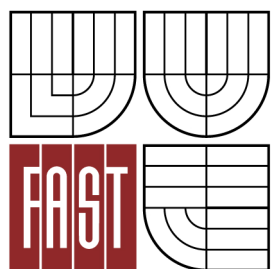




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍ MECHANIKY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

STATICKÁ ANALÝZA DŘEVĚNÉHO KROVU

STATIC ANALYSIS OF WOODEN TRUSS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Eliška Cicálková

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Zbyněk Vlk, Ph.D.

BRNO 2013



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 stavební mechaniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Eliška Cicálková
Název	Statická analýza dřevěného krovu
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Zbyněk Vlk, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013
V Brně dne 30. 11. 2012	

.....
prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.
Vedoucí ústavu

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

Podklady a literatura

- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí.
- ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí - část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.
- ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí - část 1-3: Obecná zatížení - Zatíž. sněhem.
- ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí - část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem.
- ČSN EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí, část 1-1: Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- ČSN 73 1702: Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- ČSN 73 1901: Navrhování střech - Základní ustanovení.
- Bittnar Z., Sejnoha J. - Numerické metody mechaniky 1,2

Zásady pro vypracování

Cílem práce je osvojit si zásady modelování konstrukcí a zatížení, provedení několika modelů dřevěné konstrukce se zatížením podle odpovídající normy a srovnání dosažených výsledků.

Modelování konstrukce a analýza na vytvořené zatěžovací stavy bude provedena v programovém systému RFEM 4.

Dílčí cíle:

1. výpočtový model střešní konstrukce v programu využívající MKP
2. stanovení zatížení
3. kombinace zatížení
4. výpočet vnitřních sil
5. posouzení MSÚ
6. posouzení MSP
7. posouzení spoje

Pro stanovení zatížení a následné provedení posudků jsou využity Eurokódy [1-5] a platné normy ČSN [6].

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací.

.....
Ing. Zbyněk Vlk, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Práce “Statická analýza dřevěného krovu” je zpracována jako statický výpočet tradičního dřevěného krovu. Pro analýzu modelu konstrukce je použit program využívající metody konečných prvků - program Dlubal RFEM 4.

Podle skutečného provedení je namodelován prutový výpočtový model, kde jsou jednotlivé konstrukční prvky posouzeny na první i druhý mezní stav, tedy mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Navržen je též hřebíkový spoj připojení kleštín na krokvě.

Klíčová slova

- ☐ Dřevěná konstrukce
- ☐ Kleština
- ☐ Konstrukční prvek
- ☐ Krokev
- ☐ Krov
- ☐ Pevná podpora
- ☐ Posuvná podpora (kluzná)
- ☐ Sloupek
- ☐ Tesařský spoj
- ☐ Úžlabní krokev
- ☐ Výpočtový model

Abstract

Bachelor work is processed as static calculation of traditional wooden roof. For analysis of structural model is used program using finite element method (FEM) - Dlubal RFEM 4.

According to the actual implementation is modeled brace calculating model. Here separate construction elements are assessed the first and the second limit states - ultimate limit state and serviceability limit state. Nail connection is made at the close of work. It's connections of roof tie and rafter.

Keywords

- o Wooden construction
- o Roof tie
- o Construction element
- o Rafter
- o Truss
- o Fixed support
- o Movable (gliding) support
- o Post
- o Carpenter's joint
- o Valley rafter
- o Calculating model

Bibliografická citace VŠKP

CICÁLKOVÁ, Eliška. *Statická analýza dřevěného krovu*. Brno, 2013. 77s.,3 s. příl.. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky. Vedoucí práce Ing. Zbyněk Vlk, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28.4.2013

.....
podpis autora
Eliška Cicálková

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

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

V Brně dne 28.4.2013

.....
podpis autora
Eliška Cicálková

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce Ing. Zbyňku Vlkovi, Ph.D. za odborné vedení při vedení mé bakalářské práce, jeho věcné připomínky, ochotu, trpělivost a racionální přístup. Dále bych ráda poděkovala své rodině, že mi umožnili studovat vysokou školu, a také přátelům a kolegům, kteří mě podporovali během celého studia.

OBSAH

1	Úvod	11
2	Střecha	12
2.1	Dělení střech	12
3	Krov	16
3.1	Požadavky na krov.....	16
3.2	Používané materiály a soustavy krovů.....	16
3.3	Skladba krovu.....	17
3.4	Základní rozdělení soustav krovů:.....	19
4	Konstrukční provedení řešeného krovu	24
4.1	Popis stavebního objektu.....	24
4.2	Konstrukce střechy.....	25
4.3	Zatížení	28
4.4	Materiálové charakteristiky	35
5	Statický výpočet	36
5.1	Neposuvné levé i pravé podpory	36
5.2	Neposuvná levá, posuvná pravá podpora.....	53
5.3	Oslabený průřez krokve	67
6	Spoje.....	73
7	Přílohy	76
8	Závěr.....	79
9	Seznam použitých zdrojů	80

1 Úvod

Úkolem bakalářské práce je zpracovat statický výpočet jednotlivých konstrukčních prvků tradičního dřevěného krovu a jeho variantní řešení.

Nejprve nás práce seznámí s tématem střechy a krovu - jak se dělí střechy, jaké existují druhy soustav a jaké materiály se používají ke konstrukci krovu. Poté bude rozebrán řešený stavební objekt z hlediska polohy, materiálu i konstrukčního řešení. Zatížení konstrukce bude rozděleno do jednotlivých zatěžovacích stavů, což bude rozebráno v samostatné kapitole. Bude se jednat o zatížení vlastní tíhou a ostatními stálými zatíženími, dále užitným zatížením (osoba na střeše), zatížení sněhem a větrem (příčným a podélným, zleva a zprava).

Vlastní práce bude pak statický výpočet. Řešený posudek bude rozdělen na dvě poloviny, dle způsobu připevnění podpor krovu (krokví) k pozednicím na obvodových stěnách budovy. První část bude řešena jako připevnění pevné, vazby neposuvné, druhá pak jako částečně posuvné podepření (jedna podpora pevná, druhá posuvná). Posudek bude proveden v každé části konstrukce ve dvou řezech - v hlavní části budovy a ve vedlejší, v místech předpokládaného největšího zatížení. V místě připojení krokve k pozednici, kde je spoj řešen osedláním, dochází k oslabení profilu šikmého prvku (krokve), proto bude posouzen statický výpočet i se zahrnutím tohoto oslabení.

Rozebrány budou jednotlivé druhy spojů a posouzen spoj připojení kleštiny na krokve.

K modelování příslušného krovu bude využita studentská verze programu Dlubal RFEM 4. Podle skutečného provedení bude namodelován prutový výpočtový model, kde se jednotlivé konstrukční prvky posoudí na mezní stav únosnosti a použitelnosti.

2 STŘECHA

Střecha je částí stavební konstrukce, která ukončuje stavbu shora. Odvádí dešťovou vodu, brání jí v jejím hromadění a chrání ji také před dalšími povětrnostními vlivy (sněhem, větrem, slunečním zářením apod.). Její konstrukce se skládá z nosné konstrukce (krovu) a střešní krytiny.

Střechy lze rozdělit z několika hledisek, dle tvaru, sklonu, funkce, počtu plášťů nebo zateplení. O zateplení rozhoduje především vliv klimatických podmínek, a dále otevřenost nebo uzavřenost prostoru, který je nutno zastřešit. V uzavřených prostorech, obytných domech nebo budovách, musí být střecha zateplena a jsou kladeny i přísnější požadavky na izolaci. Tvar střechy odpovídá využití domu a podstřešních prostor, dále tomu, jaký je charakter krajiny, a co umožňuje územní plán dané lokality.

2.1 Dělení střech

2.1.1 Dle sklonu

Dle sklonu rozdělujeme střechy na ploché a sklonité, ty dále na šikmé (sklon střešní roviny 5 - 45°) a strmé (sklon nad 45°). Ploché střechy jsou celkově náročné - jak na provedení, tak i udržování (vodotěsnost, spárování k odvodu dešťové vody). Nevýhodou v zimním období je, že se na tyto střechy přenáší největší zatížení. Naopak výhodou je malá spotřeba materiálu, střecha nezvyšuje objekt a zastřešuje menší plochu než střechy ostatní. Střešní rovina ploché střechy je do sklonu 5°.

2.1.2 Dle zateplení

- zateplené
- nezateplené

2.1.3 Dle počtu plášťů

- **jednoplášťové** - hl. obytné budovy
- **víceplášťové** (většinou dvouplášťové) - na větších stavbách, veřejných budovách

2.1.4 Dle rozponu

- **malorozponové** - do 10 až 12 metrů
- **středněrozponové** - 12 až 36 metrů
- **velkorozponové** - rozpony nad 36 metrů

2.1.5 Dle pochůznosti střešní krytiny

- **pochůzná střecha** - střecha plochá, která je určena k trvalému využívání (parkování, relaxace)
- **nepochůzná střecha** - střecha, která není určena k provozu (přístup možný, nutné zabránit poškození krytiny)

2.1.6 Dle tvaru

Sedlová střecha

Sedlová střecha má jednoduchý tvar. U nás, v České republice, je nejpoužívanějším a nejrozšířenějším typem střechy, vhodná pro všechny druhy střešní krytiny. Používá se v zástavbě rodinných a bytových domů, i vesnických staveb. Typickým znakem jsou dvě střešní roviny s přímočarým hřebenem, dvěma štíty a dvěma okapy.

Pro stavby složitějšího půdorysu jsou další varianty tvaru - střecha křížová a polokřížová (námi řešená).

Valbová a polovalbová střecha

Tato střecha je stejného typu jako střecha sedlová, liší se tím, že má na obou koncích místo štítů valby (tj. střešní plochy jsou šikmé, skloněné ke čtyřem stranám obvodu). Vhodné je použití u volně stojících budov, který mají obdélníkový půdorys.

V případě, že okapy bočních rovin jsou v jiné výšce než okapy strany podélné, jedná se o střechu polovalbovou. Má tvar písmene A, sražené špičky ve štítech. Tato střecha snižuje výšku stavby a hodí se pro všechny druhy krytin. Umožňuje snadné odvětrávání konstrukce.

Pultová

Tuto střechu jednoduchého tvaru tvoří jedna střešní rovina s hřebenem a okapem. Bývá často označována jako plochá, ale její rovina je více nakloněná. V porovnání s plochou střechou lépe ochrání dům před vodou a deštěm. Minimální sklon těchto střech je 15°, což umožňuje, aby z ní stékala dešťová voda. Narozdíl od střechy ploché je dimenzována na menší zatížení. Používá se hlavně pro stavby na okrajích pozemků, pro přístavky a verandy.

V poslední době se rozšiřuje použití pro dřevostavby, domy pasivní a nízkoenergetické. V případě ekologických staveb by mělo být dodrženo jedno pravidlo - orientovat střechu tak, aby její plocha směřovala na návětrnou stranu. Má to jednoduchý důvod - pultová střecha dům lépe chrání před větrem, deštěm a sněhem. Zajímavým trendem u ekologických domů je osazování pultové střechy vegetací, která pak působí také jako tepelná izolace. [18]

Pilová

Pilová střecha vznikne opakováním pultových střech. Používá se například pro budovy dílen, svislé části střechy slouží pro osvětlení jako světlíky.

Mansardová

I tato střecha je variantou střechy sedlové, má však zajímavější tvar - každá plocha mezi hřebenem a okapem je složena ze dvou střešních rovin, které mají odlišný sklon. Spodní část krytiny má obvykle sklon větší než horní. Prostor pod střechou se využívá jako obytné podkroví a nazýváme jej mansarda. Mívá složitější krov, střešní krytina v každé části střechy s různým sklonem je uchycena jiným způsobem.

Stanová

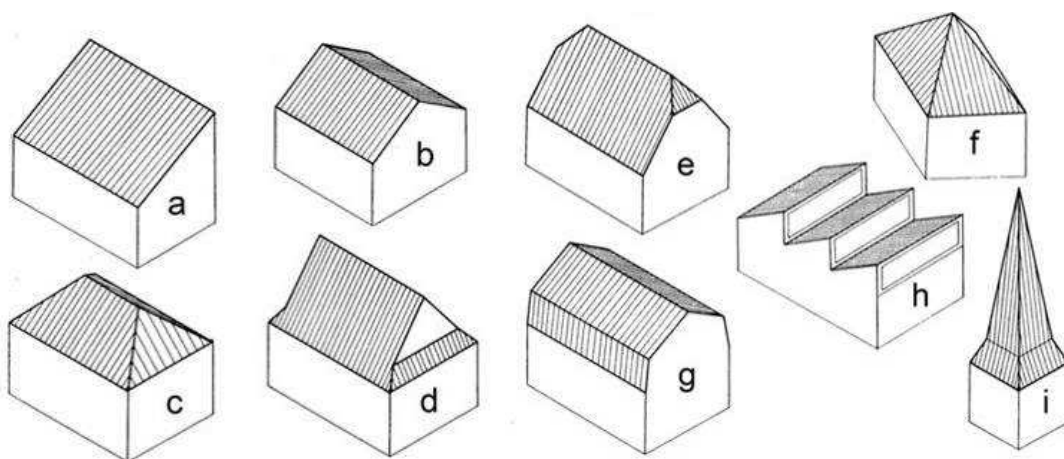
Lze říci, že se jedná o střechu valbovou s absencí hřebene. Čtyři střešní roviny mají stejný sklon a sbíhají se do jednoho středového vrcholu. Půdorys čtvercový. Pokud je půdorys obdélníkový, roviny mají dva rozdílné sklony. Využívá se hlavně na samostatně stojící budovy.

Jehlanová

Tyto střechy jsou typické pro netypické konstrukce - věže, altány a podobné stavby. Velkou výhodou je odvětrání krytiny, které vznikne tzv. komínovým efektem.

Válcová

Střecha používaná výjimečně. Vyžaduje složitou konstrukci, ale kvůli svému atypickému oblému tvaru ji lze využít pro zastřešení větších prostor, např. krytých hal, sportovišť, nástupišť apod.. Nejvhodnějším materiálem k zastřešení jsou plechy, lepenky nebo asfaltové šindele.



Obr. 2.1. Druhy střech (a - pultová, b - sedlová, c - valbová, d, e - polovalbová, f - stanová, g - mansardová, h - pilová, i - jehlanová, věžová)

Zdroj: [17], Druhy střech, obr. 3-1

3 KROV

Krov je nosná prostorová konstrukce střechy, v tomto případě dřevěná, která je konstruována tak, že v prostoru působí jako jednolitý celek, ve kterém se na únosnosti konstrukce podílejí všechny prvky (svislé, vodorovné i šikmé). Narozdíl od rovinných konstrukcí se obvykle prostorové konstrukce při porušení jednoho prvku nezřítí, protože sousední prvky jsou prostorově spojeny a mohou nahradit ztrátu únosnosti porušeného prvku. Z hlediska životnosti by se mělo používat pouze impregnované dřevo.

Účelem krovu je nést (podpírat) střešní plášť, tvořený většinou krytinou (například střešní tašky nebo lepenka), laťováním, bedněním a izolačními vrstvami s podhledem. Dalším úkolem krovu je přenášet zatížení vznikající sněhem, větrem a vlastní tíhou na nosné stěny stavby. [19]

3.1 Požadavky na krov

Provedení krovu závisí na především na velikosti stavby, rozpětí, sklonu a tvaru střechy, účelu využití budovy a prostředí. Krov zatěžuje podpůrnou konstrukci ve svislém směru. Šikmé tlaky se zachycují vodorovnými příčnými prvky (vazné trámy, kleštiny, táhla). Střešní konstrukce musí být dostatečně tuhá v podélném i příčném směru; tomuto účelu slouží zavětrování.

Při stavbě krovu je třeba vzít v úvahu využití půdního prostoru (podkroví). V současné době je obvyklé obytné využívání podkroví, takže krov se konstruuje tak, aby umožňoval bezproblémový pohyb v tomto prostoru. V současnosti používané krovy jsou proto jednodušší než krovy starší, u nichž bývá běžné, že půda je částečně neprůchozí.

3.2 Používané materiály a soustavy krovů

Krovy dělíme buď podle použitého materiálu (dřevěné, kovové, kombinované) nebo podle způsobu podepření kroků.

V moderní architektuře se setkáváme s krovy z oceli a někdy též železobetonu; tradičně se však jedná o dřevenou tesařskou konstrukci. V různých historických dobách a geografických oblastech se vyvinuly rozmanité soustavy krovů.

3.3 Skladba krovu

Krov se skládá z řady prvků vodorovných, svislých a šikmých. Části krovu se dělí na podélné a příčné. V nejběžnější vaznicové soustavě jsou příčnými prvky vazby; podélnými prvky jsou vaznice.

3.3.1 Základní prvky

Vazba

Vazba je příčný profil krovu. Vazby se dělí na plné a jalové. Plná vazba je taková, která nese ostatní části krovu. Jalová vazba je ta, která obsahuje jen nesené části krovu, tj. krokve. Historicky se jalová vazba vyvinula později jako opatření k úspoře stavebního materiálu a odlehčení celého krovu.

Plné vazby se rozmisťují ve vzdálenosti 4-5 metrů od sebe; používají se zpravidla též na nároží a v úžlabí. Jalové vazby se rozmisťují v pokud možno pravidelných rozestupech mezi nimi každých 90-120 cm.

V nejběžnější vaznicové soustavě se plná vazba skládá z páru krokví, výztužného prvku (hambalku nebo kleštin) a podpůrného prvku (sloupku, vzpěry, pilíře, zděného štítu). Jalová vazba je složena pouze z krokví.

Vaznice

Vaznice je vodorovný trám, probíhající krovem podélně a podpírající krokve. Vaznice je uložena na plných vazbách. Vaznice může být umístěna buď v hřebeni střechy (hřebenová), při jejím úpatí (pozednice) nebo přibližně ve dvou třetinách výšky krovu (středová). Hřebenové a středové vaznice se kladou na výšku kvůli vyšší náchylnosti na průhyby; pozednice naplocho. Vaznice nesou krokve.

3.3.2 Ostatní prvky

Krokev

Krokev je šikmý prvek krovu, nesoucí střešní latě, na nichž je upevněna střešní krytina. Krokve tvoří vazby; vazba složená pouze z krokví se nazývá jalová. V nejběžnější vaznicové soustavě

krovů jsou krokve postaveny v příčném směru, tj. kolmo na vaznice. Ve vlašské jsou naopak krovy uloženy podélně a podepřeny příčnými výztuhami. Krokve mají být, pokud možno, z jednoho kusu dřeva, v nezbytně nutných případech je lze nastavovat jen v místě podpor.

Vazný trám

Vazný trám (dříve též vazník) je příčný vodorovný prvek krovu. Jde o hlavní nosník krovu, na kterém spočívají všechny ostatní prvky. V moderních krovech v domech, kde se předpokládá obytné využití podkroví, se uplatňují vazby bez vazného trámu. Jde o tzv. krokevní krovy.

Hambalek

Hambalek je vodorovný trám spojující dvě protilehlé krokve v hambalkové soustavě krovu. Vkládá se mezi krokve v takové výšce, aby se pod ním mohlo procházet (200 cm a více). Dělí krokve v poměru 2:1 a jeho délka nesmí překročit 3,5 m.

Kleštiny

Párové vodorovné prvky ztužující pár krokví ve výšce hambalku; provádí se většinou ze dvou prken připevněných ke krokvim ze stran.

Věšák

Svislý prvek, který v krovech větších rozpětí pomáhá odlehčit vazný trám, který nelze opřít o středovou stěnu budovy. Věšákem je vazný trám „zavěšen“ na hambalku.

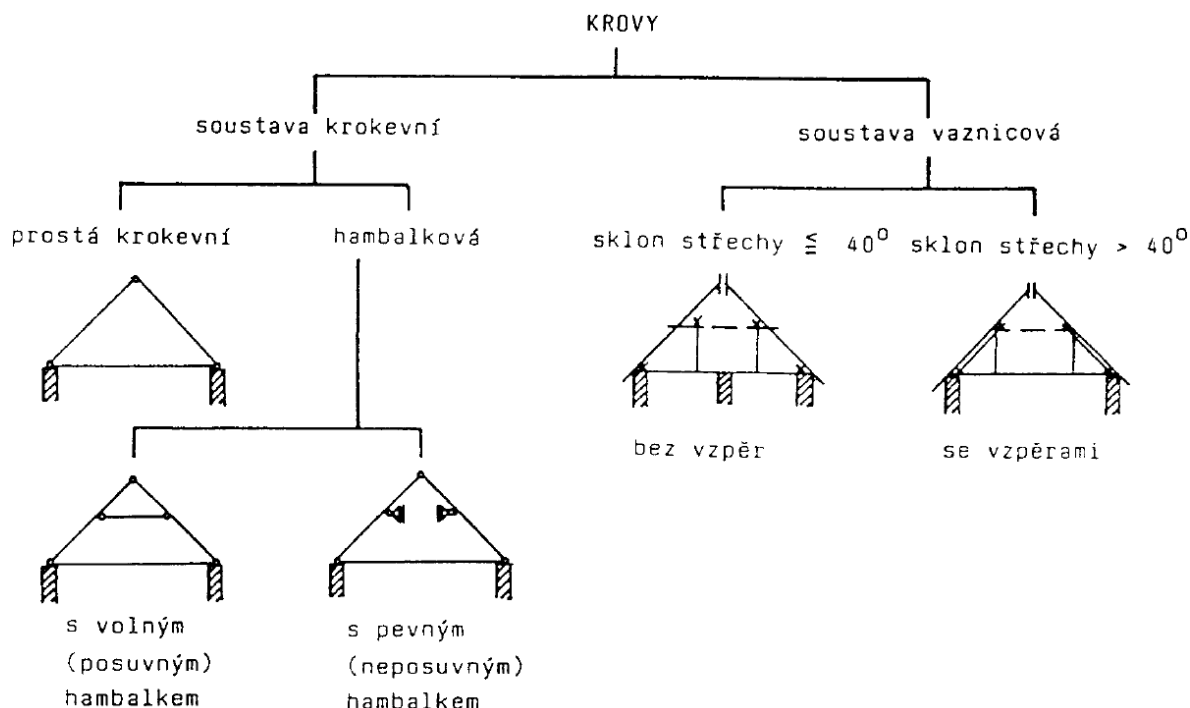
Sloupek

Svislý trám, jenž v plné vazbě podpírá hambalek.

