

$$l_{ef} = 110 \text{ mm}$$



$$a_1 = (5 + 7 * \cos\alpha) * d = (5 + 7 * \cos 0) * 8 = 96 \text{ mm}$$

$$a_1 = 100 \text{ mm}$$



9.2. Osedlání – připojení krokve na sloupek

- Otlačení sloupku

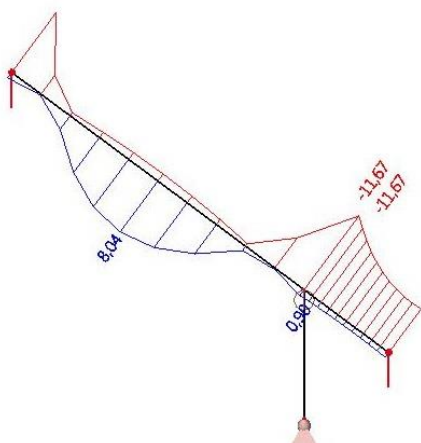
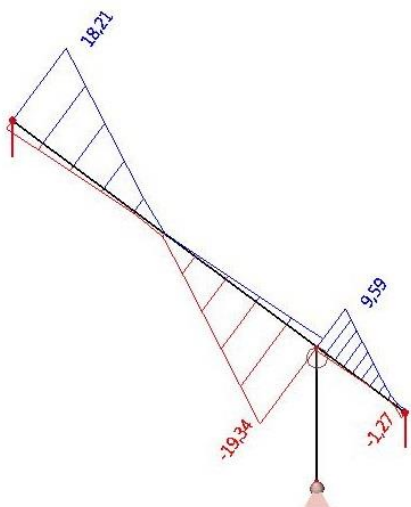
$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed,tlak}}{A_{ef}} = \frac{N_{ed,tlak}}{h * b} = \frac{36,08 * 10^3}{220 * 120} = 1,37 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{1,37}{1,73} = 0,79 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Posouzení smyku

$$\tau_{V,ed} = \frac{3}{2} * \frac{V_{ed,z,tah}}{k_{cr} * A_{ef}} = \frac{3}{2} * \frac{9,59 * 10^3}{0,67 * 220 * 120} = 0,81 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{v,ed}}{f_{v,d}} = \frac{0,81}{1,87} = 0,43 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$



- Posouzení ohybu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ed,y}}{W_y} = \frac{M_{ed,y}}{\frac{1}{6} * b * h^2} = \frac{11,67 * 10^6}{\frac{1}{6} * 120 * 220^2} = 12,06 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{12,06}{16,62} = 0,73 \leq 1,0 \dots \text{VYHOVUJE}$$

- Posouzení na vytažení vrutu

$$f_{ax,k} = 3,6 * 10^{-3} * \rho_k^{1,5} = 3,6 * 10^{-3} * 350^{1,5} = 23,57 \text{ MPa}$$

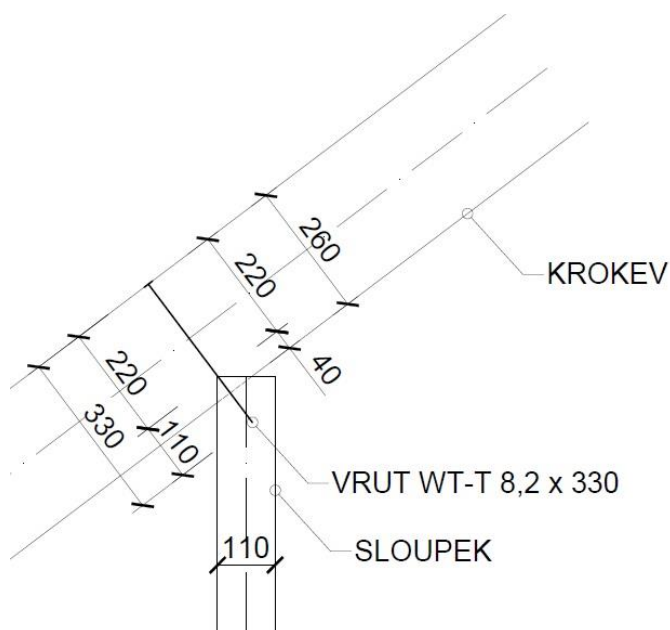
$$f_{ax,37,k} = \frac{f_{ax,k}}{\sin^2\alpha + \cos^2\alpha} = \frac{23,57}{\sin^2 37 + \cos^2 37} = 23,57 \text{ MPa}$$