Zavětrování

Zavětrování slouží ke ztužení (zpevnění) krovu zejména v podélném směru. Provádí se v plných vazbách krátkými trámkami (pásky) šikmo rozepřenými mezi sloupky a vaznice.

3.4 Základní rozdělení soustav krovů:



Obr. 3.1. Soustavy krovů

Zdroj: [8], Soustavy krovů, obr. 8.1, s. 83

3.4.1 Typy krovů krokevní soustavy

Krokevní soustava se vyvinula dle tvaru střechy stanu v severských oblastech. Každý pár krokví tvoří trojúhelníkový lomený nosník. Tyto krokve přejímají všechno zatížení a přenášejí ho do podpor. V podélním směru se krovy vyztužují zavětrováním.

Prostá krokevní soustava je tvořena krokvi, které jsou připojeny k vazným trámům nebo pozednicím. Krokve k pozednicím musí být dobře ukotveny. V podélním směru je soustava ztužena zavětrováním, zatížení do podpor přenášejí krokve. Soustava je vhodná spíše pro malá rozpětí střešní konstrukce (do 6 metrů), u velkých rozpětí vznikají v krokvích velké ohybové momenty.

Vyztužením prosté krokové soustavy hambalkem vznikne **soustava hambalková**. Tato soustava nemá jalové vazby (prázdné vazby, které odlehčují krov; vazba obsahuje jen nesené části krovu, tj. krokve¹⁾), nepoužívá vazný trám ani sloupky. Hambalky jsou s krokvemi spojeny kloubově, v podélném směru se soustava ztužuje stejně jako prostá kotevní soustava - - zavětrováním. Lze použít i hambalek pevný - plnostěnný nebo příhradový nosník v rovině hambalku. To má za následek úsporu dřeva, vylehčení krokví, a pozitivní vliv má tato úprava i na průběh ohybových momentů po délce krokví.

Ze statických důvodů se nedoporučuje použít pro rozpětí větší než 10 m. Tuto hodnotu lze zvětšit, je ale nutné nadimenzovat velikost jednotlivých prvků krovu. Dnes je v českém stavebnictví nejrozšířenější u rodinných domů, kde je podkroví využito jako obytný prostor.

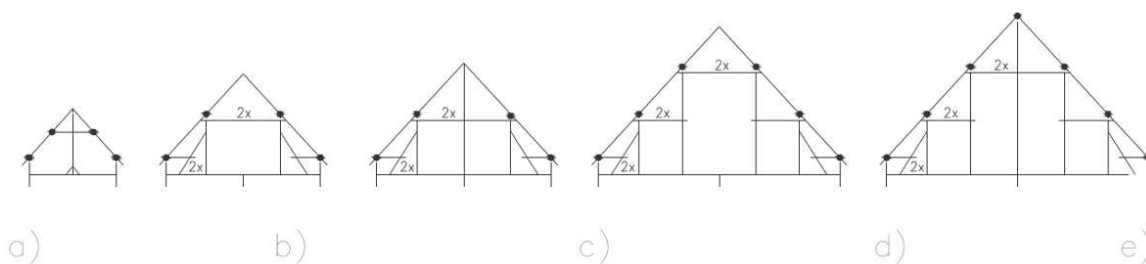
3.4.2 Typy krovů vaznicové soustavy

Krokve vaznicové soustavy jsou podporovány vodorovnými trámy - vaznicemi, které od nich zatížení přejímají a přenášejí jej dále do sloupků. Vaznice ve vrcholu se nazývá hřebenová (vrcholová), na obvodové nadezdívce je to pozednice. V podélném směru je soustava ztužena vzpěrami a pásky, v příčném směru kleštinami a vzpěrami. V českém prostředí je tato soustava nejrozšířenější.

Stojatá stolice (obr. 3.2.) je nejběžnější krov starých českých staveb, kde jsou v plných vazbách svislé sloupky (jeden až tři podle rozpětí střechy). Umožňuje zastřešit až 16 metrů široké budovy. Dnes používaný typ krovu jen pokud je to ze statického řešení nezbytné. Obvykle se ale používají jednodušší typy stolic, velmi často pouze šroubované, bez obvyklých a typických tesařských spojů, které byly nahrazeny moderními spojovacími materiály.

Ležatá stolice (obr. 3.3.) je dnes již málo používaný typ, náročná na zpracování. Narozdíl od stojaté stolice má šikmé sloupky a svislé vaznice. Díky "položení" sloupků je docíleno zvětšení prostoru mezi sloupky. Výhodou ležaté stolice je přenesení zatížení svislými vaznicemi blíž k nosné zdi, čímž dochází k menšímu namáhání vazního trámu a snížení možnosti průhybu. Kvůli tomu, že vaznice ve většině případů zůstává orientována kolmo (kvůli zachování nejlepších statických vlastností), je vzájemné spojení sloupku, vaznice a pásků řemeslně náročné, proto tento typ konstrukce ustupuje do pozadí.

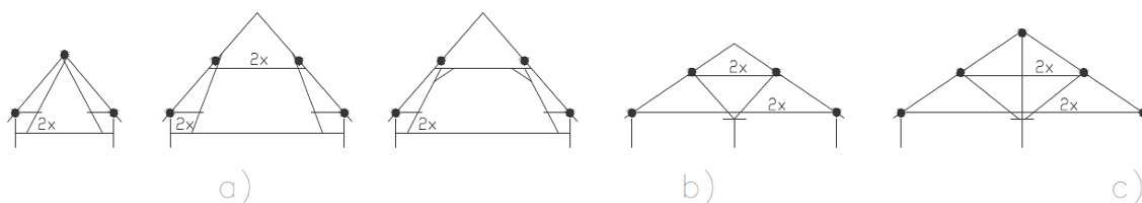
¹⁾ Zdroj: [20] - Krov; Dostupné na: < http://cs.wikipedia.org/wiki/Krov#Z.C3.A1kladn.C3.AD_prvky >



Obr. 3.2. Schéma plných vazeb stojatých stolic

a) s hřebenovou vaznicí, b) s jednou střední vaznicí, c) s hřebenovou a střední vaznicí
d) se dvěma středními vaznicemi, e) s hřebenovou a dvěma středními vaznicemi

Zdroj: [12], Schéma plných vazeb stojatých stolic, obr. 41, s. 44



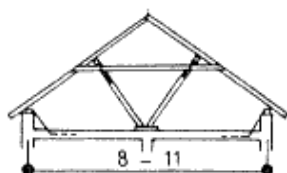
Obr. 3.3. Schéma plných vazeb ležatých stolic

a) s hřebenovou vaznicí, b) s jednou střední vaznicí, c) s hřebenovou a střední vaznicí

Zdroj: [12], Schéma plných vazeb ležatých stolic, obr. 42, s. 44

Kombinací obou předchozích stolic vznikne **stolice kombinovaná**. Některé vaznice jsou podporovány svislými, jiné šikmými sloupky, které jsou začepovány buď do krokví nebo do svislých sloupků. Dále existují **stolice vřadlové**, **vzpěradlové** a **stolice bez vazních trámů**.

Ostatní typy stolic jsou méně často využívány. Např. **kozová stolice** má šikmé vaznice a sloupky. Sloupky se soustřeďují od osy krovu a jsou zapuštěny do tzv. bačkory, která je pevně uchycena v místech středové zdi²⁾ (obr. 3.4.).



Obr. 3.4. Schéma kozové stolice

Zdroj: [21], Konstrukční typy krovů - kozová stolice, obr. e

²⁾ Zdroj: [21]; Dostupné na: <<http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/krovky>>

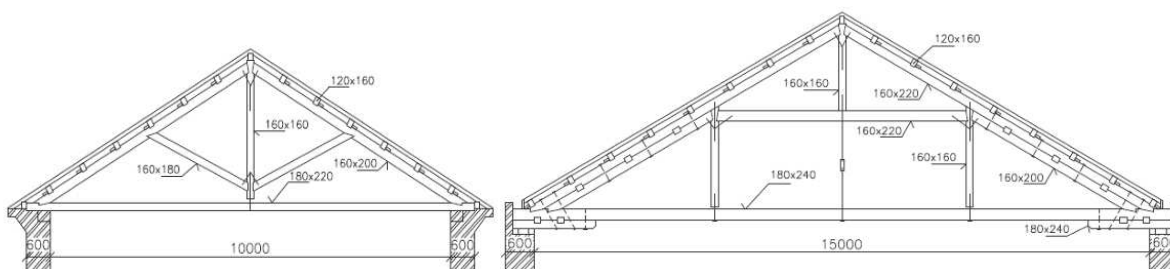
3.4.3 Ostatní soustavy

Soustava vlašská, používaná dříve pro střechy nízkých staveb, malých sklonů a většího rozpětí. Na rozdíl od vaznicové soustavy zde nenesou hmotnost střešních vrstev krokve kolmé na okap, ale krokve vodorovné - tedy rovnoběžné s okapem. Jsou podporovány v plných vazbách vzpěrami věšadel jednoduchých (obr. 3.5a) nebo trojitých (obr. 3.5b). Krokve se do vzpěr kempují nebo jsou přichyceny ocelovými prvky. Způsob podporování vodorovných krokví se stal následně konstrukčním principem příhradových soustav.

Na střechách štíhlých, například věžích, se používá **soustava věžová**. Největším problémem krovů věží je vystavení účinkům větru, proto musí být dostatečně zakotveny, a jednotlivé střešní roviny dostatečně zavětrovány. Podstřešní prostor musí být snadno přístupný pro kontroly konstrukce krovu. Osvětlení a větrání se u věží řeší vikýři (obr. 3.6.).

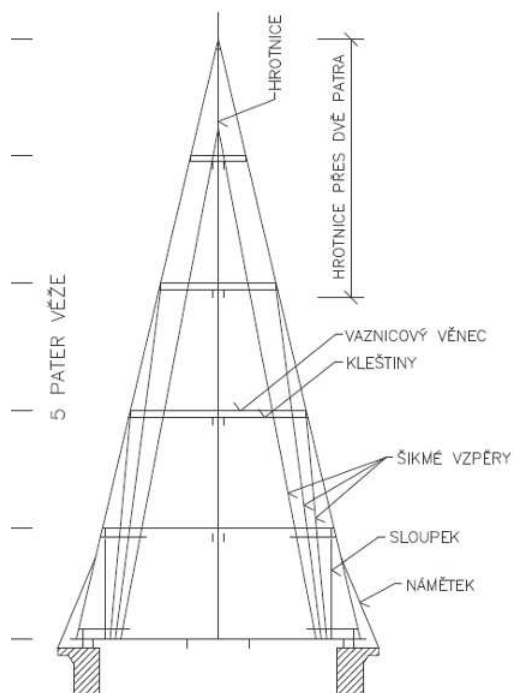
Krov má stejný základ jako nárožní krokve (= *krokev krovu umístěná v nároží; jsou do ní čepovány kratší krokve rovnoběžné s plnou vazbou³⁾*), podporované vaznicovými věnci, podpírány sloupky na vazných trámech. Poloha vazných trámů je buď úhlopříčná, nebo křížová (souběžně s obvodovými zdmi). Konstrukce krovu by měla být navržena tak, aby se jednotlivé vadné trámy mohly vyjmout. [12]

Známa je také **soustava skružová**, používaná pro střechy sedlové nebo pro bání.



Obr. 3.5a, b - Vazník vlašské soustavy - jednoduché a trojité věšadlo
Zdroj: [12], Vazník vlašské soustavy, obr. 68 a 69, s. 61

³⁾ <http://leccos.com/index.php/clanky/narozni-krokev>



Obr. 3.6. Schéma krovu věžové soustavy

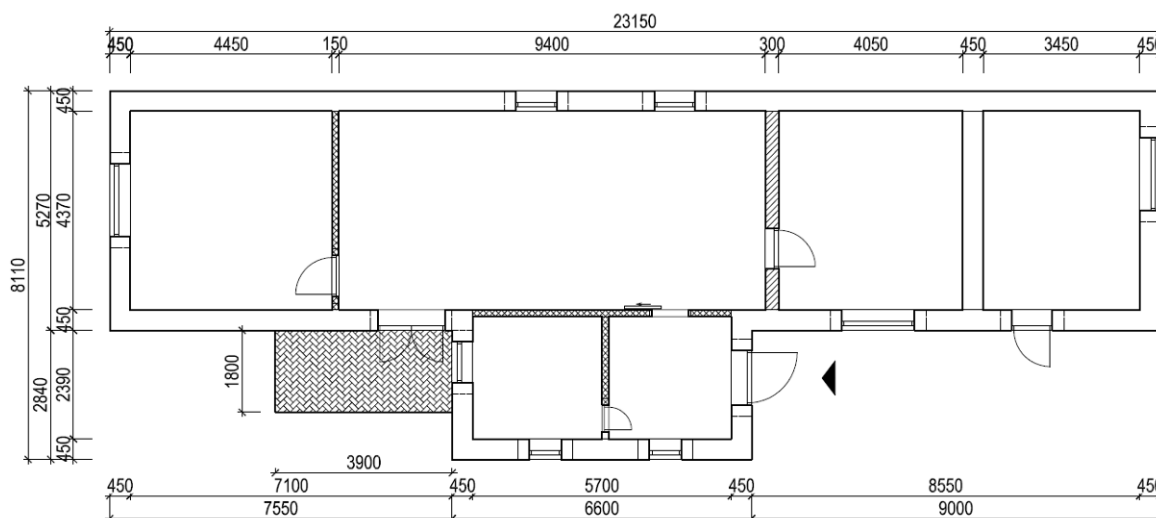
Zdroj: [12], Schéma krovu věžové soustavy, obr. 71, s. 63

4 KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ ŘEŠENÉHO KROVU

4.1 Popis stavebního objektu

Řešený rodinný dům se nachází ve středočeském kraji, okres Kolín - obci Ovčáry u Kolína, k.ú. 717096.

Dům byl navržen před deseti lety, dle původních norem, jako nepodsklepená zděná stavba s jedním nadzemním podlažím a podkrovím. Půdorysný tvar domu, potažmo krovu, je písmene T. Dům je rozměrově malý (23,15 x 8,11m) a je určen pro obývání cca čtyřmi osobami (obr 4.1.). V 1.NP se nachází obývací pokoj s kuchyní, jídelním koutem a terasou, dále samostatné WC, koupelna, ložnice, schodišťový prostor a dílna se samostatným vchodem. Dílna slouží zároveň jako technická místnost s plynovým kotlem pro vytápění a přípravu TUV. V podkroví jsou 2 dětské pokoje, WC s koupelnou, šatna a technická místnost.

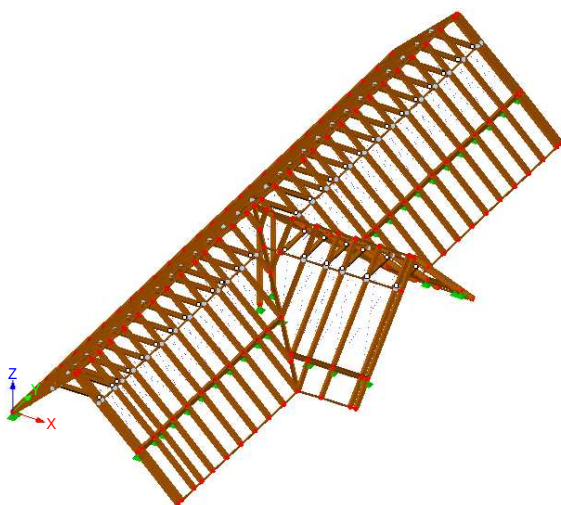


Obr. 4.1. Zastřešovaný půdorys RD [mm]

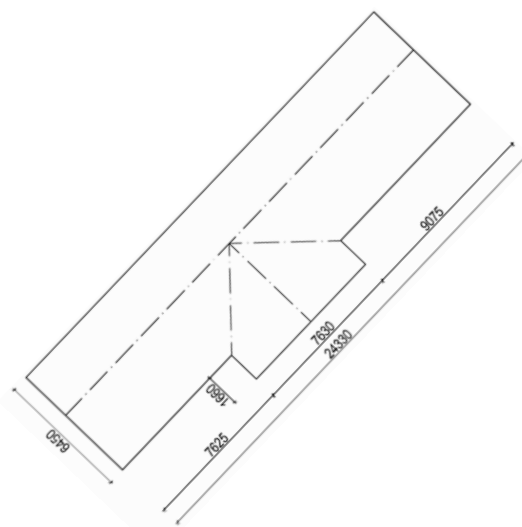
Rodinný dům se nachází v I. sněhové, a ve III. větrné oblasti.

Objekt je založen na stávajících základových pasech. Obvodový zděný plášť tloušťky 450mm (Porotherm) zateplen vnějším kontaktním zateplovacím systémem Terannova s fasádními minerálními deskami Rockwool Frontrock MAX E tl. 80mm. Příčky jsou také ze systému Porotherm, tloušťka 150 a 100mm. Stropní konstrukci tvoří systém Hurdis na patky do nosných I profilů.

4.2 Konstrukce střechy



Obr. 4.2. Schéma konstrukce krovu RD



Obr. 4.3. Půdorys konstrukce krovu [mm]

Střecha objektu je sedlová se sklonem 45°, krov rodinného domu tvoří jednoduchá kombinovaná soustava. Kotvení pozednice zajištěno pomocí pásoviny kotvené do věnce po vzdálenostech 1250 mm. Jako krytina je použita plechová krytina SATJAM Roof.

Krokve jsou od sebe navzájem vzdáleny 900 mm, výjimečně u krajů i méně (0,6; 0,21 nebo 0,485 m). Podmínka osově vzdálenosti krokví je tedy splněna⁴⁾. Zatížení je počítáno na 1 m², pro kratší vzdálenosti mezi krokviemi je toto zatížení poměrově zmenšeno. Krokve jsou na spodním okraji a v místě připojení kleštín příčně vyztuženy latěmi o průřezu 40 x 60 mm.

Skladba šikmých částí krovu nad obytným podkrovím navržena takto:

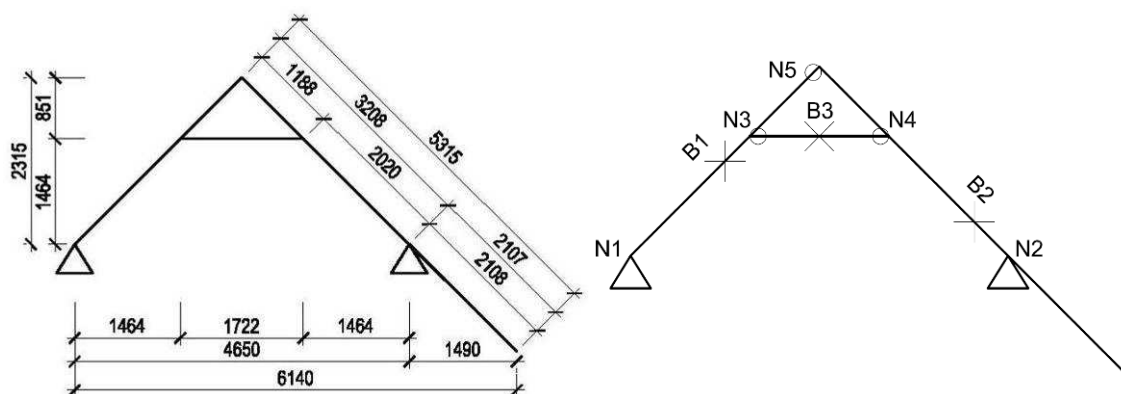
- o plechová krytina
- o latě
- o kontralatě
- o vysoce difúzní pojistná hydroizolace TYVEK SOLID - vhodná pro montáž na chemicky ošetřené dřevo krovu
- o tepelná izolace mezi krokve - tl. 180 mm
- o parozábrana
- o sádkartonový podhled na nosném ocelovém (dřevěném) roštu s tepelnou izolací tl. 50mm mezi nosnými prvky

⁴⁾ osová vzdálenost krokví má být pro lehké krytiny max. 1,2m, pro těžké krytiny 1m - viz. [17]

Konstrukce sedlové střechy je zateplena tepelnou izolací na bázi minerálně vláknitých desek (Rockwool) tl. 180+50 mm. Celková tloušťka tepelné izolace v šikmé části činí 230 mm. Záklap tvořen sádkartonovými deskami.

4.2.1 Výpočtový model

Výpočtový model příčné vazby v řezu hlavní částí domu (7. příčná vazba) se skládá ze dvou prutů - prostých nosníků (pravý jako prostý nosník s převislým koncem), které plní funkci krokvi, dále kleštiny a dvou podpor - pozednic. Kleštiny jsou modelovány na obou svých koncích vložením kloubů. Krokve ve vrcholu jsou spojeny též kloubově.



Obr. 4.4 a, b - Geometrie a výpočtový model příčné vazby - hlavní část krovu [mm]
(analogicky posuvná podpora)

Obě podpory (místo uložení krokve na pozednici) jsou nejprve modelovány jako vazby neposuvné - bodové podpory. Ve vrcholu jsou krokve spojeny tesařským spojem - nárožním čepem (tzv. ostřih). Kleštiny jsou ke krokví připojeny hřebíky. Konstrukce je **1x staticky neurčitá** (obr. 4.4b).

Výpočet statické neurčitosti:

$$n_s = (a-3) + 3u - p_k = (4-3) + (3 \cdot 1) - 3 = \underline{1 \text{ x SN}}$$

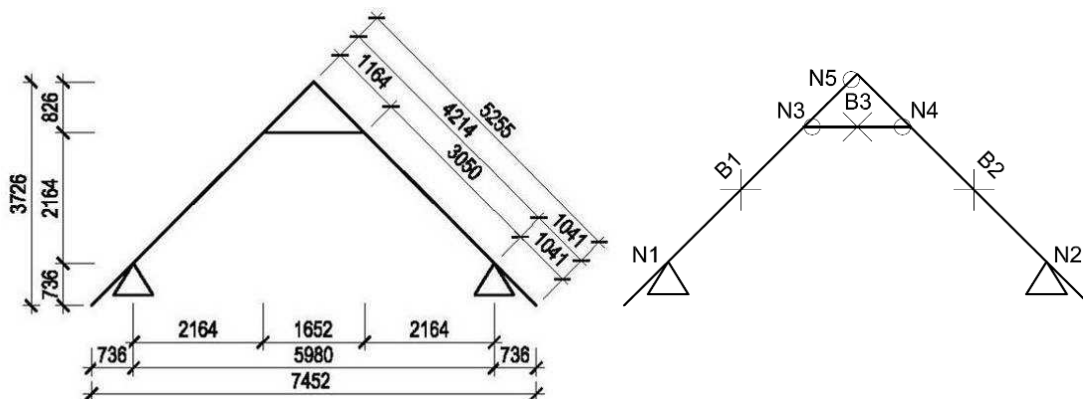
a ... počet složek reakcí vnějších vazeb

u ... počet uzavřených částí

p_k ... jednoduchý vnitřní kloub

Hlavní a vedlejší část krovu je spojena úžlabními krokvi, z nichž každá je podepřena jedním sloupkem. Tyto sloupky jsou modelovány uložáním neposuvným, protože jsou pevně uchyceny k betonovému stropu. V místě připojení krokve na pozednici dochází k oslabení profilu krokve do 1/6 její výšky. Způsob, kterým jsou prvky připojeny se nazývá *osedlání* a je blíže specifikován v kapitole 6 Spoje.

Analogicky je provedena vedlejší část domu - přilehlá část, pro kterou je použit výpočtový model příčné vazby ve 3. řezu. Model se stává taktéž ze dvou prutů, které plní funkci krokví. Na rozdíl od řezu hlavní částí krovu jsou oba pruty prosté nosníky s převislým koncem (obr. 4.4d). Kleštiny jsou modelovány jako prut s oběma konci uloženými kloubově, a pozednice zde plní též funkci podepření.

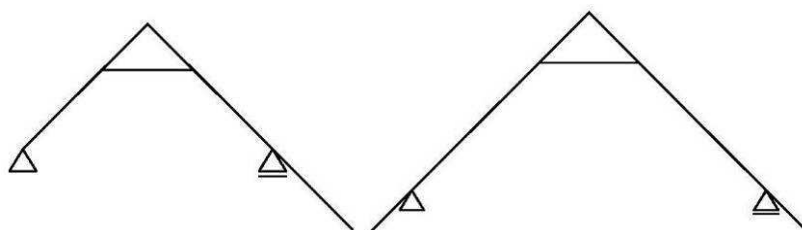


Obr. 4.4 c, d - Geometrie a výpočtový model příčné vazby - vedlejší část krovu [mm]
(analogicky posuvná podpora)

Následně je pro srovnání provedeno, v řezech obou částí krovu, namodelování podpory jako jedné - levé - vazby neposuvné a druhé - pravé - posuvné. Spojení ve vrcholu i připojení krokve na vaznici zůstává stejné. Mění se statická určitost krovu - konstrukce se stává **staticky určitou** (obr. 4.5).

Výpočet statické neurčitosti:

$$n_s = (a-3) + 3u - p_k = (3-3) + (3*1) - 3 = \underline{\underline{SU}}$$



Obr. 4.5. Geometrie příčné vazby - část hlavní a vedlejší, posuvná podpora [mm]
rozměry viz. obr. 4.4a a 4.4c (pevné podpory)

4.3 Zatížení

Zatížení krovu tvoří vlastní tíha, ostatní stálá zatížení (plechová krytina a laťování, tepelná izolace a sádkartonový podhled), užité zatížení osobou na střeše a dále nahodilá klimatická zatížení sněhem a větrem.

Ostatní stálé a užité zatížení je modelováno jako spojitě liniové zatížení v globálních souřadnicích na délku prutu (obr. 4.6. a 4.7.). Zatížení sněhem modelováno jako spojitě liniové zatížení v globálních souřadnicích na průmět prutu (obr. 4.8.). Zatížení větrem je modelováno také jako spojitě liniové, ale v souřadnicích lokálních (obr. 4.9 a až c).

Pro konstrukci krovu je použito celkem 8 zatěžovacích stavů (dále jen ZS):

- o ZS1 Vlastní tíha
- o ZS2 Ostatní stálé zatížení
- o ZS3 Užité zatížení - osoba na střeše
- o ZS4 Zatížení nahodilé - sníh plný
- o ZS5 Zatížení nahodilé - vítr příčný zprava
- o ZS6 Zatížení nahodilé - vítr příčný zleva
- o ZS7 Zatížení nahodilé - vítr podélný zprava
- o ZS8 Zatížení nahodilé - vítr podélný zleva

Zatížení vlastní tíhy, ostatního stálého, a sníh je nastaveno jako "zatížení standard". Skupina tohoto zatížení může být použita pro kombinaci více zatěžovacích stavů. Zatížení užité a nahodilé - osoba na střeše a vítr - je zatížení "výběrové". Z této skupiny ZS3, ZS5 až ZS8 může být použit maximálně jeden zatěžovací stav. Kombinace 1 (dále jen KZS1) je kombinací zatěžovacích stavů ZS1, ZS2, ZS3 nebo ZS4 a vždy jen 1 z výběrového zatížení ZS5 až ZS8.

Pro posouzení prvku použijeme následně normu ČSN 731702 Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí-Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Průběh vnitřních sil poté určíme pomocí vzorců 6.10.a a 6.10.b **pro kombinace zatížení** dle ČSN EN 1990 - Zásady navrhování konstrukcí:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Součinitelé zatížení:

	γ_G	γ_Q
příznivé účinky	1,00	1,00
nepříznivé účinky	1,35	1,50

Kombinační součinitelé pro sestavování kombinací zatížení:

$\psi_0 = 0,7$ nahodilé zatížení v budovách
 $= 0,6$ zatížení větrem
 $= 0,5$ zatížení sněhem

4.3.1 Hodnoty zatížení v charakteristických hodnotách - hlavní část krovu:

1. Stálá zatížení

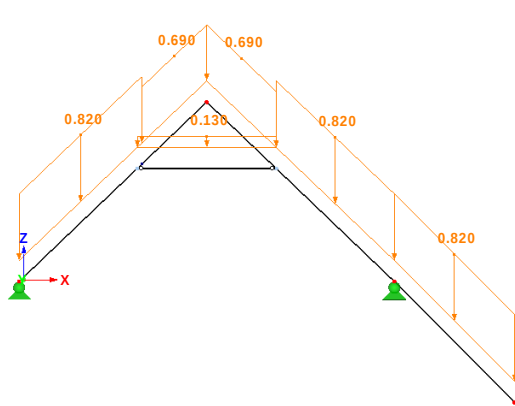
1.1 Vlastní tíha prvku		generuje RFEM
1.2 Plechová krytina a laťování	0,18m * 0,5 kN/m ²	0,600 kN/m ²
1.3 Tepelná izolace - minerální vata		0,090 kN/m ²
1.4 Sádrokartonový podhled	tl. 0,15m	0,130 kN/m ²
		0,820 kN/m²

2. Nahodilá

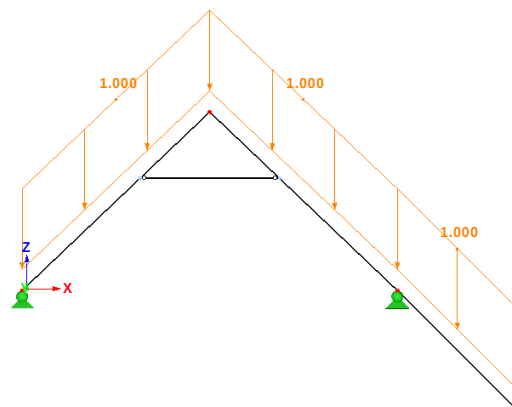
2.1 Užitné zatížení

Osoba na střeše

q 1,00 kN/m²



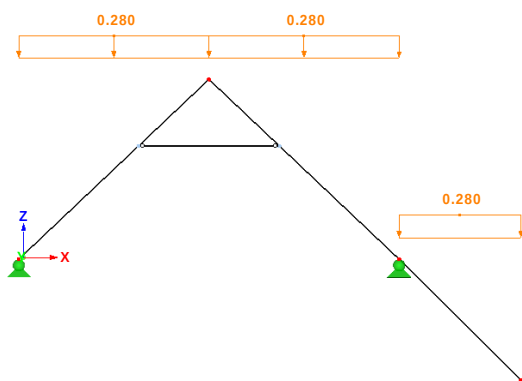
Obr. 4.6. ZS2: Ostatní stálá zatížení [kN/m]



Obr. 4.7. ZS3: Užitné zatížení [kN/m]

2.2 Zatížení sněhem

Sněhová oblast			I.	
Sklon střechy	α	45	°	
Základní tíha sněhu	s_0	0,7	kN/m ²	
Součinitel expozice	c_e	1,0	-	
Součinitel teploty	c_t	1,0	-	
Součinitel tvaru střechy	$\eta_1 = 0,8 \cdot \left(\frac{60-\alpha}{30}\right)$	η_1	0,4	-
Charakteristická hodnota	$s_k = \eta_1 \cdot c_t \cdot c_e \cdot s_0$	s_k	0,28	kN/m²



Obr. 4.8. ZS4: Zatížení nahodilé - sníh plný [kN/m]

2.3 Zatížení větrem

Větrová oblast			III.	
Kategorie terénu			III.	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	1,25	kg/m ³	
Výchozí základní rychlost větru	$v_{b,0}$	26	m/s	
Součinitel směru větru	(doporuč. hodnota)	c_{DIR}	1,00	
Základní tlak větru	$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$	q_b	0,423	kN/m ²
Součinitel ročního období	(doporuč. hodnota)	c_{season}	1,00	
Součinitel ortografie		$c_{o(z)}$	1,00	-
Součinitel turbulence	(doporuč. hodnota)	k_l	1,00	
Parametr drsnosti terénu		z_o	0,3	m
		$z_{o,II}$	0,05	m
		z_{min}	5	m
Výška budovy		z	7,113	m

Součinitel terénu	$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$	k_r	0,215	-
Součinitel drsnosti terénu	$c_{r(z)} = k_r \cdot \left(\ln \frac{\max z_{\min}}{z_0}\right)$	$c_{r(z)}$	0,682	-
Základní rychlost větru	$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$	v_b	26	m/s
Střední rychlost větru	$v_{m(z)} = c_{r(z)} \cdot c_{o(z)} \cdot v_b$	$v_{m(z)}$	17,729	m/s
Intenzita turbulence	$I_{v(z)} = \frac{k_I}{c_{0(z)} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$	$I_{v(z)}$	0,316	-
Součinitel drsnosti ve výšce z	$c_{e(z)} = c_{r(z)}^2 \cdot c_{o(z)}^2 + 7 \cdot c_{r(z)} \cdot c_{o(z)} \cdot k_r \cdot k_I$	$c_{e(z)}$	1,493	-

Max. charakteristický tlak větru

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{v(z)}] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_{m(z)}^2$$

$$q_{p(z)} = 630,84 \text{ N/m}^2$$

$$q_{p(z)} = \underline{\underline{0,63 \text{ kN/m}^2}}$$

Součinitelé vnějšího tlaku $c_{pe,10}$

a) VÍTR PŘÍČNÝ

45°	F, G	H	I	J	
$c_{pe,10}$	0,0	0,0	-0,2	-0,3	SÁNÍ
	+0,70	+0,6	0,0	0,0	TLAK
w_e	0,0	0,0	-0,126	-0,189	SÁNÍ
	+0,441	+0,378	0,0	0,0	TLAK

b) VÍTR PODÉLNÝ

45°	F	G	H	I	
$c_{pe,10}$	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5	SÁNÍ
w_e	-0,693	-0,882	-0,567	-0,315	SÁNÍ

$$w_e = q_b \cdot c_{e(z)} \cdot c_{pe,10}$$

$$w_{e,F,G} = 0,423 \cdot 1,493 \cdot 0,7 = 0,441 \quad \text{TLAK}$$

$$w_{e,H} = 0,423 \cdot 1,493 \cdot 0,6 = 0,378 \quad \text{TLAK}$$

$$w_{e,I} = 0,423 \cdot 1,493 \cdot (-0,2) = -0,126 \quad \text{SÁNÍ}$$

$$w_{e,J} = 0,423 \cdot 1,493 \cdot (-0,3) = -0,189 \quad \text{SÁNÍ}$$

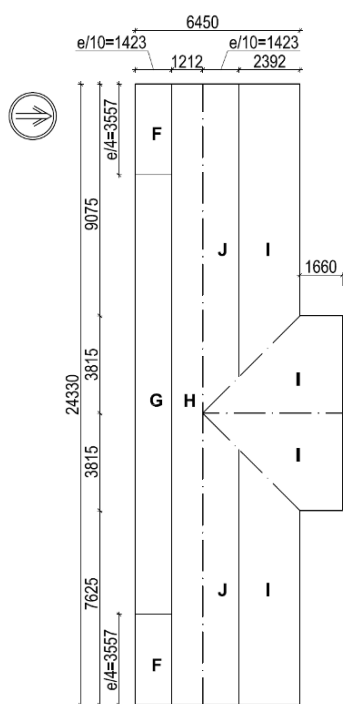
$$w_e = q_b \cdot c_{e(z)} \cdot c_{pe,10}$$

$$w_{e,F} = 0,423 \cdot 1,493 \cdot (-1,1) = -0,693 \quad \text{SÁNÍ}$$

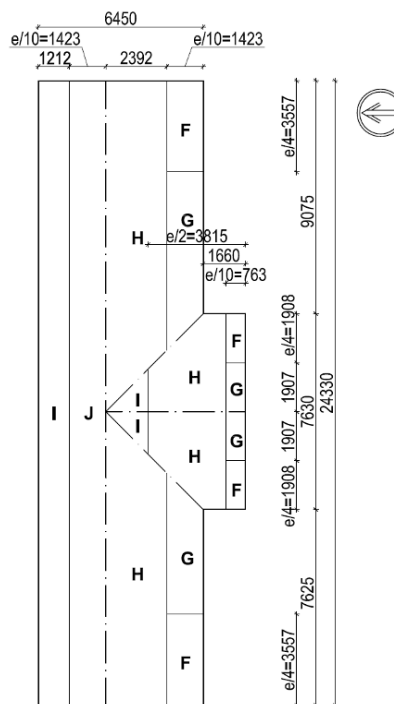
$$w_{e,G} = 0,423 \cdot 1,493 \cdot (-1,4) = -0,882 \quad \text{SÁNÍ}$$

$$w_{e,H} = 0,423 \cdot 1,493 \cdot (-0,9) = -0,567 \quad \text{SÁNÍ}$$

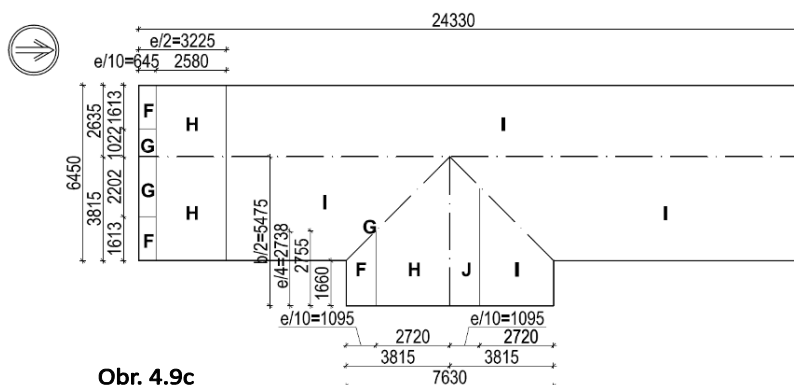
$$w_{e,I} = 0,423 \cdot 1,493 \cdot (-0,5) = -0,315 \quad \text{SÁNÍ}$$



Obr. 4.9a



Obr. 4.9b



Obr. 4.9c

Obr. 4.9a - Vítr příčný zprava [mm]

Obr. 4.9b - Vítr příčný zleva [mm]

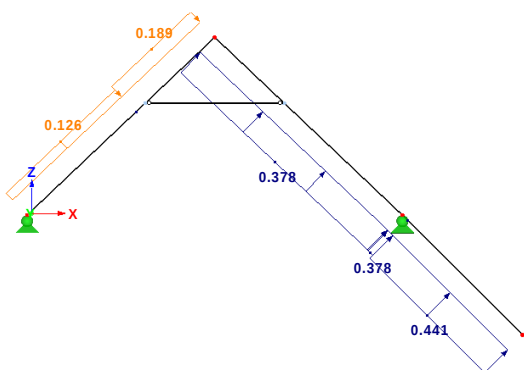
Obr. 4.9c - Vítr podélný zleva [mm] (analogicky vítr podélný zprava)

vítr podélný - hlavní část: $b = 6\,450\text{ mm}$
 $e = \min [b = 6\,450; 2h = 2 \cdot 7\,113] = 6\,450\text{ mm}$
 $e/2 = 3\,225\text{ mm}$
 $e/4 = 1\,613\text{ mm}$
 $e/10 = 645\text{ mm}$

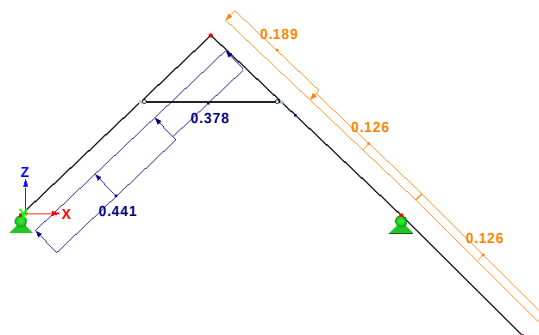
vítr podélný - vedlejší část:
 $b/2 = 5\,475\text{ mm} \gg b = 10\,950\text{ mm}$
 $e = \min [b = 10\,950; 2h = 2 \cdot 7\,113] = 10\,950\text{ mm}$
 $e/4 = 2\,738\text{ mm}$
 $e/10 = 1\,095\text{ mm}$

vítr příčný - hlavní část: $b = 24\,330\text{ mm}$
 $e = \min [b; 2h] = \min [24\,330; 2 \cdot 7\,113] = 14\,226\text{ mm}$
 $e/4 = 3\,557\text{ mm}$
 $e/10 = 1\,423\text{ mm}$

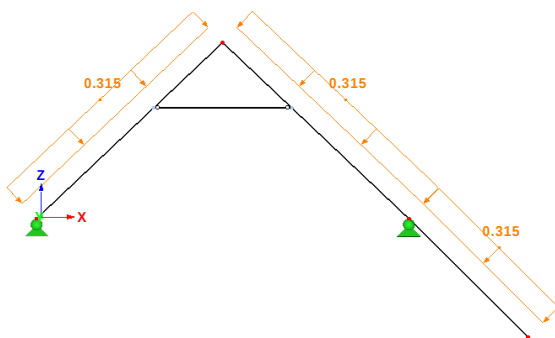
vítr příčný - vedlejší část: $b = 7\,630\text{ mm}$
 $e = \min [b = 7\,630; 2h = 2 \cdot 7\,113] = 7\,630\text{ mm}$
 $e/2 = 3\,815\text{ mm}$
 $e/4 = 1\,908\text{ mm}$
 $e/10 = 763\text{ mm}$



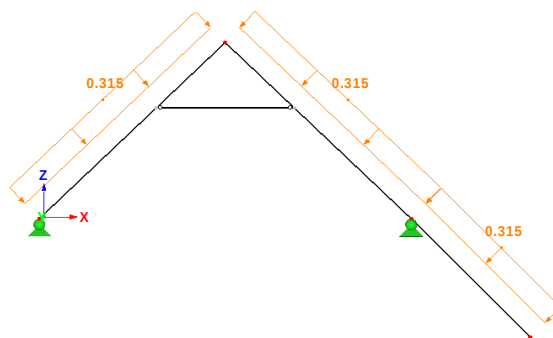
Obr. 4.10. ZS4: Zatížení nahodilé - vítr příčný zprava [kN/m] - sání na návětrné, tlak na závětrné straně