$$F_{ax,37,k} = n_{ef} * (\pi * d * l_{ef})^{0,8} * f_{ax,37,k}$$

$$F_{ax,37,k} = 1,0 * (\pi * 8,2 * 110)^{0,8} * 23,57 = 13,62 \text{ kN}$$

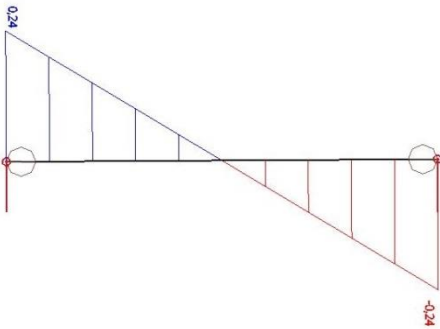
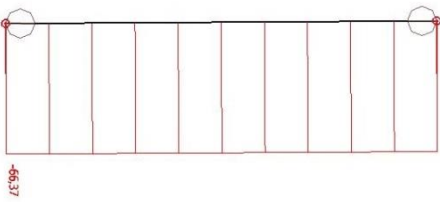
$$F_{ax,37,d} = k_{mod} * \frac{F_{ax,37,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{13,62}{1,3} = 9,43 \text{ kN}$$

$$F_{ax,37,d} = 9,43 \text{ kN} \geq N_{ed,tah} = 3,42 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$



$$N_{ed,tlak} = 66,37 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = 0,24 \text{ kN}$$



9.3. Svorníkový spoj kleštiny s krokví

$$M_{y,rk} = 0,3 * f_{uk} * d^{2,6} = 0,3 * 600 * 20^{2,6} = 434 461 \text{ Nmm}$$

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

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 350 = 22,96 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 d = 1,35 + 0,015 * 20 = 1,65$$

$$f_{h,37,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$f_{h,37,k} = \frac{22,96}{1,65 * \sin^2 37 + \cos^2 37} = 18,58 \text{ MPa}$$

$$F_{v,rk} =$$

$$\min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,0,k} * t_1 * d \\ 0,5 * f_{h,37,k} * t_2 * d \\ 1,05 * \frac{f_{h,0,k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta) * M_{y,rk}}{f_{h,1,k} * d * t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,rk}}{4} \\ 1,15 * \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,rk} * f_{h,0,k} * d} + \frac{F_{ax,rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,rk1} = 22,96 * 100 * 20 = 45 920 \text{ N} = 45,920 \text{ kN}$$

$$F_{v,rk2} = 0,5 * 18,58 * 180 * 20 = 33 444 \text{ N} = 33,444 \text{ kN}$$

$$\beta = \frac{f_{h,37,k}}{f_{h,0,k}} = \frac{18,58}{22,96} = 0,81$$

$$F_{v,rk} = \min\{F_{v,rk1}; F_{v,rk2}\}$$

$$F_{v,rk} = \min\{45,92; 33,44\} = 33,44 \text{ kN}$$

$$F_{V,RD} = \left(k_{mod} * \frac{F_{v,rk}}{\gamma_M} \right) = \left(0,9 * \frac{33,44}{1,3} \right) = 23,15 \text{ kN}$$

- Účinný počet svorníků

$$n_{ef} = \min \left\{ n, n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right\}$$

$$n_{ef} = \min \left\{ n = 2, n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} = 2^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{96}{13 * 20}} = 6,51 \right\} = 2$$

- Minimální hodnoty roztečí a vzdáleností pro svorníky

$$a_1 = (4 + \cos\alpha) * d = (4 + \cos 37) * 20 = 96 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4 * d = 4 * 20 = 80 \text{ mm}$$

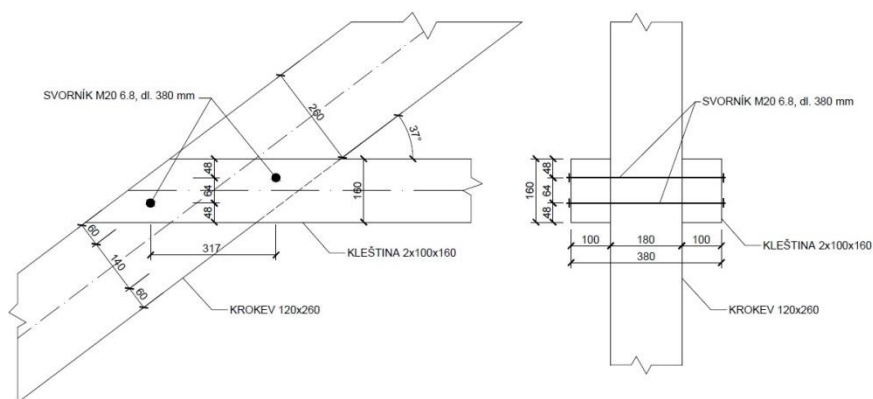
$$a_{3c} = 4 * d = 4 * 20 = 80 \text{ mm}$$

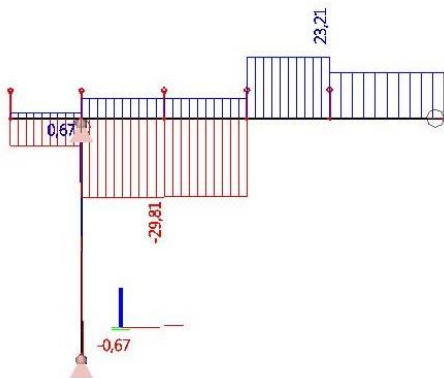
$$a_{4c} = 3 * d = 3 * 20 = 60 \text{ mm}$$

$$F_{V,ed} = \sqrt{N_{ed,tlak}^2 + V_{z,ed}^2} = \sqrt{66,37^2 + 0,24^2} = 66,37 \text{ kN}$$

$$F_{V,RD,tot} = 2 * n_{ef} * F_{V,RD} = 2 * 2 * 23,15 = 92,60 \text{ kN}$$

$$F_{V,ed} = 66,37 \text{ kN} \leq F_{V,RD,tot} = 92,60 \text{ kN} \dots \text{VYHOVUJE}$$





9.4. Čepový spoj sloupu s vaznicí

$$\alpha = \frac{h_{ef}}{h} = \frac{100}{350} = 0,29$$

$$x = \frac{h_{ef}}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ mm}$$

$$k_N = 5$$

$$i = \frac{100}{200} = 0,5$$

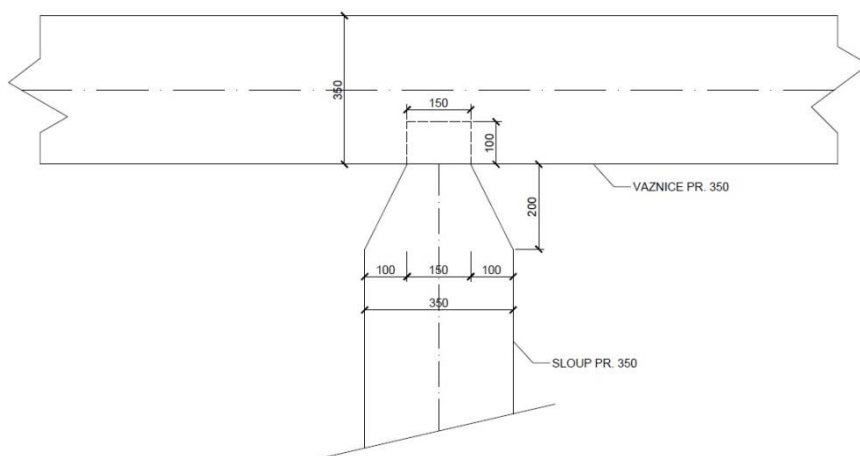
$$k_v = \frac{k_n * \left(1 + \frac{1,1 * i^{1,5}}{\sqrt{h}}\right)}{\sqrt{h} * \left[\sqrt{\alpha * (1 - \alpha)} + 0,8 * \frac{x}{h} * \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2}\right]}$$