Obr. 4.11. ZS5: Zatížení nahodilé - vítr příčný zleva [kN/m] - sání na návětrné, tlak na závětrné straně

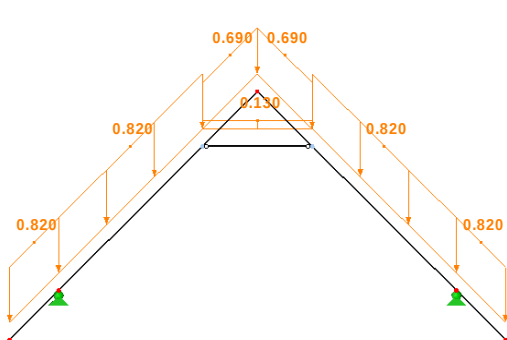


Obr. 4.12. ZS6: Zatížení nahodilé - vítr podélný zprava [kN/m] - tlak na návětrné i závětrné straně

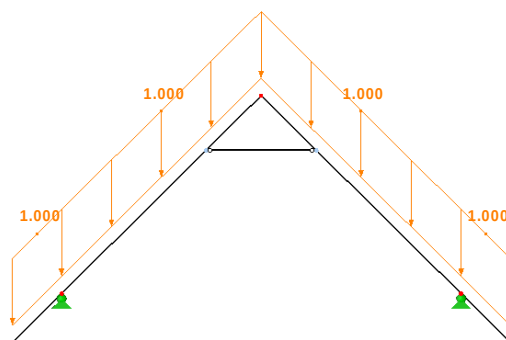


Obr. 4.13. ZS7: Zatížení nahodilé - vítr podélný zprava [kN/m] - tlak na návětrné i závětrné straně

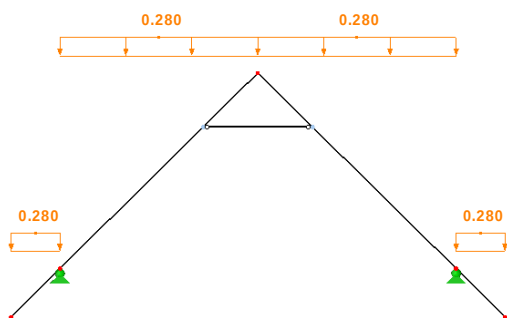
4.3.2 Hodnoty zatížení v charakteristických hodnotách - vedlejší část krovu:



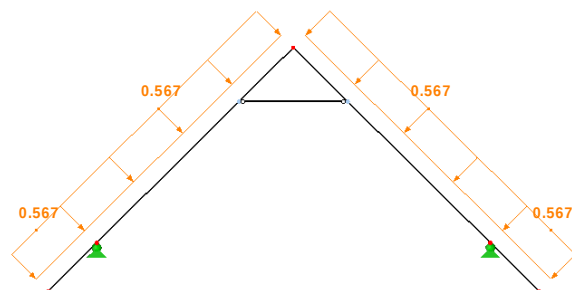
Obr. 4.15. ZS2: Ostatní stálá zatížení [kN/m]



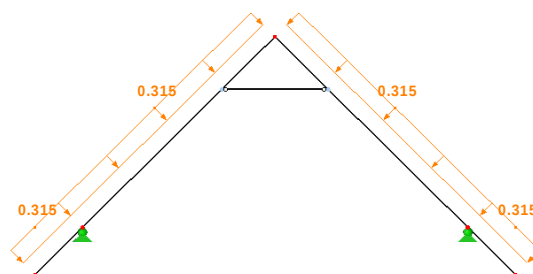
Obr. 4.16. ZS3: Užité zatížení [kN/m]



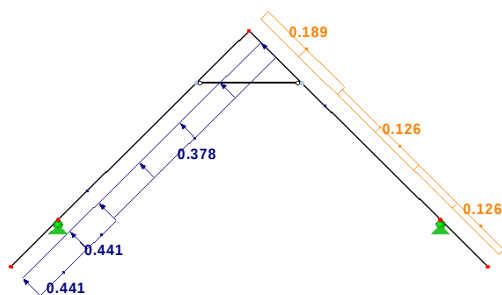
Obr. 4.17. ZS4: Zatížení nahodilé - sníh plný [kN/m]



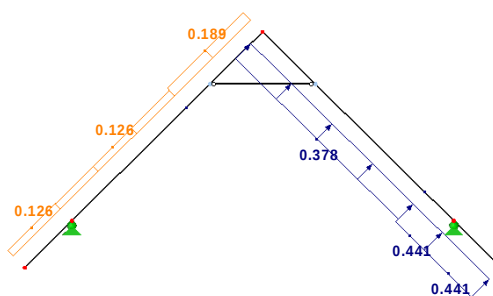
Obr. 4.18. ZS4: Zatížení nahodilé - vítr příčný zprava [kN/m] - sání na návětrné, tlak na závětrné straně



Obr. 4.19. ZS5: Zatížení nahodilé- vítr příčný zleva [kN/m] - sání na návětrné, tlak na závětrné straně



Obr. 4.20. ZS6: Zatížení nahodilé - vítr podélný zleva [kN/m] - tlak na návětrné i závětrné straně



Obr. 4.21. ZS7: Zatížení nahodilé - vítr podélný zprava [kN/m] - tlak na návětrné i závětrné straně

4.4 Materiálové charakteristiky

Návrhové pevnosti získáme pomocí pevností charakteristických a návrhových součinitelů, dosazených do vztahu, dle platné normy ČSN [6]:

$$f_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_k}{\gamma_m}$$

Materiál krovu	jehličnaté dřevo			
	třída pevnosti ⁵⁾		C22	
	hustota	ρ_k	340	kg/m ³
Charakteristické pevnosti	ohyb	$f_{m,k}$	22,00	MPa
	tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	13,00	MPa
	tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	20,00	MPa
	smyk	$f_{v,k}$	2,40	MPa
Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny		$E_{0,\text{mean}}$	10 000,00	MPa
		$E_{0,05}$	6 700,00	MPa
Návrhové pevnosti	součinitel materiálu	γ_m	1,3	-
	modifikační součinitel ⁶⁾	k_{mod}	0,9	-
	ohyb	$f_{m,d}$	15,23	MPa
	tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,d}$	9,00	MPa
	tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,d}$	13,85	MPa
	smyk	$f_{v,d}$	1,66	MPa

Pozn.: - hodnoty odpovídají dřevu při teplotě 20°C a relativní vlhkosti 65%
- hodnoty pro pevnost ve smyku jsou uvedeny pro dřevo bez trhlin

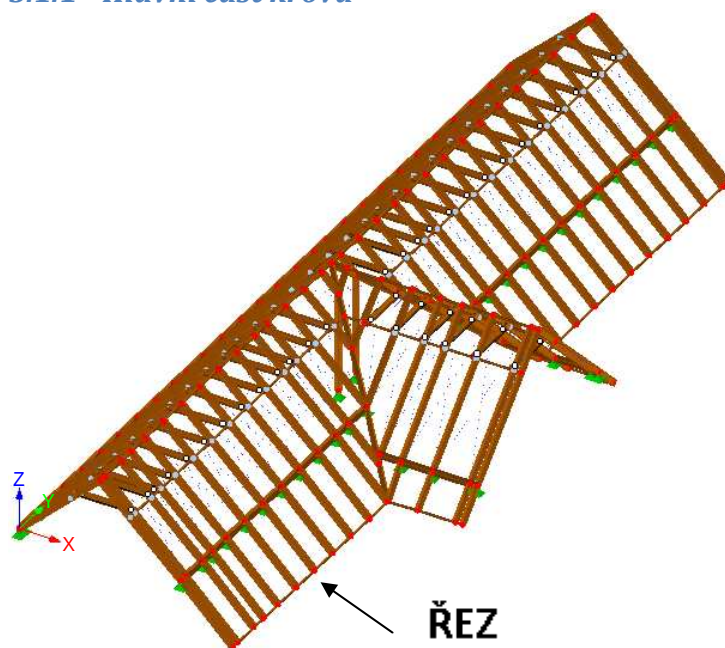
⁵⁾ Zdroj: [6], tab. F.5 - Charakteristické hodnoty pevnosti, tuhosti a hustoty jehličnatého dřeva tříd pevností C14 - C50, str. 140

⁶⁾ Zdroj: [6], tab. F.1 - Hodnoty modifikačního součinitele k_{mod} , str. 138

5 STATICKÝ VÝPOČET

5.1 Neposuvné levé i pravé podpory

5.1.1 Hlavní část krovu

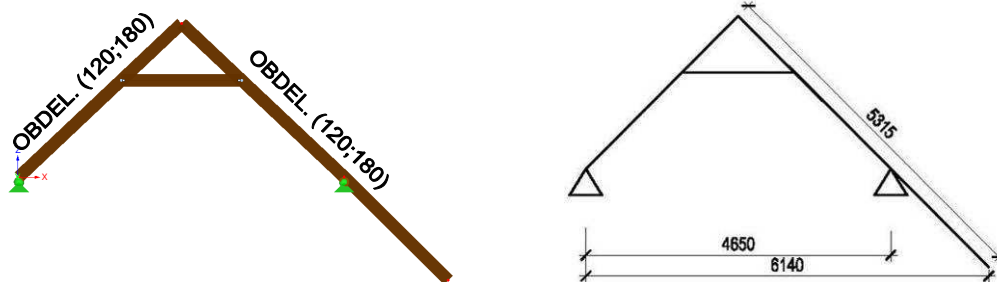


Obr. 5.1. Výpočtový model krovu, příčný řez hlavní částí, řez č. 7

Geometrie krovu

šířka	b =	6,140	m
délka	d =	24,330	m
výška budovy	h =	7,113	m

5.1.1.1 Krokev



Obr. 5.2. Navržené průřezy a geometrie krokve [mm]

Zatížení

1. stálá

1.1 vlastní tíha

$g_k =$ generuje RFEM

1.2 ostatní stálé

$q_k = 0,82 \text{ kN/m}^2$

2. nahodilá

2.1 užité - osoba na střeše

$q = 1,00 \text{ kN/m}^2$

2.2 sníh

$s_k = 0,28 \text{ kN/m}^2$

2.3 vítr

$q_p = 630,84 \text{ kN/m}^2$

Geometrie zatížení větrem

Příčný vítr

$$e = \min \left\{ \begin{matrix} d \\ 2h \end{matrix} \right.$$

$e/10 = 1,42 \text{ m}$

Podélný vítr

$$e = \min \left\{ \begin{matrix} b \\ 2h \end{matrix} \right.$$

$e/4 = 1,54 \text{ m}$

Navržený průřez

šířka

$b = 0,120 \text{ m}$

výška

$h = 0,180 \text{ m}$

délka

$l = 5,315 \text{ m}$

plocha průřezu

$$A = b \cdot h$$

$A = 0,0216 \text{ m}^2$

moment setrvačnosti

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$I_y = 5,83\text{E-}05 \text{ m}^4$

poloměr setrvačnosti

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$i_y = 0,052 \text{ m}$

průřezový modul

$$w_y = \frac{2 \cdot I_y}{h}$$

$w_y = 6,48\text{E-}04 \text{ m}^3$

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky

$\beta = 1,0$ -

součinitel rostlé dřevu

$\beta_c = 0,2$ -

délka náhradního prutu

$$l_{ef} = \beta \cdot l$$

$l_{ef} = 5,315 \text{ m}$

štíhlostní poměr

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$$

$\lambda = 102,287$ -

poměrný štíhlostní poměr

$$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$$

$\lambda_{rel,c} = 1,780$ -

součinitel vzpěrnosti

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right.$$

$k_c = 0,279$ -

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] \quad k = 2,232 \quad -$$

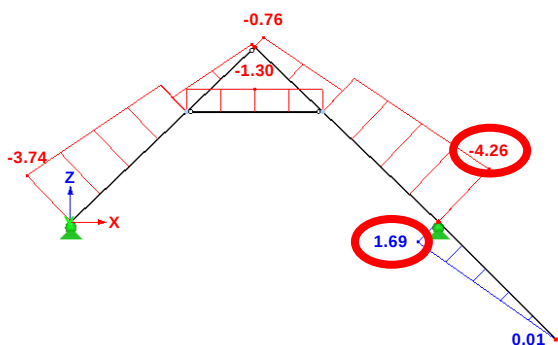
$$k_m = 1,0 \quad -$$

Prut je namáhaný ohybem a osovou silou - tahovou i tlakovou. Pro posouzení krokve na MS únosnosti použijeme vztah:

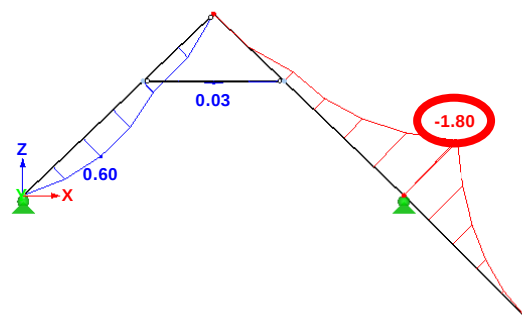
$$\frac{\sigma_{tod}}{f_{tod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1 \quad \wedge \quad \frac{\sigma_{cod}}{k_{cy} \cdot f_{cod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1$$

Normálové napětí, které je "+", označuje kladná normálová napětí v průřezu po délce prutu. Napětí označené "-", je po délce prutu záporné.

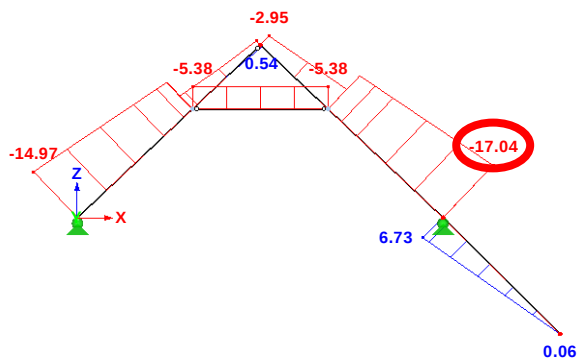
a) max. tah "+" ZS9	N_t	1,69 kN	tah	POSUDEK	
	M	-1,80 kNm		0,191 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	2,778 MPa			
	σ_{t0d}	0,078 MPa			
b) max. tlak "-" ZS9	N_c	-4,26 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-1,80 kNm		0,233 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	2,778 MPa			
	σ_{c0d}	0,197 MPa			
c) kombinace KZS5	N_{max}	-17,04 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-7,16 kNm		0,929 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	11,049 MPa			
	σ_{c0d}	0,789 MPa			
d) kombinace KZS5	N	-17,04 kN	tlak	POSUDEK	
	M_{max}	-7,16 kNm		0,929 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	11,049 MPa			
	σ_{c0d}	0,789 MPa			



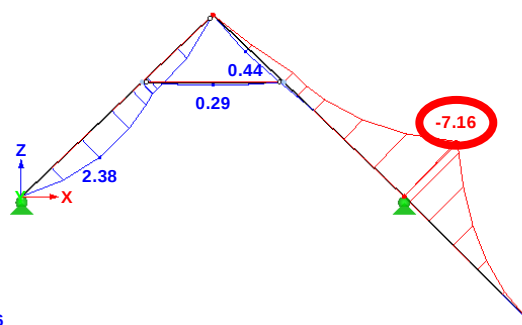
Obr. 5.3. Průběh normálových sil
extrémy od ZS3 - užitné zatížení,
pro MSÚ [kN]



Obr. 5.4. Průběh ohybových momentů
extrémy od ZS3 - užitné zatížení,
pro MSÚ [kNm]



Obr. 5.5. Průběh normálových sil
extrémy od kombinace zatížení,
pro MSÚ [kN]



Obr. 5.6. Průběh ohybových momentů
extrémy kombinace zatížení,
pro MSÚ [kNm]

POSOUZENÍ POUŽITELNOSTI

Pro posouzení krokve na MS použitelnosti použijeme vztah: $w \leq w_{lim}$

limitní průhyb

$$w_{lim} = \frac{L}{300}$$

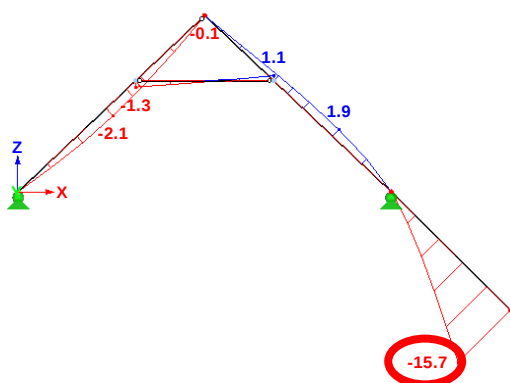
$$w_{lim} = 17,7 \text{ mm}$$

deformace

$$w = 15,7 \text{ mm}$$

POSUDEK [mm]

$$15,7 \leq 17,7 \quad \text{VYHOVUJE}$$



Obr. 5.7. Relativní posuny v lokálním směru od kombinace zatížení pro MSP [mm]

5.1.1.2 Kleština

Kleština je na tomto krovu modelována jako prvek obdélníkového průřezu, jednostranně uložený na krokve. Prostor nad kleštinou je malý, a protože nebude dále využíván k pohybu osob nebo skladovacím účelům, není třeba krov dimenzovat na speciální zatížení tohoto prvku.

Zatížení

1. stálá

1.1 vlastní tíha

$g_k =$ generuje RFEM

1.2 ostatní stálé - podhled

$q_k = 0,13 \text{ kN/m}^2$

Navržený průřez

šířka

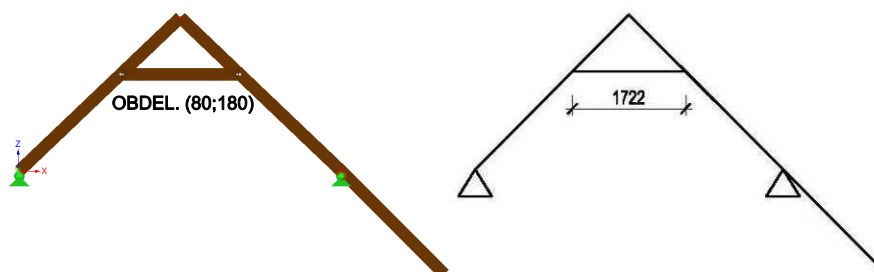
$b = 0,080 \text{ m}$

výška

$h = 0,180 \text{ m}$

délka

$l = 1,722 \text{ m}$



Obr. 5.8. Navržené průřezy a geometrie kleštiny [mm]

plocha průřezu	$A = b \cdot h$	$A =$	0,0144	m ²
moment setrvačnosti	$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$	$I_y =$	3,89E-05	m ⁴
poloměr setrvačnosti	$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$i_y =$	0,052	m
průřezový modul	$w_y = \frac{2 \cdot I_y}{h}$	$w_y =$	4,32E-04	m ³

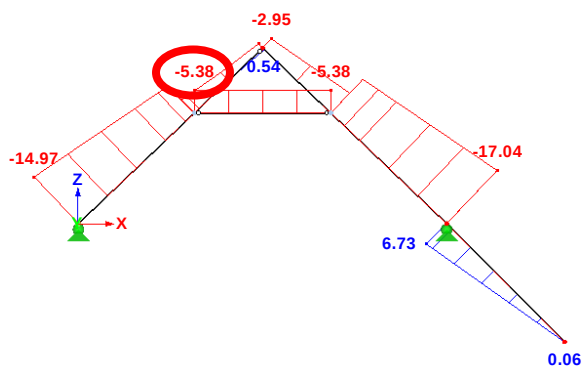
POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky		$\beta =$	1,0	-
součinitel rostlé dřevu		$\beta_c =$	0,2	-
délka náhradního prutu	$l_{ef} = \beta \cdot l$	$l_{ef} =$	1,722	m
štíhlostní poměr	$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	$\lambda =$	33,140	-
poměrný štíhlostní poměr	$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$	$\lambda_{rel,c} =$	0,577	-
součinitel vzpěrnosti	$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\}$	$k_c =$	0,926	-
	$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$	$k =$	0,694	-
		$k_m =$	1,0	-

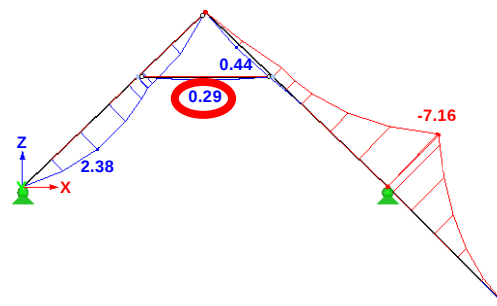
Prut je namáhaný ohybem a osovou silou - tlakovou. Pro posouzení krokve na MS únosnosti použijeme vztah:

$$\frac{\sigma_{cod}}{k_{cy} \cdot f_{cod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1$$

a) kombinace	N	-5,38 kN	tlak	POSUDEK
KZS5	M_{max}	0,29 kNm		0,073 ≤ 1 VYHOVUJE
	σ_{myd}	0,671 MPa		
	σ_{cod}	0,374 MPa		



Obr. 5.9. Průběh normálových sil
extrémy od kombinace zatížení,
pro MSÚ [kN]



Obr. 5.10. Průběh ohybových momentů
extrémy kombinace zatížení,
pro MSÚ [kNm]