$$k_v = \frac{5 * \left(1 + \frac{1,1 * 0,5^{1,5}}{\sqrt{350}}\right)}{\sqrt{350} * \left[\sqrt{0,29 * (1 - 0,29)} + 0,8 * \frac{50}{350} * \sqrt{\frac{1}{0,29} - 0,29^2}\right]} = 0,42$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_{ed}}{b * h_{ef}} = \frac{29,81 * 10^3}{350 * 100} = 0,85 \text{ MPa}$$

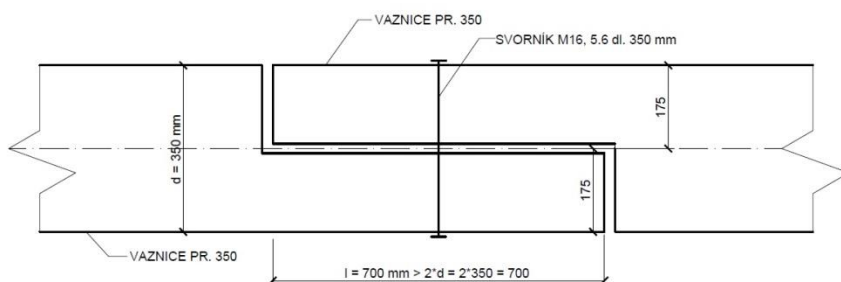
$$\sigma_{c,90,d} = 0,85 \text{ MPa} \leq k_{c,90} * f_{c,90,d} = 1,0 * 1,73 = 1,73 \text{ MPa}$$

...VYHOVUJE

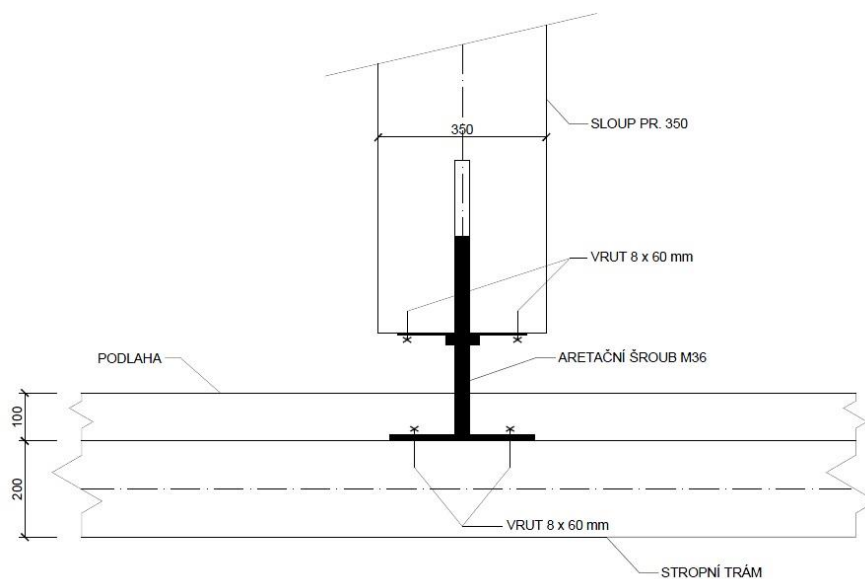


9.5. Ostatní spoje

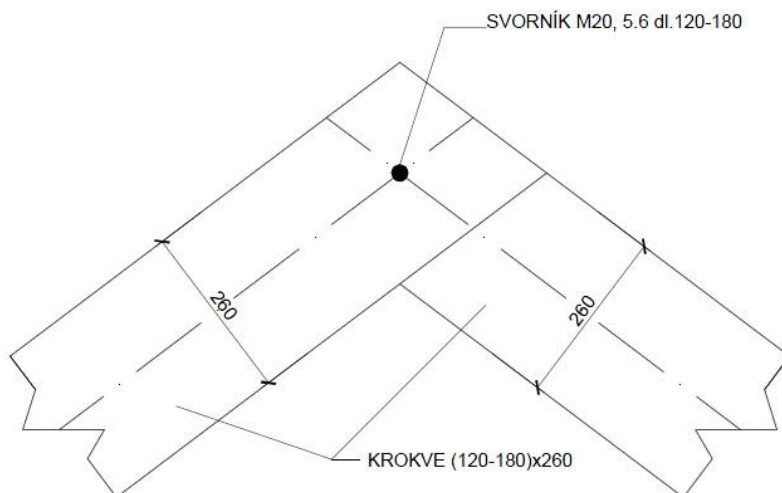
- Spojení okapové vaznice – vaznice budou spojovány cca po 6 ti metrech pomocí přeplátování a zajištěny svorníkem, protože jsou vaznice namáhaný tahem. Alternativou je tupý přípoj a zajištění vaznice svorníkem ke stropnímu trámu (viz obrázek).



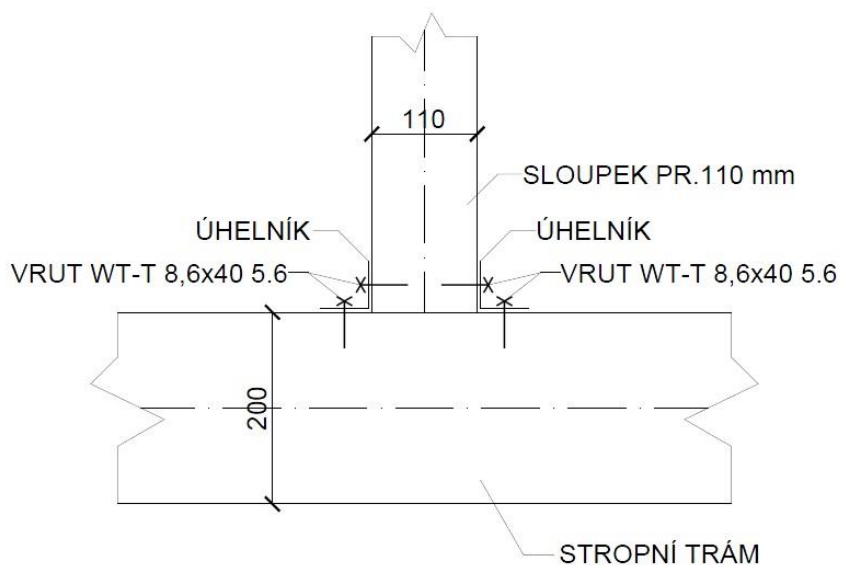
- Spojení vaznic – středové a vrcholové vaznice budou spojeny pomocí tupého spoje. Tyto spoje budou uloženy na sloupech.
- Připojení sloupů ke konstrukci stropu – sloupy budou připojeny aretačními šrouby ke konstrukci stropu přes ocelovou podložku. Ocelová podložka bude ke stropu uchycena pomocí vrutů. Sloupy musí být uloženy na aretačních šroubech, protože stavba bude v průběhu několika let sesedat a sesychávat. Nejvíce se tato změna bude projevovat u stěn srubové části penzionu. V průběhu let je nutné několikrát spustit sloupy dolů, tzn. povolit aretační šroub.