POSOUZENÍ POUŽITELNOSTI

Pro posouzení kleštiny na MS použitelnosti použijeme vztah: $w \leq w_{lim}$

limitní průhyb

$$w_{lim} = \frac{L}{300}$$

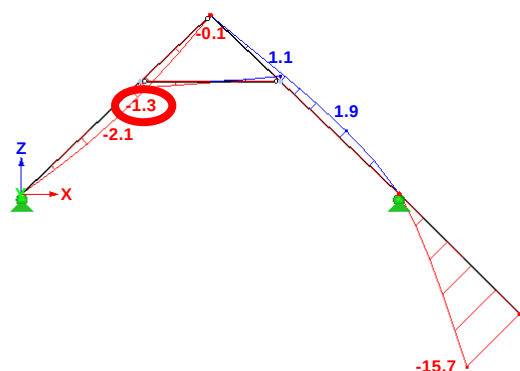
$$w_{lim} = 5,7 \text{ mm}$$

deformace

$$w = 1,3 \text{ mm}$$

POSUDEK [mm]

$$1,3 \leq 5,7 \text{ VYHOVUJE}$$



Obr. 5.11. Relativní posuny v lokálním směru od kombinace zatížení pro MSP [mm]

5.1.1.3 Sloupek

Zatížení

1. stálá

1.1 vlastní tíha

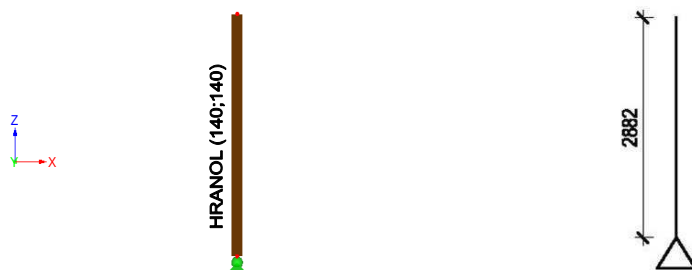
$g_k =$ generuje RFEM

1.2 ostatní stálé

$q_k = 0,13 \text{ kN/m}^2$

Navržený průřez

šířka	$b =$	0,140	m
výška	$h =$	0,140	m
délka	$l =$	2,882	m



Obr. 5.12. Navržené průřezy a geometrie sloupku [mm]

plocha průřezu	$A = b \cdot h$	$A =$	0,0196	m ²
moment setrvačnosti	$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$	$I_y =$	3,20E-05	m ⁴
poloměr setrvačnosti	$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$i_y =$	0,040	m
průřezový modul	$w_y = \frac{2 \cdot I_y}{h}$	$w_y =$	4,57E-04	m ³

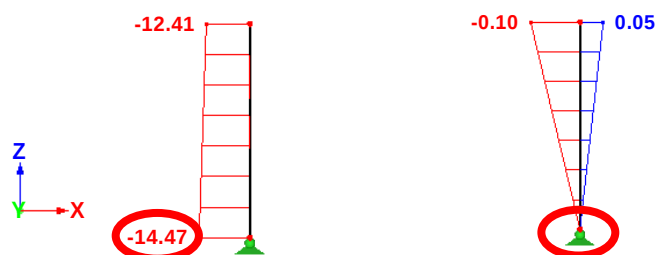
POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky		$\beta =$	1,0	-
součinitel rostlé dřevu		$\beta_c =$	0,2	-
délka náhradního prutu	$l_{ef} = \beta \cdot l$	$l_{ef} =$	2,882	m
štíhlostní poměr	$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	$\lambda =$	71,311	-
poměrný štíhlostní poměr	$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$	$\lambda_{rel,c} =$	1,241	-
součinitel vzpěrnosti	$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\}$	$k_c =$	0,518	-
	$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$	$k =$	1,364	-
		$k_m =$	1,0	-

Prut je namáhaný osovou silou - tlakovou. Pro posouzení sloupku na MSÚ použijeme vztah:

$$\frac{\sigma_{cod}}{k_{cy} \cdot f_{cod}} \leq 1$$

a) kombinace	N	-14,47 kN	tlak	POSUDEK
KZS5	$M_{\max}$	0 kNm		$0,103 \leq 1$ VYHOVUJE
	σ_{myd}	0,000 MPa		
	σ_{c0d}	0,738 MPa		



Obr. 5.13. Průběh normálových sil a příslušných ohybových momentů - extrémy od kombinace zatížení pro MSÚ [kN, kNm]

POSOUZENÍ POUŽITELNOSTI

Sloupek je namáhán pouze tlakovou silou, proto nebudeme tento prvek posuzovat na mezní stav použitelnosti.

5.1.1.4 Úžlabní krokev

Úžlabní krokev je zajímavý konstrukční prvek, jemuž je nutno věnovat pozornost, protože zatížení tohoto prvku je velké. Na úžlabní krokev se napojují krokve zkrácené, které se nacházejí ve střední části krovu. Každá úžlabní krokev je podepřena jedním sloupkem.

Zatížení

1. stálá

1.1 vlastní tíha

$g_k =$ generuje RFEM

1.2 ostatní stálé

$q_k = 0,82 \text{ kN/m}^2$

2. nahodilá

2.1 užité - osoba na střeše

$q = 1,00 \text{ kN/m}^2$

2.2 sních

$s_k = 0,28 \text{ kN/m}^2$

2.3 vítr

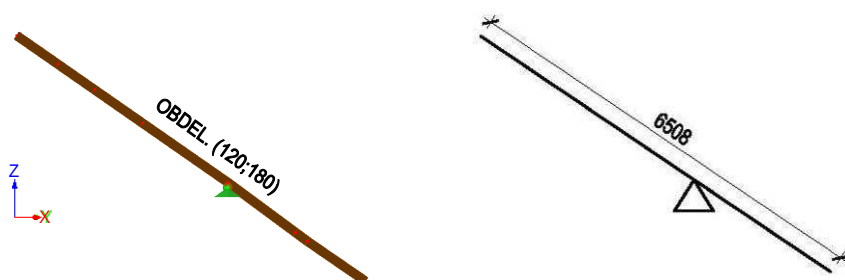
$q_p = 630,84 \text{ kN/m}^2$

Geometrie zatížení větrem

Příčný vítr	$e = \min \left\{ \frac{d}{2h} \right\}$	$e/10 =$	1,42	m
Podélný vítr	$e = \min \left\{ \frac{b}{2h} \right\}$	$e/4 =$	1,54	m

Navržený průřez

šířka	$b =$	0,120	m
výška	$h =$	0,180	m
délka	$l =$	6,508	m



Obr. 5.14. Navržené průřezy a geometrie úžlabní krokve [mm]

plocha průřezu	$A = b \cdot h$	$A =$	0,0216	m ²
moment setrvačnosti	$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$	$I_y =$	5,83E-05	m ⁴
poloměr setrvačnosti	$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$i_y =$	0,052	m
průřezový modul	$w_y = \frac{2 \cdot I_y}{h}$	$w_y =$	6,48E-04	m ³

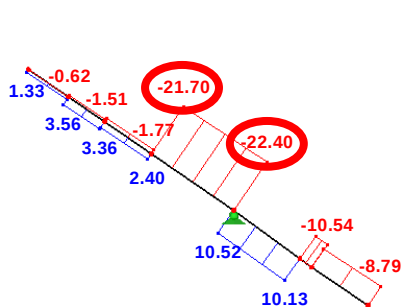
POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky		$\beta =$	1,0	-
součinitel rostlé dřevo		$\beta_c =$	0,2	-
délka náhradního prutu	$l_{ef} = \beta \cdot l$	$l_{ef} =$	6,508	m
štíhlostní poměr	$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	$\lambda =$	125,247	-
poměrný štíhlostní poměr	$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$	$\lambda_{rel,c} =$	2,179	-
součinitel vzpěrnosti	$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\}$	$k_c =$	0,192	-
	$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$	$k =$	3,064	-
		$k_m =$	1,0	-

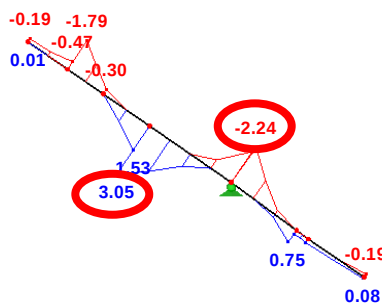
Prut je namáhaný ohybem a osovou silou - tlakovou. Pro posouzení sloupku na MSÚ použijeme vztah:

$$\frac{\sigma_{cod}}{k_{cy} \cdot f_{cod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1$$

a) kombinace KZS5	N _{max}	-22,40 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-2,24 kNm		<u>0,617 ≤ 1</u>	VYHOVUJE
	σ _{myd}	3,457 MPa			
	σ _{c0d}	1,037 MPa			
b) kombinace KZS5	N	-21,70 kN	tlak	POSUDEK	
	M _{max}	3,05 kNm		<u>0,687 ≤ 1</u>	VYHOVUJE
	σ _{myd}	4,707 MPa			
	σ _{c0d}	1,005 MPa			



Obr. 5.15. Průběh normálových sil
extrémy a příslušná normálová síla
k max. momentu od kombinace
zatížení pro MSÚ [kN]



Obr. 5.16. Průběh ohybových momentů
extrémy a příslušný moment
k max. normál. síle, od kombinace
zatížení pro MSÚ [kNm]

POSOUZENÍ POUŽITELNOSTI

Pro posouzení úžlabní krokve na MS použitelnosti použijeme vztah: $w \leq w_{lim}$

limitní průhyb

$$w_{lim} = \frac{L}{300}$$

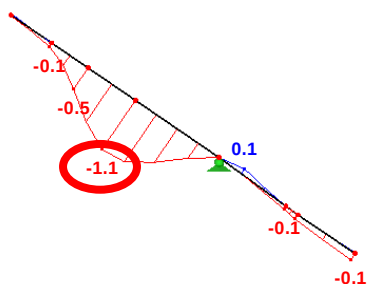
$$w_{lim} = 21,7 \text{ mm}$$

deformace

$$w = 1,1 \text{ mm}$$

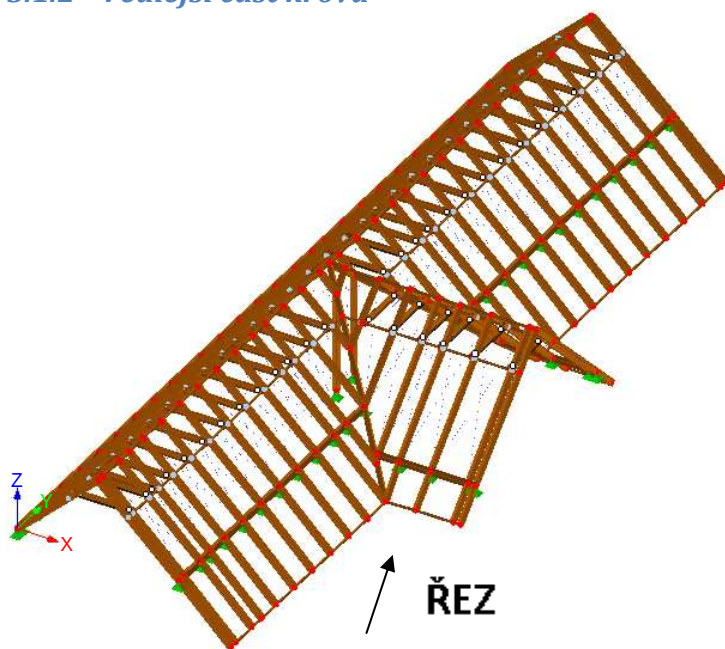
POSUDEK [mm]

$$\underline{1,1 \leq 21,7} \quad \text{VYHOVUJE}$$



Obr. 5.17. Relativní posuny v lokálním směru od kombinace zatížení pro MSP [mm]

5.1.2 Vedlejší část krovu



Obr. 5.18. Výpočtový model krovu, příčný řez vedlejší částí, řez č. 3

Geometrie krovu

šířka	b =	7,452	m
délka	d =	11,880	m
výška budovy	h =	7,113	m

5.1.2.1 Krokev

Zatížení

1. stálá

1.1 vlastní tíha

$g_k =$ generuje RFEM

1.2 ostatní stálé

$q_k =$ 0,82 kN/m²

2. nahodilá

2.1 užité - osoba na střeše

$$q = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

2.2 sníh

$$s_k = 0,28 \text{ kN/m}^2$$

2.3 vítr

$$q_p = 630,84 \text{ kN/m}^2$$

Geometrie zatížení větrem

Příčný vítr $e = \min \left\{ \frac{d}{2h} \right\} \quad e/10 = 1,19 \text{ m}$

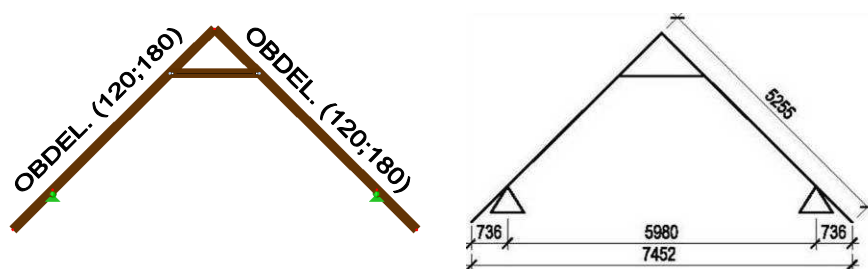
Podélný vítr $e = \min \left\{ \frac{b}{2h} \right\} \quad e/4 = 1,86 \text{ m}$

Navržený průřez

šířka $b = 0,120 \text{ m}$

výška $h = 0,180 \text{ m}$

délka $l = 5,255 \text{ m}$



Obr. 5.19. Navržené průřezy a geometrie krokve [mm]

plocha průřezu $A = b \cdot h \quad A = 0,0216 \text{ m}^2$

moment setrvačnosti $I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \quad I_y = 5,83 \text{E-}05 \text{ m}^4$

poloměr setrvačnosti $i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad i_y = 0,052 \text{ m}$

průřezový modul $w_y = \frac{2 \cdot I_y}{h} \quad w_y = 6,48 \text{E-}04 \text{ m}^3$

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky $\beta = 1,0 \text{ -}$

součinitel rostlé dřevu $\beta_c = 0,2 \text{ -}$

délka náhradního prutu $l_{ef} = \beta \cdot l \quad l_{ef} = 5,255 \text{ m}$

štíhlostní poměr $\lambda = \frac{l_{ef}}{i} \quad \lambda = 101,133 \text{ -}$

poměrný štíhlostní poměr $\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$ $\lambda_{rel,c} = 1,760$ -

součinitel vzpěrnosti $k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\}$ $k_c = 0,285$ -

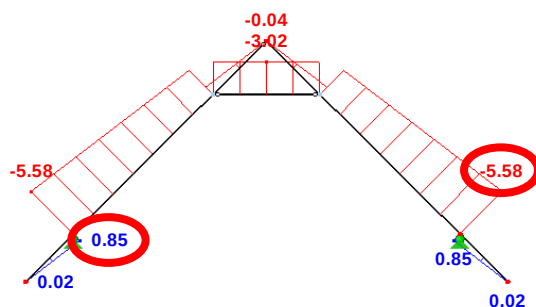
$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$ $k = 2,194$ -

$k_m = 1,0$ -

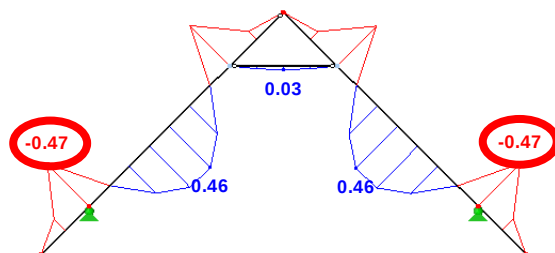
Prut je namáhaný ohybem a osovou silou - tahovou i tlakovou. Pro posouzení krokve na MSÚ použijeme vztah:

$$\frac{\sigma_{tod}}{f_{tod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1 \quad \wedge \quad \frac{\sigma_{cod}}{k_{cy} \cdot f_{cod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1$$

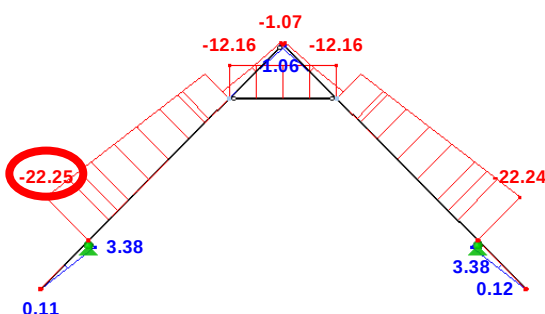
a) max. tah "+" ZS9	N_t	0,85 kN	tah	POSUDEK	
	M	-0,47 kNm		0,052 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	0,725 MPa			
	σ_{tod}	0,039 MPa			
b) max. tlak "-" ZS9	N_c	-5,58 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-0,47 kNm		0,113 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	0,725 MPa			
	σ_{cod}	0,258 MPa			
c) kombinace KZS5	N_{max}	-22,25 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-1,86 kNm		0,449 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	2,870 MPa			
	σ_{cod}	1,030 MPa			
d) kombinace KZS5	N	-22,25 kN	tlak	POSUDEK	
	M_{max}	1,86 kNm		0,449 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	2,870 MPa			
	σ_{cod}	1,030 MPa			



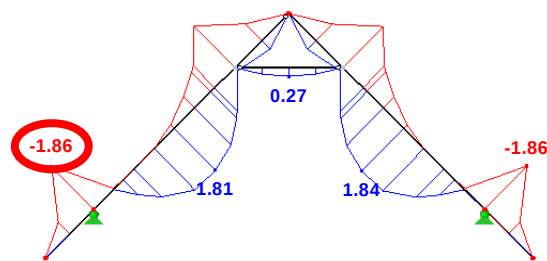
Obr. 5.20. Průběh normálových sil extrémy od ZS3 - užité zátížení, pro MSÚ [kN]



Obr. 5.21. Průběh ohybových momentů extrémy od ZS3 - užité zátížení, pro MSÚ [kNm]



Obr. 5.22. Průběh normálových sil extrémy od kombinace zátížení, pro MSÚ [kN]



Obr. 5.23. Průběh ohybových momentů extrémy kombinace zátížení, pro MSÚ [kNm]

POSOUZENÍ POUŽITELNOSTI

Pro posouzení krokve na MS použitelnosti použijeme vztah: $w \leq w_{lim}$

limitní průhyb

$$w_{lim} = \frac{L}{300}$$

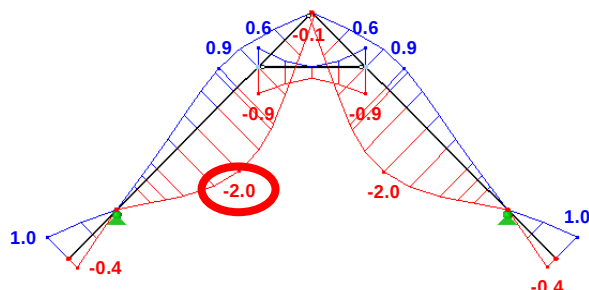
$$w_{lim} = 17,5 \text{ mm}$$

deformace

$$w = 2,0 \text{ mm}$$

POSUDEK [mm]

$$2,0 \leq 17,5 \quad \text{VYHOVUJE}$$



Obr. 5.24. Relativní posuny v lokálním směru od kombinace zátížení pro MSP [mm]

5.1.2.2 Kleština

Zatížení

1. stálá

1.1 vlastní tíha

$g_k =$ generuje RFEM

1.2 ostatní stálé - pohled

$q_k = 0,13 \text{ kN/m}^2$

Navržený průřez

šířka

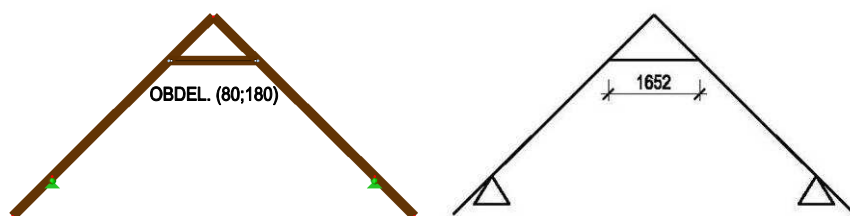
$b = 0,080 \text{ m}$

výška

$h = 0,180 \text{ m}$

délka

$l = 1,652 \text{ m}$



Obr. 5.25. Navržené průřezy a geometrie kleštiny [mm]

plocha průřezu

$$A = b \cdot h$$

$A = 0,0144 \text{ m}^2$

moment setrvačnosti

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$I_y = 3,89 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$

poloměr setrvačnosti

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$i_y = 0,052 \text{ m}$

průřezový modul

$$w_y = \frac{2 \cdot I_y}{h}$$

$w_y = 4,32 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky

$\beta = 1,0$ -

součinitel rostlé dřevu

$\beta_c = 0,2$ -

délka náhradního prutu

$$l_{ef} = \beta \cdot l$$

$l_{ef} = 1,652 \text{ m}$

štíhlostní poměr

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$$

$\lambda = 31,793$ -

poměrný štíhlostní poměr

$$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$$

$\lambda_{rel,c} = 0,553$ -

součinitel vzpěrnosti

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\}$$

$k_c = 0,934$ -

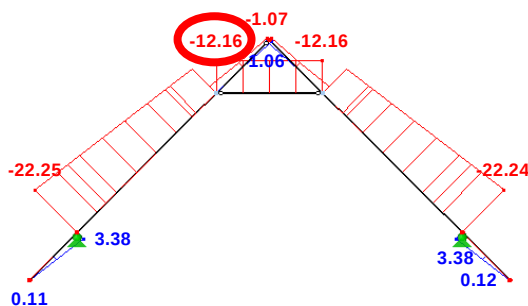
$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] \quad k = 0,678 \quad -$$

$$k_m = 1,0 \quad -$$

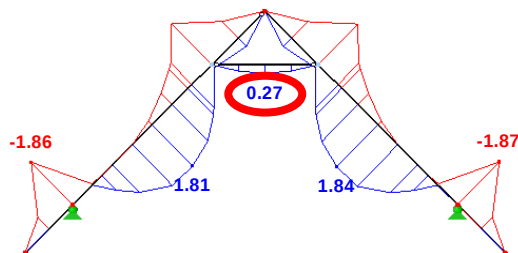
Prut je namáhaný ohybem a osovou silou - tlakovou. Pro posouzení krokve na MSÚ použijeme vztah:

$$\frac{\sigma_{cod}}{k_{cy} \cdot f_{cod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1$$

a) kombinace	N_{max}	-12,16 kN	tlak	POSUDEK
KZS5	M	-0,27 kNm		0,106 ≤ 1 VYHOVUJE
	σ_{myd}	0,625 MPa		
	σ_{cod}	0,844 MPa		



Obr. 5.26. Průběh normálových sil extrémů od kombinace zatížení, pro MSÚ [kN]



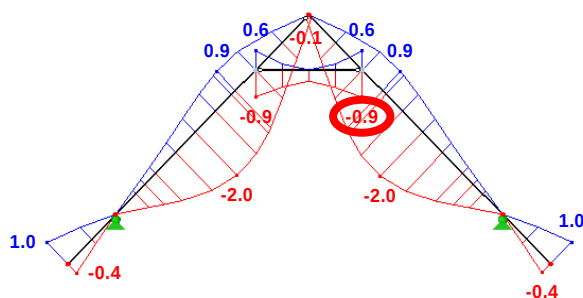
Obr. 5.27. Průběh ohybových momentů extrémů kombinace zatížení, pro MSÚ [kNm]

POSOUZENÍ POUŽITELNOSTI

Pro posouzení kleštiny na MS použitelnosti použijeme vztah: $w \leq w_{lim}$

limitní průhyb $w_{lim} = \frac{L}{300}$ $w_{lim} = 5,5 \text{ mm}$

deformace $w = 0,9 \text{ mm}$ **POSUDEK** [mm]
0,9 ≤ 5,5 VYHOVUJE



Obr. 5.28. Relativní posuny v lokálním směru od kombinace zatížení pro MSP [mm]

5.2 Neposuvná levá, posuvná pravá podpora

5.2.1 Hlavní část krovu

5.2.1.1 Krokev

Zatížení

1. stálá

1.1 vlastní tíha

$g_k =$ generuje RFEM

1.2 ostatní stálé

$q_k = 0,82 \text{ kN/m}^2$

2. nahodilá

2.1 užité - osoba na střeše

$q = 1,00 \text{ kN/m}^2$

2.2 sníh

$s_k = 0,28 \text{ kN/m}^2$

2.3 vítr

$q_p = 630,84 \text{ kN/m}^2$

Geometrie zatížení větrem

Příčný vítr

$$e = \min \left\{ \frac{d}{2h} \right\}$$

$e/10 = 1,42 \text{ m}$

Podélný vítr

$$e = \min \left\{ \frac{b}{2h} \right\}$$

$e/4 = 1,54 \text{ m}$

Navržený průřez

šířka

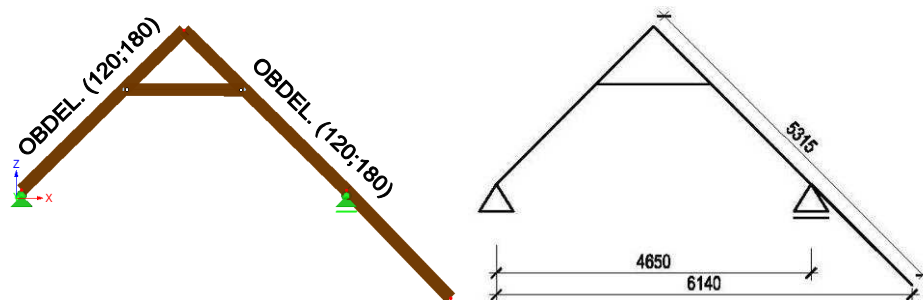
$b = 0,120 \text{ m}$

výška

$h = 0,180 \text{ m}$

délka

$l = 5,315 \text{ m}$



Obr. 5.29. Navržené průřezy a geometrie krokve [mm]

plocha průřezu

$$A = b \cdot h$$

$A = 0,0216 \text{ m}^2$

moment setrvačnosti

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$I_y = 5,83E-05 \text{ m}^4$

poloměr setrvačnosti

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$i_y = 0,052 \text{ m}$

průřezový modul

$$w_y = \frac{2 \cdot I_y}{h}$$

$w_y = 6,48E-04 \text{ m}^3$

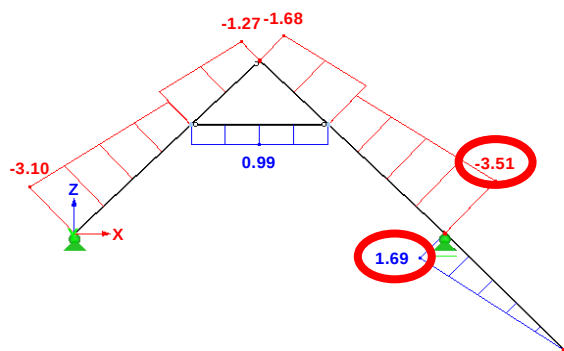
POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky		$\beta =$	1,0	-
součinitel rostlé dřevo		$\beta_c =$	0,2	-
délka náhradního prutu	$l_{ef} = \beta \cdot l$	$l_{ef} =$	5,315	m
štíhlostní poměr	$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	$\lambda =$	102,287	-
poměrný štíhlostní poměr	$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$	$\lambda_{rel,c} =$	1,780	-
součinitel vzpěrnosti	$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\}$	$k_c =$	0,279	-
	$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$	$k =$	2,232	-
		$k_m =$	1,0	-

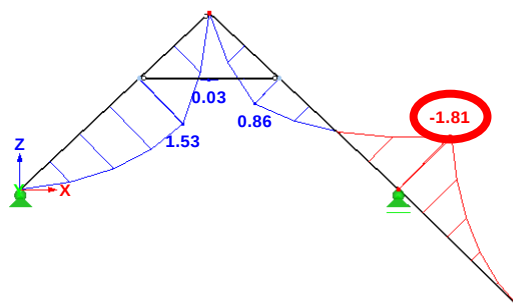
Prut je namáhaný ohybem a osovou silou - tahovou i tlakovou. Posouzení krokve na MSÚ:

$$\frac{\sigma_{tod}}{f_{tod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1 \quad \wedge \quad \frac{\sigma_{cod}}{k_{cy} \cdot f_{cod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1$$

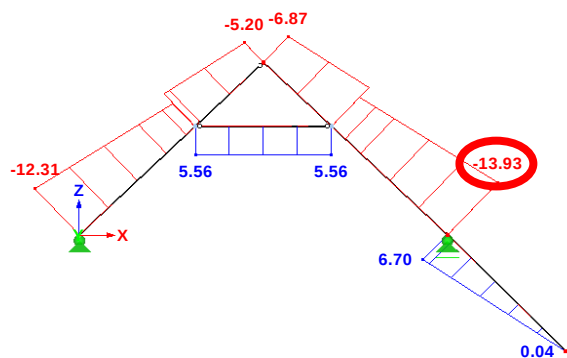
a) max. tah "+" ZS9	N_t	1,69 kN	tah	POSUDEK	
	M	-1,81 kNm		0,192 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	2,793 MPa			
	σ_{tod}	0,078 MPa			
b) max. tlak "-" ZS9	N_c	-3,51 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-1,81 kNm		0,225 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	2,793 MPa			
	σ_{cod}	0,163 MPa			
c) kombinace KZS5	N_{max}	-13,93 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-7,19 kNm		0,895 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	11,096 MPa			
	σ_{cod}	0,645 MPa			
d) kombinace KZS5	N	-13,93 kN	tlak	POSUDEK	
	M_{max}	-7,19 kNm		0,895 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	11,096 MPa			
	σ_{cod}	0,645 MPa			



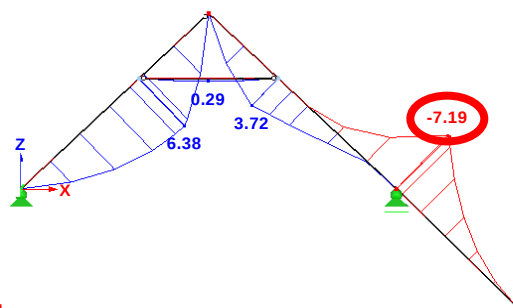
Obr. 5.30. Průběh normálových sil extrémů od ZS3 - užité zatížení, pro MSÚ [kN]



Obr. 5.31. Průběh ohybových momentů extrémů od ZS3 - užité zatížení, pro MSÚ [kNm]



Obr. 5.32. Průběh normálových sil extrémů od kombinace zatížení, pro MSÚ [kN]



Obr. 5.33. Průběh ohybových momentů extrémů kombinace zatížení, pro MSÚ [kNm]

POSOUZENÍ POUŽITELNOSTI

Pro posouzení krokve na MS použitelnosti použijeme vztah: $w \leq w_{\lim}$

limitní průhyb

$$w_{\lim} = \frac{L}{300}$$

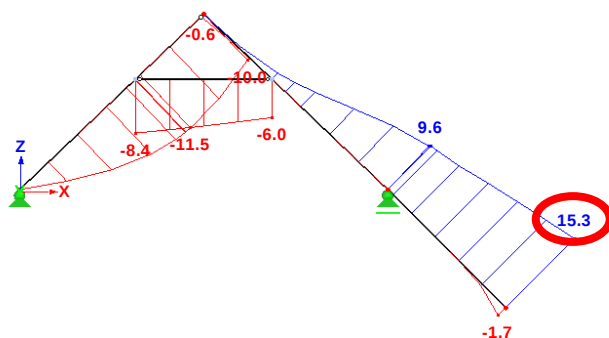
$$w_{\lim} = 17,7 \text{ mm}$$

deformace

$$w = 15,3 \text{ mm}$$

POSUDEK [mm]

$$15,3 \leq 17,7 \text{ VYHOVUJE}$$



Obr. 5.34. Relativní posuny v lokálním směru od kombinace zatížení pro MSP [mm]

5.2.1.2 Kleština

Zatížení

1. stálá

1.1 vlastní tíha

$g_k =$ generuje RFEM

1.2 ostatní stálé - pohled

$q_k = 0,13 \text{ kN/m}^2$

Navržený průřez

šířka

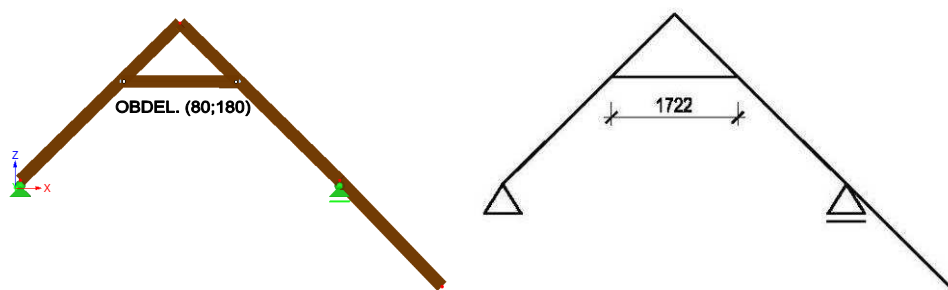
$b = 0,080 \text{ m}$

výška

$h = 0,180 \text{ m}$

délka

$l = 1,722 \text{ m}$



Obr. 5.35. Navržené průřezy a geometrie kleštiny [mm]

plocha průřezu

$$A = b \cdot h$$

$A = 0,0144 \text{ m}^2$

moment setrvačnosti

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$I_y = 3,89 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$

poloměr setrvačnosti

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$i_y = 0,052 \text{ m}$

průřezový modul

$$w_y = \frac{2 \cdot I_y}{h}$$

$w_y = 4,32 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky

$\beta = 1,0$ -

součinitel rostlé dřevu

$\beta_c = 0,2$ -

délka náhradního prutu

$$l_{ef} = \beta \cdot l$$

$l_{ef} = 1,722 \text{ m}$

štíhlostní poměr

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$$

$\lambda = 33,140$ -

poměrný štíhlostní poměr

$$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$$

$\lambda_{rel,c} = 0,577$ -

součinitel vzpěrnosti

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right.$$

$$k_c = 0,926 \quad -$$

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

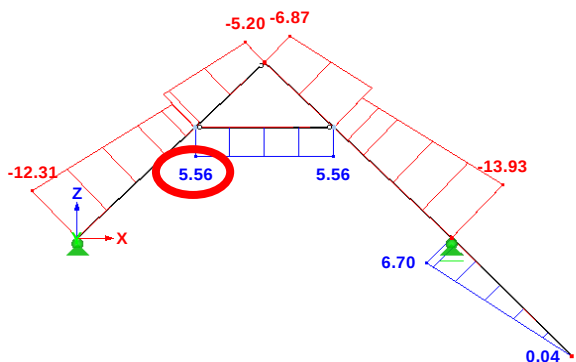
$$k = 0,694 \quad -$$

$$k_m = 1,0 \quad -$$

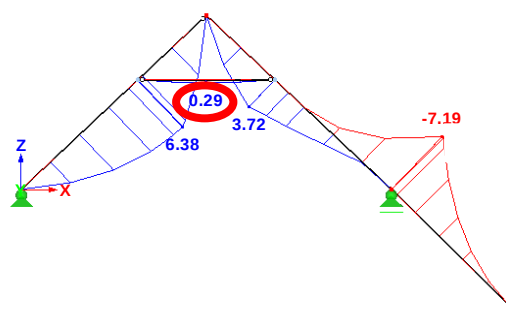
Prut je namáhaný ohybem a osovou silou - tahovou. Pro posouzení krokve na MS únosnosti použijeme vztah:

$$\frac{\sigma_{tod}}{f_{tod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1$$

a) kombinace	N	5,56 kN	tah	POSUDEK
KZS5	M_{max}	0,29 kNm		<u>0,087 ≤ 1</u> VYHOVUJE
	σ_{myd}	0,671 MPa		
	σ_{c0d}	0,386 MPa		



Obr. 5.36. Průběh normálových sil extrémy od kombinace zatížení, pro MSÚ [kN]



Obr. 5.37. Průběh ohybových momentů extrémy kombinace zatížení, pro MSÚ [kNm]

POSOUZENÍ POUŽITELNOSTI

Pro posouzení kleštiny na MS použitelnosti použijeme vztah: $w \leq w_{lim}$

limitní průhyb

$$w_{lim} = \frac{L}{300}$$

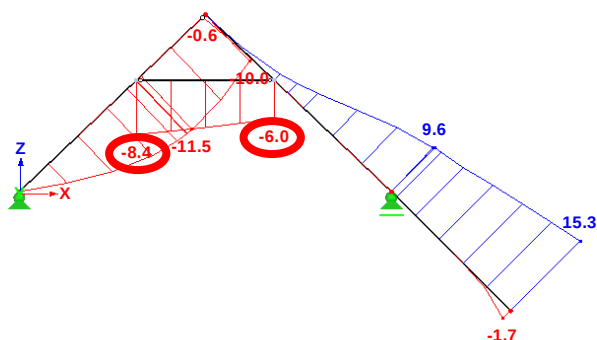
$$w_{lim} = 5,7 \quad \text{mm}$$

deformace

$$w = 8,4 - 6,0 \quad \text{mm}$$

$$w = 2,4 \quad \text{mm}$$

POSUDEK [mm]
2,4 ≤ 5,7 VYHOVUJE



Obr. 5.38. Relativní posuny v lokálním směru od kombinace zatížení pro MSP [mm]

5.2.1.3 Sloupek

Zatížení

1. stálá

1.1 vlastní tíha

$g_k =$ generuje RFEM

1.2 ostatní stálé

$q_k = 0,13 \text{ kN/m}^2$

Navržený průřez

šířka

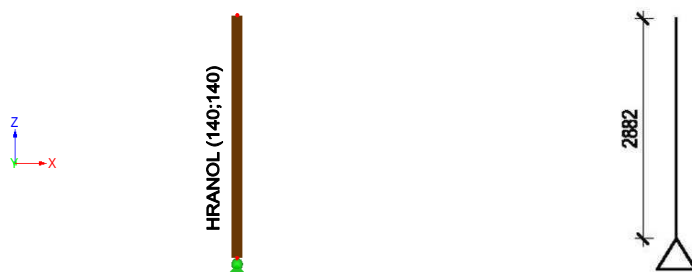
$b = 0,140 \text{ m}$

výška

$h = 0,140 \text{ m}$

délka

$l = 2,882 \text{ m}$



Obr. 5.39. Navržené průřezy a geometrie sloupku [mm]

plocha průřezu

$$A = b \cdot h$$

$A = 0,0196 \text{ m}^2$

moment setrvačnosti

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$I_y = 3,20E-05 \text{ m}^4$

poloměr setrvačnosti

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$i_y = 0,040 \text{ m}$

průřezový modul

$$w_y = \frac{2 \cdot I_y}{h}$$

$w_y = 4,57E-04 \text{ m}^3$

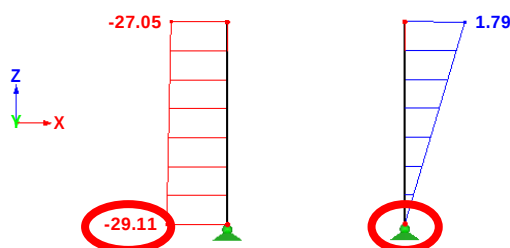
POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky		$\beta =$	1,0	-
součinitel rostlé dřevu		$\beta_c =$	0,2	-
délka náhradního prutu	$l_{ef} = \beta \cdot l$	$l_{ef} =$	2,882	m
štíhlostní poměr	$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	$\lambda =$	71,311	-
poměrný štíhlostní poměr	$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$	$\lambda_{rel,c} =$	1,241	-
součinitel vzpěrnosti	$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\}$	$k_c =$	0,518	-
	$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$	$k =$	1,364	-
		$k_m =$	1,0	-

Prut je namáháný osovou silou - tlakovou. Pro posouzení sloupku na MSÚ použijeme vztah:

$$\frac{\sigma_{cod}}{k_{cy} \cdot f_{cod}} \leq 1$$

a) kombinace	N	-29,1 kN	tlak	POSUDEK	
KZS5	M_{max}	0 kNm		0,207 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	0,000 MPa			
	σ_{cod}	1,485 MPa			



Obr. 5.40. Průběh normálových sil a momentů - extrémy od kombinace zatížení pro MSÚ [kN]

POSOUZENÍ POUŽITELNOSTI

Sloupek je namáhán pouze tlakovou silou, proto nebudeme tento prvek posuzovat na MSP.