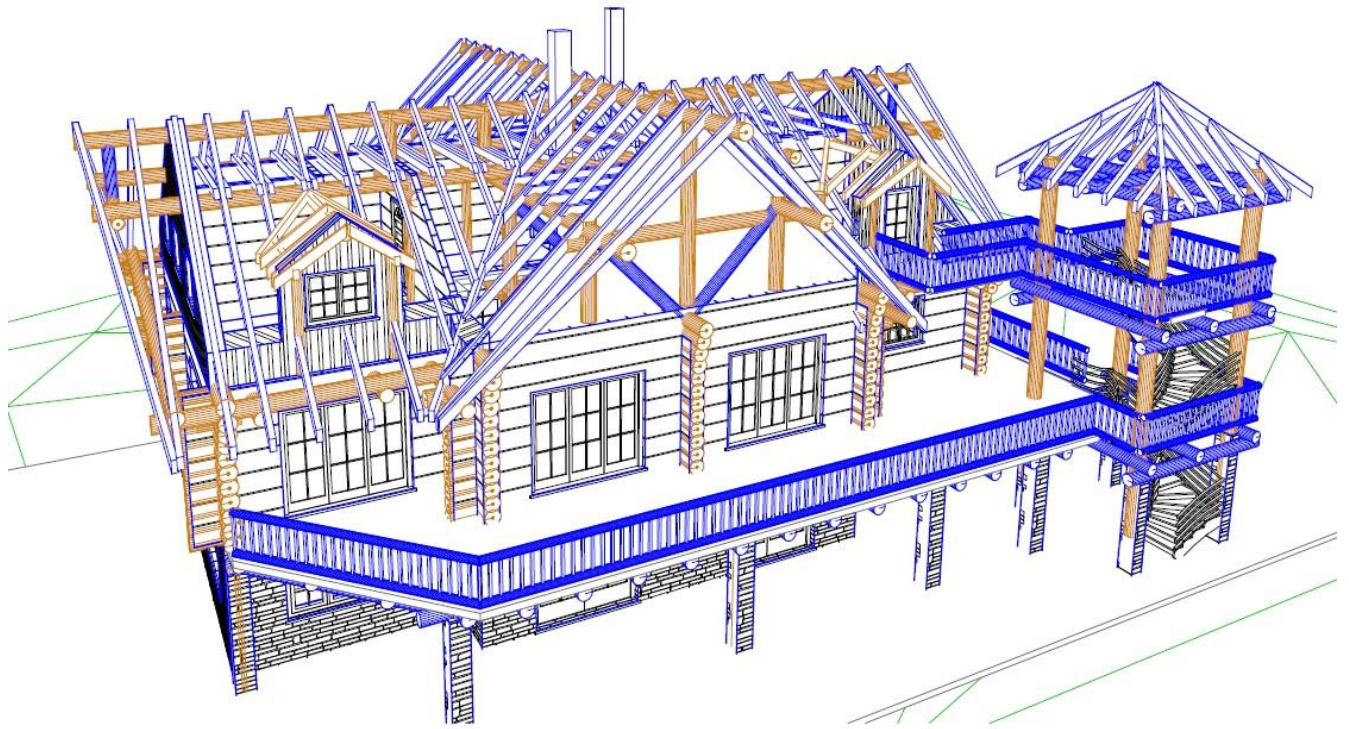
- Spojení krokví ve vrcholu – krokve budou ve vrcholu spojeny pomocí svorníků M20.



- Spojení sloupků na stropní trám - toto spojení bude realizováno přes úhelníky. Úhelník je připojen pomocí vrutu WT-T 8,2 x40 5.6 do stropního trámu a do sloupku.



10. 3D VIZUALIZACE



11. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

f_y	mez kluzu oceli
s	charakteristická hodnota zatížení sněhem
s_K	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi
μ_i	tvarový součinitel zatížení
C_e	součinitel expozice
C_t	tepelný součinitel
V_b	základní rychlost větru
$V_{b,0}$	výchozí základní rychlost větru