5.2.1.4 Úžlabní krokev

Zatížení

1. stálá

1.1 vlastní tíha

$g_k =$ generuje RFEM

1.2 ostatní stálé

$q_k = 0,82 \text{ kN/m}^2$

2. nahodilá

2.1 užité - osoba na střeše

$q = 1,00 \text{ kN/m}^2$

2.2 sníh

$s_k = 0,28 \text{ kN/m}^2$

2.3 vítr

$q_p = 630,84 \text{ kN/m}^2$

Geometrie zatížení větrem

Příčný vítr

$$e = \min \left\{ \frac{d}{2h} \right\}$$

$e/10 = 1,42 \text{ m}$

Podélný vítr

$$e = \min \left\{ \frac{b}{2h} \right\}$$

$e/4 = 1,54 \text{ m}$

Navržený průřez

šířka

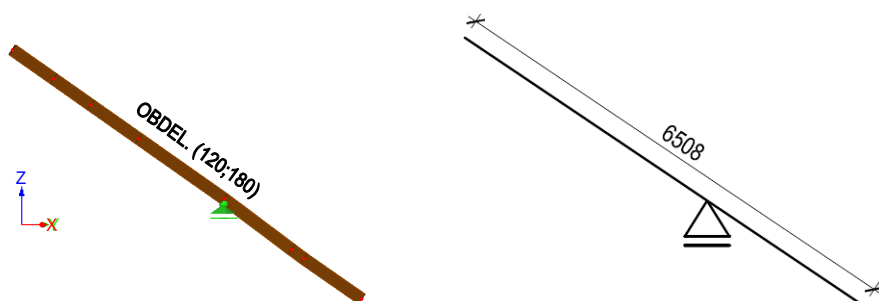
$b = 0,120 \text{ m}$

výška

$h = 0,180 \text{ m}$

délka

$l = 6,508 \text{ m}$



Obr. 5.41. Navržené průřezy a geometrie úžlabní krokve [mm]

plocha průřezu

$$A = b \cdot h$$

$A = 0,0216 \text{ m}^2$

moment setrvačnosti

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$I_y = 5,83E-05 \text{ m}^4$

poloměr setrvačnosti

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$i_y = 0,052 \text{ m}$

průřezový modul

$$w_y = \frac{2 \cdot I_y}{h}$$

$w_y = 6,48E-04 \text{ m}^3$

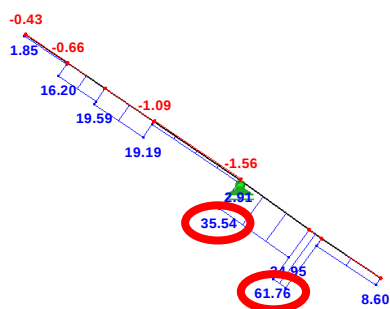
POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky		$\beta =$	1,0	-
součinitel rostlé dřeva		$\beta_c =$	0,2	-
délka náhradního prutu	$l_{ef} = \beta \cdot l$	$l_{ef} =$	6,508	m
štíhlostní poměr	$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	$\lambda =$	125,247	-
poměrný štíhlostní poměr	$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$	$\lambda_{rel,c} =$	2,179	-
součinitel vzpěrnosti	$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}, 1 \right\}$	$k_c =$	0,192	-
	$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$	$k =$	3,063	-
		$k_m =$	1,0	-

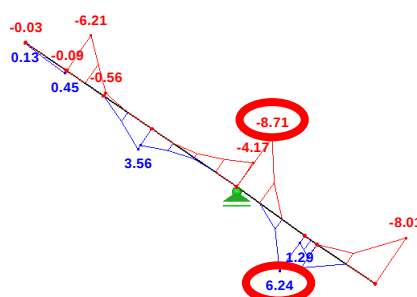
Prut je namáhaný ohybem a osovou silou. Pro posouzení krokve na MSÚ použijeme vztah:

$$\frac{\sigma_{tod}}{f_{tod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1$$

a) kombinace KZS5	N_{max}	61,76 kN	tah	POSUDEK	
	M	-6,24 kNm		$0,950 \leq 1$	VYHOVUJE
	σ_{myd}	9,630 MPa			
	σ_{tod}	2,859 MPa			
b) kombinace KZS5	N	35,54 kN	tah	POSUDEK	
	M_{max}	-8,71 kNm		$0,938 \leq 1$	VYHOVUJE
	σ_{myd}	13,441 MPa			
	σ_{tod}	1,645 MPa			



Obr. 5.42. Průběh normálových sil - extrémy a příslušná normál. síla k max. momentu od kombinace zatížení pro MSÚ [kN]



Obr. 5.43. Průběh ohyb. momentů - extrémy a příslušný moment k max. normál. síle od kombinace zatížení pro MSÚ [kNm]

POSOUZENÍ POUŽITELNOSTI

Pro posouzení úžlabní krokve na MS použitelnosti použijeme vztah: $w \leq w_{\lim}$

limitní průhyb

$$w_{\lim} = \frac{L}{300}$$

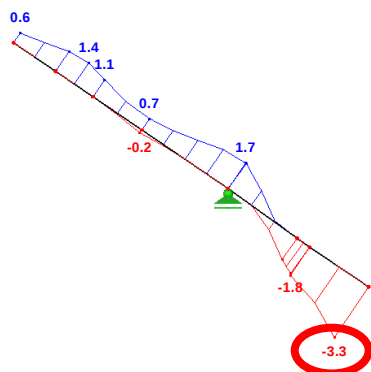
$$w_{\lim} = 21,7 \text{ mm}$$

deformace

$$w = 3,3 \text{ mm}$$

POSUDEK [mm]

3,3 ≤ 21,7 VYHOVUJE



Obr. 5.44. Relativní posuny v lokálním směru od kombinace zatížení pro MSP [mm]

5.2.2 Vedlejší část krovu

5.2.2.1 Krokev

Geometrie krovu

šířka

$$b = 7,452 \text{ m}$$

délka

$$d = 11,880 \text{ m}$$

výška budovy

$$h = 7,113 \text{ m}$$

Zatížení

1. stálá

1.1 vlastní tíha

$$g_k = \text{generuje RFEM}$$

1.2 ostatní stálé

$$q_k = 0,82 \text{ kN/m}^2$$

2. nahodilá

2.1 užité - osoba na střeše

$$q = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

2.2 sních

$$s_k = 0,28 \text{ kN/m}^2$$

2.3 vítr

$$q_p = 630,84 \text{ kN/m}^2$$

Geometrie zatížení větrem

Příčný vítr

$$e = \min \left\{ \frac{d}{2h} \right\}$$

$$e/10 = 1,19 \text{ m}$$

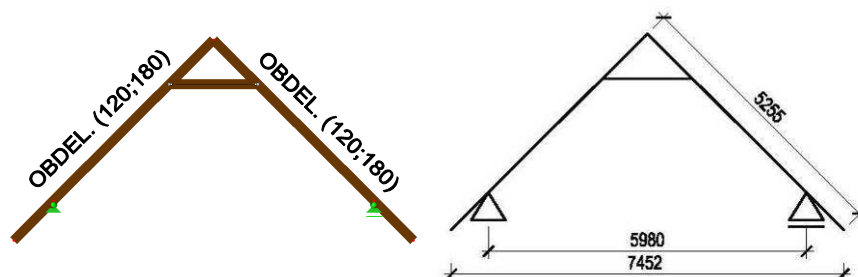
Podélný vítr

$$e = \min \left\{ \frac{b}{2h} \right\}$$

$$e/4 = 1,86 \text{ m}$$

Navržený průřez

šířka	$b =$	0,120	m
výška	$h =$	0,180	m
délka	$l =$	5,315	m



Obr. 5.45. Navržené průřezy [mm]

plocha průřezu	$A = b \cdot h$	$A =$	0,0216	m ²
moment setrvačnosti	$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$	$I_y =$	5,83E-05	m ⁴
poloměr setrvačnosti	$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$i_y =$	0,052	m
průřezový modul	$w_y = \frac{2 \cdot I_y}{h}$	$w_y =$	6,48E-04	m ³

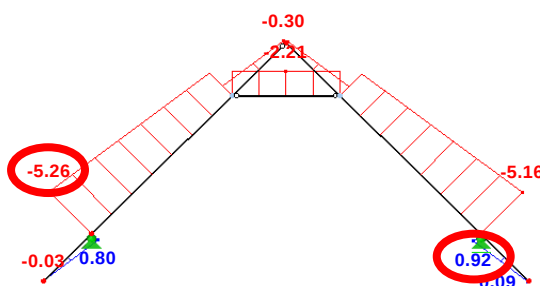
POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky	$\beta =$	1,0	-
součinitel rostlé dřevo	$\beta_c =$	0,2	-
délka náhradního prutu	$l_{ef} = \beta \cdot l$	$l_{ef} =$	5,315 m
štíhlostní poměr	$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	$\lambda =$	102,287 -
poměrný štíhlostní poměr	$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$	$\lambda_{rel,c} =$	1,780 -
součinitel vzpěrnosti	$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\}$	$k_c =$	0,279 -
	$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$	$k =$	2,232 -
		$k_m =$	1,0 -

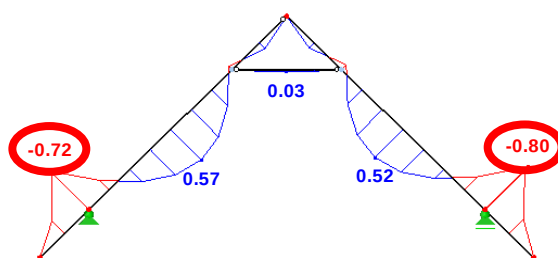
Prut je namáhaný ohybem a osovou silou - tahovou i tlakovou. Pro posouzení krokve na MSÚ použijeme vztah:

$$\frac{\sigma_{tod}}{f_{tod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1 \quad \wedge \quad \frac{\sigma_{cod}}{k_{cy} \cdot f_{cod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1$$

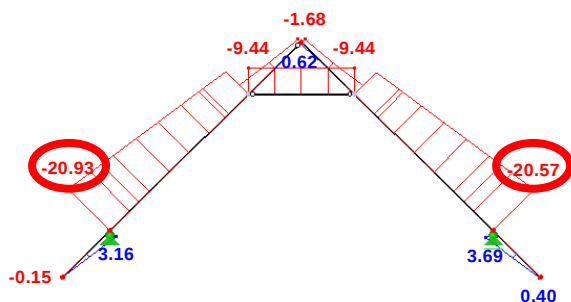
a) max. tah "+" ZS9	N_t	0,92 kN	tah	POSUDEK	
	M	-0,8 kNm		0,086 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	1,235 MPa			
	σ_{t0d}	0,043 MPa			
b) max. tlak "-" ZS9	N_c	-5,26 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-0,72 kNm		0,136 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	1,111 MPa			
	σ_{c0d}	0,244 MPa			
c) kombinace KZS5	N_{max}	-20,93 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-2,91 kNm		0,545 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	4,491 MPa			
	σ_{c0d}	0,969 MPa			
d) kombinace KZS5	N	-20,57 kN	tlak	POSUDEK	
	M_{max}	-3,24 kNm		0,574 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	5,000 MPa			
	σ_{c0d}	0,952 MPa			



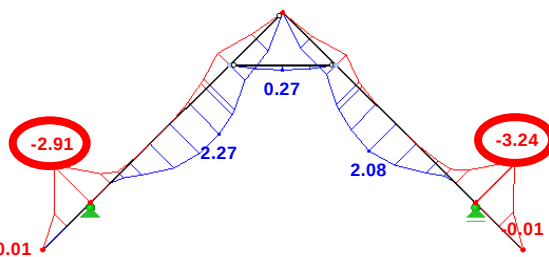
Obr. 5.46. Průběh normálových sil
extrémy od ZS3 - užité zatížení,
pro MSÚ [kN]



Obr. 5.47. Průběh ohybových momentů
extrémy od ZS3 - užité zatížení,
pro MSÚ [kNm]



Obr. 5.48. Průběh normálových sil
extrémy od kombinace zatížení,
pro MSÚ [kN]



Obr. 5.49. Průběh ohybových momentů
extrémy kombinace zatížení,
pro MSÚ [kNm]

POSOUZENÍ POUŽITELNOSTI

Pro posouzení krokve na MS použitelnosti použijeme vztah: $w \leq w_{\text{lim}}$

limitní průhyb

$$w_{\text{lim}} = \frac{L}{300}$$

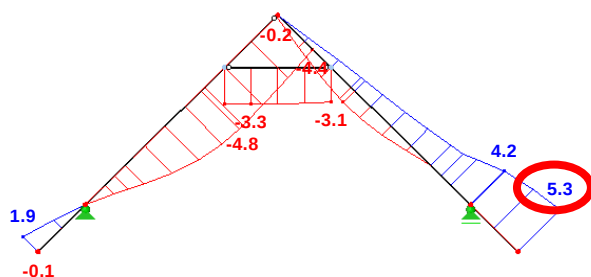
$$w_{\text{lim}} = 17,7 \text{ mm}$$

deformace

$$w = 5,3 \text{ mm}$$

POSUDEK [mm]

$$5,3 \leq 17,7 \text{ VYHOVUJE}$$



Obr. 5.50. Relativní posuny v lokálním směru od kombinace zatížení pro MSP [mm]

5.2.2.2 Kleština

Zatížení

1. stálá

1.1 vlastní tíha

$g_k =$ generuje RFEM

1.2 ostatní stálé - pohled

$q_k = 0,13 \text{ kN/m}^2$

Navržený průřez

šířka

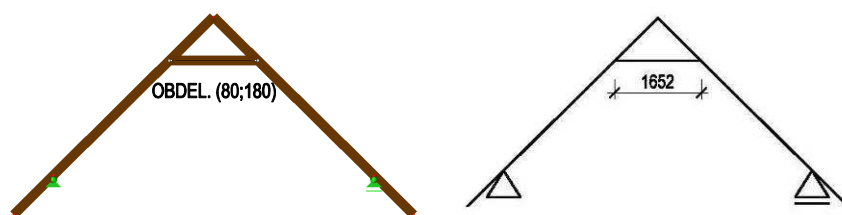
$b = 0,080 \text{ m}$

výška

$h = 0,180 \text{ m}$

délka

$l = 1,652 \text{ m}$



Obr. 5.51. Navržené průřezy a geometrie kleštiny [mm]

plocha průřezu	$A = b \cdot h$	$A =$	0,0144	m ²
moment setrvačnosti	$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$	$I_y =$	3,89E-05	m ⁴
poloměr setrvačnosti	$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$i_y =$	0,052	m
průřezový modul	$w_y = \frac{2 \cdot I_y}{h}$	$w_y =$	4,32E-04	m ³

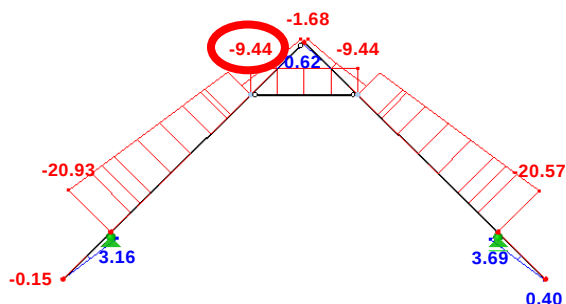
POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky		$\beta =$	1,0	-
součinitel rostlé dřeva		$\beta_c =$	0,2	-
délka náhradního prutu	$l_{ef} = \beta \cdot l$	$l_{ef} =$	1,652	m
štíhlostní poměr	$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	$\lambda =$	31,793	-
poměrný štíhlostní poměr	$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$	$\lambda_{rel,c} =$	0,553	-
součinitel vzpěrnosti	$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\}$	$k_c =$	0,934	-
	$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$	$k =$	0,678	-
		$k_m =$	1,0	-

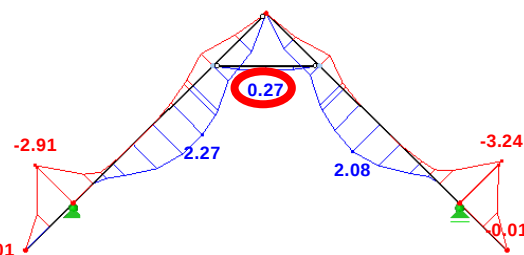
Prut je namáhaný ohybem a osovou silou. Pro posouzení krokve na MSÚ použijeme vztah:

$$\frac{\sigma_{cod}}{k_{cy} \cdot f_{cod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1$$

a) kombinace	N	-9,44 kN	tlak	POSUDEK
KZS5	M_{max}	0,27 kNm		0,092 ≤ 1 VYHOVUJE
	σ_{myd}	0,625 MPa		
	σ_{cod}	0,656 MPa		



Obr. 5.52. Průběh normálových sil
extrémy od kombinace zatížení,
pro MSÚ [kN]



Obr. 5.53. Průběh ohybových momentů
extrémy kombinace zatížení,
pro MSÚ [kNm]

POSOUZENÍ POUŽITELNOSTI

Pro posouzení kleštiny na MS použitelnosti použijeme vztah: $w \leq w_{lim}$

limitní průhyb

$$w_{lim} = \frac{L}{300}$$

$$w_{lim} = 5,5 \text{ mm}$$

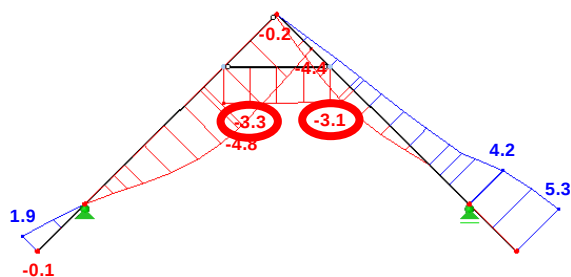
deformace

$$w = 3,3 - 3,1 \text{ mm}$$

$$w = 0,2 \text{ mm}$$

POSUDEK [mm]

$$0,2 \leq 5,5 \text{ VYHOVUJE}$$



Obr. 5.54. Relativní posuny v lokálním směru od kombinace zatížení pro MSP [mm]

5.3 Oslabený průřez krokve

Krokev je s pozednicí propojena spojem, tzv. osedláním (podrobněji v kapitole 6 Spoje). Sedlo je do krokve vyříznuto do 1/6 výšky prvku, vlivem tohoto vyříznutí je krokev oslabena. Pro krokev je proveden nový statický posudek na mezní stav únosnosti, kde je zahrnuto její oslabení. Na mezní stav použitelnosti toto oslabení vliv nemá, proto není již znovu posuzován.

5.3.1 Hlavní část krovu

Navržený průřez

šířka		$b =$	0,120	m
výška - snižená o 1/6 výšku prvku		$h =$	0,150	m
délka		$l =$	5,315	m
plocha průřezu	$A = b \cdot h$	$A =$	0,018	m ²
moment setrvačnosti	$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$	$I_y =$	3,38E-05	m ⁴
poloměr setrvačnosti	$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$i_y =$	0,043	m
průřezový modul	$w_y = \frac{2 \cdot I_y}{h}$	$w_y =$	4,50E-04	m ³

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky		$\beta =$	1,0	-
součinitel rostlé dřeva		$\beta_c =$	0,2	-
délka náhradního prutu	$l_{ef} = \beta \cdot l$	$l_{ef} =$	5,315	m
štíhlostní poměr	$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	$\lambda =$	122,745	-
poměrný štíhlostní poměr	$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$	$\lambda_{rel,c} =$	2,136	-
součinitel vzpěrnosti	$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\}$	$k_c =$	0,199	-
	$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$	$k =$	2,964	-
		$k_m =$	1,0	-

Prut je namáháný ohybem a osovou silou. Pro posouzení krokve na MSÚ použijeme vztah:

$$\frac{\sigma_{tod}}{f_{tod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1 \quad \wedge \quad \frac{\sigma_{cod}}{k_{cy} \cdot f_{cod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1$$

A) Pevné podpory

a) max. tah "+"	N_t	1,69 kN	tah	POSUDEK
ZS9	M	-1,8 kNm		0,273 ≤ 1 VYHOVUJE
	σ_{myd}	4,000 MPa		
	σ_{tod}	0,094 MPa		

b) max. tlak "-" ZS9	N_c	-4,26 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-1,8 kNm		0,348 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	4,000 MPa			
	σ_{c0d}	0,237 MPa			
c) kombinace KZS5	N_{max}	-17,04 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-7,16 kNm		1,072 > 1	NEVYHOVUJE
	σ_{myd}	10,911 MPa			o 7 %
	σ_{c0d}	0,947 MPa			
d) kombinace KZS5	N	-17,04 kN	tlak	POSUDEK	
	M_{max}	-7,16 kNm		1,072 > 1	NEVYHOVUJE
	σ_{myd}	10,911 MPa			o 7 %
	σ_{c0d}	0,947 MPa			

B) Posuvné podepření

a) max. tah "+" ZS9	N_t	1,69 kN	tah	POSUDEK	
	M	-1,81 kNm		0,275 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	4,022 MPa			
	σ_{t0d}	0,094 MPa			
b) max. tlak "-" ZS9	N_c	-3,51 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-1,81 kNm		0,335 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	4,022 MPa			
	σ_{c0d}	0,195 MPa			
c) kombinace KZS5	N_{max}	-13,93 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-7,19 kNm		1,051 > 1	NEVYHOVUJE
	σ_{myd}	15,978 MPa			o 5 %
	σ_{c0d}	0,774 MPa			
d) kombinace KZS5	N	-13,93 kN	tlak	POSUDEK	
	M_{max}	-7,19 kNm		1,051 > 1	NEVYHOVUJE
	σ_{myd}	15,978 MPa			o 5 %
	σ_{c0d}	0,774 MPa			

5.3.2 Vedlejší část krovu

Navržený průřez

šířka		$b =$	0,120	m
výška - snižená o 1/6 výšku prvku		$h =$	0,150	m
délka		$l =$	5,255	m
plocha průřezu	$A = b \cdot h$	$A =$	0,018	m ²
moment setrvačnosti	$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$	$I_y =$	3,38E-05	m ⁴
poloměr setrvačnosti	$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$i_y =$	0,043	m
průřezový modul	$W_y = \frac{2 \cdot I_y}{h}$	$W_y =$	4,50E-04	m ³

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI

součinitel vzpěrné délky		$\beta =$	1,0	-
součinitel rostlé dřeva		$\beta_c =$	0,2	-
délka náhradního prutu	$l_{ef} = \beta \cdot l$	$l_{ef} =$	5,255	m
štíhlostní poměr	$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	$\lambda =$	121,359	-
poměrný štíhlostní poměr	$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{cok}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$	$\lambda_{rel,c} =$	2,112	-
součinitel vzpěrnosti	$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\}$	$k_c =$	0,204	-
	$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$	$k =$	2,911	-
		$k_m =$	1,0	-

Prut je namáháný ohybem a osovou silou. Pro posouzení krokve na MSÚ použijeme vztah:

$$\frac{\sigma_{tod}}{f_{tod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1 \quad \wedge \quad \frac{\sigma_{cod}}{k_{cy} \cdot f_{cod}} + \frac{\sigma_{myd}}{k_m \cdot f_{myd}} \leq 1$$

A) Pevné podpory

a) max. tah "+" ZS9	N_t	0,85 kN	tah	POSUDEK
	M	-0,47 kNm		0,074 ≤ 1 VYHOVUJE
	σ_{myd}	1,044 MPa		
	σ_{tod}	0,047 MPa		

b) max. tlak "-" ZS9	N_c	-5,58 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-0,47 kNm		0,179 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	1,044 MPa			
	σ_{c0d}	0,310 MPa			
c) kombinace KZS5	N_{max}	-22,25 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-1,86 kNm		0,710 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	4,133 MPa			
	σ_{c0d}	1,236 MPa			
d) kombinace KZS5	N	-22,25 kN	tlak	POSUDEK	
	M_{max}	-1,86 kNm		0,710 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	4,133 MPa			
	σ_{c0d}	1,236 MPa			

B) Posuvné podepření

a) max. tah "+" ZS9	N_t	0,92 kN	tah	POSUDEK	
	M	-0,8 kNm		0,122 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	1,778 MPa			
	σ_{t0d}	0,051 MPa			
b) max. tlak "-" ZS9	N_c	-5,26 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-0,72 kNm		0,211 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	1,600 MPa			
	σ_{c0d}	0,292 MPa			
c) kombinace KZS5	N_{max}	-20,93 kN	tlak	POSUDEK	
	M	-2,91 kNm		0,846 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	6,467 MPa			
	σ_{c0d}	1,163 MPa			
d) kombinace KZS5	N	-20,57 kN	tlak	POSUDEK	
	M_{max}	-3,24 kNm		0,887 ≤ 1	VYHOVUJE
	σ_{myd}	7,200 MPa			
	σ_{c0d}	1,143 MPa			

Posuzovaný prvek - krokev - je staticky posouzen podle platných Eurokódů a normy ČSN 731702 Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Z důvodu, že stavba jako celek byla navržena již před deseti lety podle tehdejších norem, nynější posudek v určitých případech nevyhověl. Mezní stav únosnosti je překročen pouze v řezu hlavní částí budovy, při kombinaci zatížení, a to o 4 až 7%.

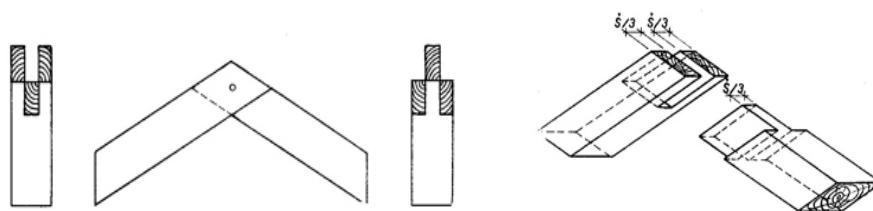
Zmenšením výšky průřezu krokve se změní plocha průřezu prvku A, dále jeho moment setrvačnosti I_y i průřezový modul w_y . To má za následek snížení únosnosti daného prvku (krokve). Posudek na 2. mezní stav (použitelnosti) tím ovlivněn nebude. Výpočet viz. výše.

Neznamená to však, že konstrukce se zřítí. Je dobré sledovat vizuálně průhyby konstrukce, zvýšené riziko průhybu hrozí především u převislých konců střešní konstrukce.

6 SPOJE

Spoje jednotlivých konstrukčních prvků představují velmi důležitou roli každé konstrukce. Na krovu našeho řešeného typu se nachází mnoho typů spojů - jiné je řešení vzájemného spojení krokví ve vrcholu krovu, jiný typ připojení kleštín na krokve, jiný zase připevnění krokve k pozednici. Další spoj je připevnění sloupku ke konstrukci stropu, vzájemné zpevnění krokví pomocnými latěmi, úžlabní krokve apod.

Spojení krokví ve vrcholu je řešeno pomocí tesařského spoje zvaného nárožní čep, tzv. ostřih (obr. 6.1.). Ve vrcholu krovu tím vznikne kloub. Kleštiny jsou připevněny ke krokví jednostranně, pomocí hřebíků - jedná se o jednostřižné spoje. Návrh tohoto spoje uveden v samostatném výpočtu - viz příloha.

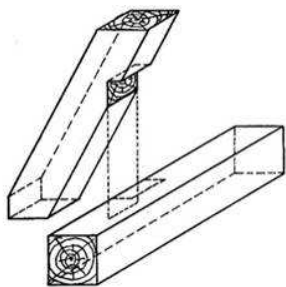


obr. 6.1. Čepování

Zdroj: [17], Tesařské spoje - čepy, obr. 3-6

Konstrukční prvky krokv a pozednice jsou navzájem šikmé. K jejich propojení využijeme základní tesařský spoj - **osedlání** (obr. 6.2.). Pozednice roznáší hmotnost krovu na zdivo, proto se klade na plocho a leží po celé délce na zdivu, do kterého je následně kotvena. Na styku se zdivem musí být impregnována. Pozednice je kotvena do věnce po vzdálenosti 1250 mm, pomocí pásoviny.

Osedlání se provede tak, že se do šikmého prvku udělá zářez (malé sedlo) dle profilu vodorovného prvku, tak, aby zářez přesně na vodorovný prvek pasoval. Toto sedlo je vyříznuto maximálně do $\frac{1}{5}$ až $\frac{1}{6}$ výšky šikmého trámu. Tímto sedlem dosedne šikmý trám (v našem případě krokv) na horní plochu vodorovného trámu (pozednice). Spoj se dále zajistí ještě nárožníkem - tj. hřebem (délka 160 až 210 mm).



obr. 6.2. Osedlání krokve na pozednici
Zdroj: [17], Tesařské spoje - osedlání, obr. 3-9

Výslednou únosnost ovlivňuje mnoho faktorů, jako zejména únosnost jednotlivých spojovacích prostředků, hustota dřeva, teplota a vlhkost, délka trvání zatížení, vady dřeva apod..

6.1 Rozdělení spojů

Spoje v dřevěných konstrukcích rozeznáváme:

- a) Tesařské - dále dělíme na podélné a příčné
 - b) Sbíjené (hřebíkové)
 - c) Svorníkové (šroubové)
 - d) Lepené

Tesařské spoje musí být zajištěny proti vzájemné změně polohy spojovaných dřev, vytažení či vypadnutí dřev ze spoje. Provádějí se spojovacími prvky dřevěnými nebo ocelovými a jejich vzájemnými kombinacemi. K dřevěným spojovacím prvkům patří kolíky, hmoždíky, klíny, příložky, vložky. K ocelovým prvkům pak tesařské skoby, hřebíky, vruty, šrouby, svorníky, ocelové příložky, objímky, třmeny a hmoždíky. U konstrukcí větších rozpětí se nejčastěji používají svorníky s ocelovými hmoždíky buď zazubenými nebo kroužky. [13]

K PODÉLNÝM SPOJŮM (VAZBÁM) PATŘÍ:

Sraz – Nejjednodušší tesařský spoj. Provádí se tam, kde je trám podepřený po celé délce (alespoň zčásti) a spojují se vzájemně rovnoběžná dřeva, která se k sobě přikládají čely nebo bočními plochami. Spoj se zaskobuje nebo zajistí příložkami proti usmýknutí. Srazy mohou být různých tvarů (tupé, šikmé, klínočelné, rybinovité apod.).

Plátování – Pro spojení trámů, které nemohou být v místě spoje zcela podepřeny (= podélné nastavování dřev). Spojovaná dřeva se stýkají částí čel i podélných ploch, tzv. plátem. Proti vybočení upevníme svorníky a kovovými spojkami.

K PŘÍČNÝM SPOJŮM PATŘÍ:

Čepování (nárožní čep, ostřih) – Spoj dvou vzájemně kolmých nebo šikmých dřev, z nichž konec jednoho dřeva je opatřen výstupkem (tzv. čepem), druhý konec odpovídajícím dlabem, do kterého čep přesně zapadá (třetina jednoho prvku zapadá mezi dvě krajní třetiny prvku druhého). Spoj je často navíc zajištěn hřebem nebo kolíkem. Používá se při nastavování sloupů, při ukotvení sloupu k vodorovnému trámu, spojení krokví u hřebene apod..

Kampování – Je částečné přeplátování. Jedno dřevo má zářez (lůžko), do něhož se zasadí kamp, tj. ozub vysoký jako osmina až šestina výšky trámu. Někdy se kamp provede bez lůžka na druhém trámu. Hloubka zapuštění se rovná hloubce jednoho zářezu. Kampy mohou být pravoúhlé nebo šikmé, obojí pak střední, postranní, křížové, rybinové, odsazené aj.. Uplatňuje se tam, kde má být oslabení trámů minimální. Jsou zvláště výhodné u křížujících se trámů, namáhaných na ohyb - např. připojení kleštiny na pozednici.

Lípnutí – Nejjednodušší spoj dvou vzájemně kolmých nebo šikmých prvků, při němž se čelo jednoho dřeva přiloží k podélné ploše druhého dřeva a zabezpečí tesařskými skobami nebo příložkami. Používá se u prvků namáhaných na dostředný tlak (např. sloupek a vzpěra).

Osedlání – Spojení dvou dřev ležících v různých rovinách, z nichž jedno je opatřeno zářezem (sedlem) a druhé je zpravidla bez zářezu. Využívá se především u spojení krokve a pozednice.

Přeplátování – Do obou prvků se provede po celé ploše spoje stejný zářez, který pasuje přesně na sebe, takže hloubka přeplátování se rovná součtu hloubek obou zářezů. Zpravidla se používají tam kde se dva vodorovné nebo svislé trámy křížují.

Zapuštění – Spoj dvou vzájemně kolmých nebo šikmých dřev, přičemž čelo jednoho dřeva je zapuštěno celou dosedací plochou do výřezu ve druhém dřevu.

7 PŘÍLOHY

NÁVRH HŘEBÍKOVÉHO SPOJE

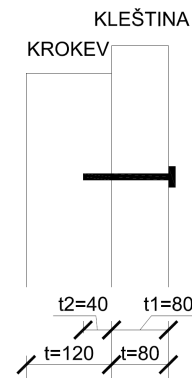
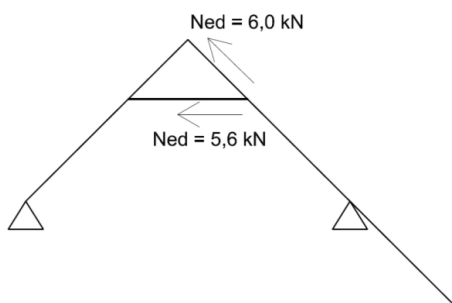
- připojení kleštiny ke krokvím
- hřebík 5,0/120
- jednostřížný spoj
- otvory pro hřebíky nejsou předvrtány

HŘEBÍK: průměr dráčky $d = 5 \text{ mm}$
 průměr hlavy $D = 12 \text{ mm}$
 délka hřebíku $l = 120 \text{ mm}$
 pevnost v tahu ocel. drátu .. $f_u = 600 \text{ MPa}$

TLOUŠŤKA PRVKŮ: kleština $t_1 = 80 \text{ mm}$
 krokev $t = 120 \text{ mm}$ » hloubka vniku hřebíku $t_2 = 40 \text{ mm}$

DŘEVO: charakt. hustota dřeva kleštiny $\rho_{k1} = 340 \text{ kg/m}^3$
 charakt. hustota dřeva krokve $\rho_{k2} = 340 \text{ kg/m}^3$

PŮSOBÍCÍ SÍLY: kleština $N_{ED} = -5,6 \text{ kN}$
 krokev $N_{ED} = -6,0 \text{ kN}$



- charakteristická pevnost v otláčení v dřevěném prvku (stěny otvoru) $f_{h,k}$

$$f_{h,k,1} = f_{h,k,2} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} = 0,082 \cdot 340 \cdot 5,0^{-0,3} = 17,203 \text{ MPa}$$

- návrhová pevnost v otláčení v dřevěném prvku $f_{h,d}$

$$f_{h,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{h,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{17,203}{1,3} = 11,91 \text{ MPa}$$

- poměr mezi pevnostmi v otláčení prvků $\beta = \frac{f_{h,k,2}}{f_{h,k,1}} = \frac{17,203}{17,203} = 1$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti hřebíku $M_{y,Rk}$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 5,0^{2,6} = 11819 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

- návrhová hodnota plastického momentu únosnosti hřebíku $M_{y,Rd}$

$$M_{y,Rd} = \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_M} = \frac{11819}{1,3} = 9091,54 \text{ Nmm}$$

- charakteristická osová únosnost na vytažení hřebíku $f_{ax,k}$

$$f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 340^2 = 2,312$$

- charakteristická pevnost na vytažení hřebíku $F_{ax,d}$

$$F_{ax,d} = k_{MOD} \cdot \frac{F_{ax,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{924,8}{1,3} = 640,25 \text{ MPa}$$

- charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho hřebíku $F_{v,Rk}$

$$F_{v,Rk} = \min \{A, B, C, D, E, F\} \Rightarrow F_{v,Rk} = 1,44 \text{ kN}$$

A) $F_{v,Rk,1} = f_{h,k,1} \cdot t_1 \cdot d = 17,203 \cdot 80 \cdot 5,0 = 6881 \text{ N} = 6,88 \text{ kN}$

B) $F_{v,Rk,2} = f_{h,k,1} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta = 17,203 \cdot 40 \cdot 5,0 \cdot 1,0 = 3,44 \text{ kN}$

C)
$$F_{v,Rk,3} = \frac{f_{h,k,1} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,d}}{4} =$$

$$= \frac{17,203 \cdot 80 \cdot 5,0}{1 + 1} \left[\sqrt{1 + 2 \cdot 1^2 \left[1 + \frac{40}{80} + \left(\frac{40}{80} \right)^2 \right] + 1^3 \left(\frac{40}{80} \right)^2} - 1 \left(1 + \frac{40}{80} \right) \right] + \frac{640,25}{4} = 1,44 \text{ kN}$$

D)
$$F_{v,Rk,4} = 1,05 \cdot \frac{f_{h,k,1} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k,1} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,d}}{4} =$$

$$= 1,05 \cdot \frac{17,203 \cdot 80 \cdot 5,0}{2 + 1} \left[\sqrt{2 \cdot 1 \cdot (1 + 1) + \frac{4 \cdot 1 \cdot (2 + 1) \cdot 11819}{17,203 \cdot 5 \cdot 80^2}} - 1 \right] + \frac{640,25}{4} = 2,72 \text{ kN}$$

E)
$$F_{v,Rk,5} = 1,05 \cdot \frac{f_{h,k,1} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k,1} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,d}}{4} =$$

$$= 1,05 \cdot \frac{17,203 \cdot 40 \cdot 5,0}{1 + 2 \cdot 1} \left[\sqrt{2 \cdot 1^2 \cdot (1 + 1) + \frac{4 \cdot 1 \cdot (2 + 1) \cdot 11819}{17,203 \cdot 5 \cdot 40^2}} - 1 \right] + \frac{640,25}{4} = 1,66 \text{ kN}$$

F)
$$F_{v,Rk,6} = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k,1} \cdot d} + \frac{F_{ax,d}}{4} = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{1 + 1}} \cdot \sqrt{2 \cdot 11819 \cdot 17,203 \cdot 5,0} + \frac{640,25}{4} = 1,80 \text{ kN}$$

- počet hřebíků ve spoji

krokev: $n_{hř,1} \geq \frac{N_{ed}}{n_s \cdot F_{v,Rk}} = \frac{6,0}{1 \cdot 1,44} = 4,17 \Rightarrow 5 \text{ ks}$

kleština: $n_{hř,2} \geq \frac{N_{ed}}{n_s \cdot F_{v,Rk}} = \frac{5,6}{1 \cdot 1,44} = 3,88 \Rightarrow 4 \text{ ks}$

N_{ed} ... osová síla v připojovaném prutu

n_s ... počet rovin stříhu

$n_{hř} = \max \{n_{hř,1}; n_{hř,2}\} \Rightarrow n_{hř} = 5 \text{ ks} \dots \text{NUTNÝ POČET HŘEBÍKŮ V 1 SPOJI}$

POZNÁMKY:

- minimální hloubka zaražení = $8d = 8 \cdot 5,0 = 40 \text{ mm}$
 $t_2 \geq 40 \text{ mm}$
 $40 \geq 40 \text{ mm}$ **VYHOVUJE** - stříhová rovina se považuje za nosnou
- minimální počet hřebíků v nosném spoji je 4 ks
 $n_s \geq 4 \text{ ks}$
 $5 \geq 4 \text{ ks}$ **VYHOVUJE**
- oslabení v jehličnatém dřevě pro hřebíky do průměru 5,6 mm včetně se neuvažuje
 $d = 5,0 \text{ mm}$ **OSLABENÍ SE NEUVAŽUJE**
- dřevo se nepředvrtává, pokud hustota dřeva $\rho_k < 500 \text{ kg/m}^3$ a průměr dřívku hřebíku $d < 8 \text{ mm}$
 $\rho_k = 340 \text{ kg/m}^3$
 $d = 5,0 \text{ mm}$ **DŘEVO SE NEPŘEDVRTÁVÁ**

8 ZÁVĚR

Bakalářská práce zpracovává druhy střech, střešních konstrukcí a krovů, dále je zpracován statický výpočet dřevěného krovu rodinného domu. Závěrečná část práce je věnována teorii spojů a návrhu jednostřížného hřebíkového spoje, který je použit pro spojení kleštiny a krokve.

Konstrukce krovu je rozdělena na hlavní a vedlejší část, dále jsou vypracovány dvě varianty podepření, dle způsobu připevnění krokví k pozednicím. První varianta je řešena jako neposuvné podepření obou podpor, druhá varianta jako částečně posuvné podepření, kdy jedna podpora je pevná, druhá posuvná. Posudek je proveden vždy v každé části konstrukce, v jednom řezu, u každé varianty.

Krokev je k pozednici připojena pomocí tesařského spoje, tzv. osedlání. V místě připojení dochází ale k oslabení profilu krokve, proto byl posouzen prvek i se zohledněním tohoto oslabení (viz kapitola 5.3). Pokud se neuvažuje s oslabením, krokev počítáme s plným průřezem, konstrukce těsně vyhoví a přenesení dané zatížení. Malá rezerva je především v řezu hlavní částí krovu, což je způsobeno převislým koncem střechy v kombinaci se zatížením sněhem. V případě, že uvažujeme s oslabením krokve, nevyhoví cca o 7%. To je dáno tím, že střecha byla před deseti lety, kdy se krov navrhoval, posuzován podle tehdejších norem. Nynější výpočet je proveden podle platných a přísnějších Eurokódů a normy ČSN 731702 Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných staveb. konstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Konstrukce nespadne, jen bych doporučila, především v zimních měsících, při zatížení střechy velkým množstvím sněhu, vizuálně sledovat chování konstrukce. Věnovat pozornost je důležité hlavně převislému konci, který se bude prohýbat.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [2] ČSN EN 1990-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [3] ČSN EN 1990-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [4] ČSN EN 1990-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [5] ČSN EN 1995-1-1. Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí, část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [6] ČSN 73 1702: Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [7] ČSN 73 1901: Navrhování střech - Základní ustanovení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví, 2011.
- [8] KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. 1. vydání. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2005. 171 s. ISBN 80-867-6972-0.
- [9] STRAKA Bohumil a Karel SÝKORA. *Dřevěné konstrukce: Modul BO03 - M03 Spoje dřevěných konstrukcí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební.
- [10] HÁJEK, Václav. *Pracujeme na střeše*. 2. přepracované vydání. Praha: Sobotáles, 2000. 299 s. ISBN 80-85920-68-9.
- [11] MIKULKA, Lumír. *Dřevo od A do Z*. 3. vydání. Čestlice: Rebo Productions CZ, 2006. 427 s. ISBN 978-80-255-0389-8.
- [12] MATĚJKA, Libor. *Pozemní stavitelství III: Modul BH05 - Šikmé a strmé střechy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2005. 321 s.
- [13] *Jaké jsou vlastnosti a použití vodorovné nosné konstrukce*. [online]. 2011 [cit. 2013-01-08]. Dostupné na: <<http://www.naseinfo.cz/stavby-a-stavebnictvi/horni-stavba/nosne-konstrukce/jake-jsou-vlastnosti-a-pouziti-vodorovne-nosne-konstrukce>>.
- [14] *Krovy a vazníky 2. část*. [online]. 2012 [cit. 2013-01-08]. Dostupné na: <<http://www.krytiny-strechy.cz/aktuality/?nid=6881>>.
- [15] *Tesařské práce - Nosné konstrukce střech*. [online]. 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné na: <<http://strechy.mistecko.cz/tesarske-prace>>.
- [16] *Tesařské spoje*. [online]. 2012 [cit. 2013-01-08]. Dostupné na: <http://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/serial-tesarske-konstrukce-vlastnosti-dreva-rozdeleni-reziva-tesarske-spoje-2-dil/>.
- [17] ČMIEL, Filip a Zdeněk PEŘINA. *Zastřešení budov*. [online]. 2004 [cit. 2012-01-14]. Dostupné na: <<http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FAST/PS2/zastreseni-budov.html>>.
- [18] PONČAROVÁ, J. *Pultová střecha: Skladba a konstrukce*. [online]. 2011 [cit. 2013-04-08]. Dostupné na: <<http://www.realityp.cz/pultova-strecha-vyhody-a-nevyhody/>>.
- [19] *Krovy - střechy*. [online]. 2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné na: <<http://www.tesarskeprace.estranky.cz/clanky/rubriky/krovy.html>>.
- [20] *Krov*. [online]. 2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné na: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Krov#Z.C3.A1kladn.C3.AD_prvky>.
- [21] *Krovy*. [online]. 2012 [cit. 2013-04-08]. Dostupné na: <<http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/krovy>>.