C_{dir}	součinitel směru větru
C_{season}	součinitel ročního období
$C_{r(z)}$	součinitel drsnosti povrchu
$C_{o(z)}$	součinitel ortografie
z	výška nad zemí
z_{min}	minimální výška
z_o	parametr drsnosti povrchu
V_m	střední rychlost větru
ρ	měrná hustota vzduchu
q_b	základní dynamický tlak větru
$q_p(z)$	maximální dynamický tlak větru
$I_v(z)$	intenzita turbulence
c_{pe}	součinitel vnějšího tlaku
W_e	tlak větru na vnější povrch
$c_{pe,10}$	součinitel tlaku větru
h	výška prvku
b	šířka prvku
A	průřezová plocha
I_y	moment setrvačnosti průřezu ose y
W_y	elastický modul průřezu k ose y
$W_{y,fi}$	elastický modul průřezu k ose y při požáru
N_{ed}	návrhová normálová síla
V_{ed}	návrhová posouvající síla
M_{ed}	návrhový ohybný moment
$M_{y,ed,fi}$	návrhový ohybný moment při požáru
$L_{cr,y}$	vzpěrná délka kolmo k ose y

$L_{cr,z}$	vzpěrná délka kolmo k ose z
$\sigma_{m,d}$	normálové napětí za ohybu
$\sigma_{m,d,fi}$	normálové napětí za ohybu při požáru
f_{uk}	charakteristická pevnost v tahu spojovacího prostředku
l_{ef}	efektivní délka
A_{net}	průřezová plocha v místě oslabení
e_1	vzdálenost šroubů od okraje
p_1	vzdálenost mezi šrouby
e_2	vzdálenost šroubů od okraje
p_2	vzdálenost mezi šrouby
$f_{c,0,k}$	Charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c,0,d}$	Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c,90,k}$	Charakteristická pevnost v tlaku kolmo k vláknům
$f_{c,90,d}$	Návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům
$k_{c,90}$	součinitel zohledňující uspořádání zatížení, možnost štěpení dřeva a stupeň jeho deformace v tlaku
$\sigma_{c,90,d}$	návrhové napětí v tlaku kolmo k vláknům
$f_{t,0,k}$	Charakteristická pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t,0,d}$	Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{m,k}$	Charakteristická pevnost v ohybu
$f_{m,d}$	Návrhová pevnost v ohybu
$\sigma_{m,y,d}$	návrhové napětí v ohybu k hlavní ose y
$\sigma_{m,z,d}$	návrhové napětí v ohybu k hlavní ose z
$f_{m,d,fi}$	Návrhová pevnost v ohybu při požáru
$f_{v,k}$	Charakteristická pevnost ve smyku
$f_{v,d}$	Návrhová pevnost ve smyku
$E_{0,05}$	5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny

$E_{0,mean}$	Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny
ρ_k	charakteristická hustota dřeva [$kg \cdot m^{-3}$]
γ_m	Dílčí součinitel materiálu pro dřevo
k_{mod}	Modifikační součinitel zohledňující vliv zatížení a vlhkosti
$k_{mod,fi}$	Modifikační součinitel zohledňující vliv zatížení a vlhkosti při požáru
η_{fi}	Redukční součinitel
d_{ef}	Rozměr účinného průřezu
$d_{char,n}$	Nominální návrhová hloubka zuhelnatění zahrnující účinek zaoblení rohů
$d_{char,0}$	Návrhová hloubka zuhelnatění pro jednorozměrné zuhelnatění
β_n	Nominální návrhová rychlost zuhelnatění, která zahrnuje účinek zaoblení rohů
β_0	Jednorozměrná návrhová rychlost zuhelnatění
t	Doba vystaven účinkům požáru
p	Obvod zbytkového průřezu vystaveného požáru
A_r	Plocha zbytkového průřezu vystaveného požáru
$F_{v,Rk}$ vlákny	charakteristická únosnost jednotlivého spojovacího prostředku rovnoběžně s vlákny
n_{ef}	účinný počet spojovacích prostředků rovnoběžně s vlákny
β	poměr mezi pevnostmi v otláčení prvků
$M_{y,Rk}$	charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku
t_1	Menší tloušťka krajního dřevěného prvku nebo hloubka vniku
t_2	tloušťka středního dřevěného prvku
d	průměr spojovacího prostředku
$f_{h,k}$	charakteristická pevnost v otláčení
λ_y	štíhlostní poměr odpovídající ohybu kolem osy y