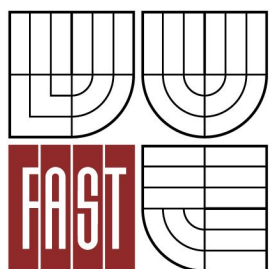




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍ MECHANIKY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STRUCTURAL MECHANICS

NÁVRH A POSOUZENÍ SANACE HISTORICKÉ DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE

DESIGN AND ASSESSMENT OF RECONSTRUCTION OF HISTORICAL TIMBER STRUCTURE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

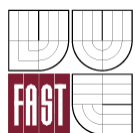
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

L'UBICA NOVÁKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LUDĚK BRDEČKO, 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 3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště Ústav stavební mechaniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student L'ubica Nováková

Název Návrh a posouzení sanace historické dřevěné konstrukce

Vedoucí bakalářské práce Ing. Luděk Brdečko, 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

- 1] EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.
- [2] EN 1991-1-1-1 Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.
- [3] EN 1991-1-1-3 Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.
- [4] EN 1991-1-1-4 Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.
- [5] EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí, Část 1-1: Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [6] ČSN 73 1702: Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby
- [7] BOHUMIL KOŽELOUH (překlad a redakce) Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, Step 1: Navrhování a konstrukční materiály, KODR, Zlín, 2004.
- [8] BOHUMIL KOŽELOUH (překlad a redakce) Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, Step 2: Navrhování detailů a nosných systémů, KODR, Zlín, 2004.
- [9] BOHUMIL KOŽELOUH (překlad a redakce) Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí, Komentář k ČSN 73 1702, ČKAIT, Praha, 2008.

Zásady pro vypracování

Práce se bude zabývat návrhem a posouzením sanace krovu historické budovy zámku Žehušice. Krovy jsou poškozeny nákazou a je třeba vyměnit části jednotlivých prvků krovu. Je třeba dbát požadavků památkové péče na tuto sanaci.

Součástí práce bude statická analýza krovu podle současných předpisů, která určí napjatostní stav konstrukce. Dále bude proveden návrh spojů nových a původních částí prvků.

Předepsané přílohy

.....
Ing. Luděk Brdečko, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalárka práca „Návrh a posouzení sanace historického dřevěné konstrukce“ sa zaoberá návrhom a posúdením nových nahradených prvkov – protéz. Rieši taktiež návrh a posúdenie spojov nových prvkov s pôvodnými. Protézy je nutné navrhnuť z dôvodu zisteného poškodenia historického dreveného krovu v komplexe Zámok Žehušice. Na základe projektovej dokumentácie je vytvorený výpočtový model vybraného charakteristického výseku konštrukcie. Spoje a nové prvky sú posúdené na prvý medzný stav – medzný stav únosnosti. Na analýzu priestorového modelu je použitý program SCIA Engineer 2012.

Klíčové slová

Drevená konštrukcia

Krov

Výpočtový model

Sanácia

Svorníkový spoj

Abstract

Bachelor's thesis "Design and evaluation of rehabilitation of historic timber structures" is engaged in design and evaluation new replacement elements – proteases. It solved also design and evaluation connections between new and original elements. Proteases are designed, because of damage historic timber structure in complex Castle Žehušice. On the basis of project documentation is created computational model of characteristic structure section. Connections and new elements are assessed on the first limit state – Ultimate limit state. For the analysis computational model is used program SCIA Engineer 2012.

Keywords

Timber structure

Truss

Computational model

Redevelopment

Bolted connection

Bibliografická citace VŠKP

NOVÁKOVÁ, Lubica. *Návrh a posouzení sanace historické dřevěné konstrukce*. Brno, 2013. 53 s., 62 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky. Vedoucí práce Ing. Luděk Brdečko, Ph.D..

Prohlášení:

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

V Brně dne 24.5.2013

.....
podpis autora
Ľubica Nováková

Pod'akovanie

Týmto by som chcela poďakovať pánu Ing. Lud'kovi Brdečkovi, Ph.D. za odborné vedenie bakalárskej práce, za jeho trpezlivosť, ochotu a dobré rady. Ďalej by som chcela poďakovať svojej rodine za to, že mi umožnili študovať na tejto vysokej škole a za podporu pri štúdiu, ktorú mi poskytli.

V Brně dňa 24.5.2013

.....
podpis autora

Obsah

1. Úvod	2
2. História	3
3. Popis konštrukcie	
3.1 Všeobecný popis konštrukcie	5
3.2 Poškodenie konštrukcie	6
3.2.1 Stropná konštrukcie	6
3.2.2 Strešná konštrukcia	6
4. Popis statického modelu	
4.1 Plná väzba	8
4.2 Horná väzba	9
4.3 Šikmé vzpery	10
4.4 Vázný trám	11
4.5 Spoj krokve a väznice	12
4.6 Podmienky na osiach symetrie modelu	
4.6.1 Okrajové podmienky na väzniciach	12
4.6.2 Okrajové podmienky na krokvách	13
5. Zaťažovacie stavy	
5.1 LC1 Vlastná tiaž	14
5.2 LC2 Stále zaťaženie	14
5.3 LC3 Sneh, plný	15
5.4 LC4 Sneh, ľavá polovica zaťažená plne, pravá polovične	15
5.5 LC5 Sneh, ľavá polovica zaťažená polovične, pravá plne	16
5.6 LC6 Vietor, $\theta=0^\circ$ - z ľavej strany	17
5.7 LC7 Vietor, $\theta=0^\circ$ - z pravej strany	18
5.8 LC8 Vietor, $\theta=90^\circ$	18
5.9 LC9 Úžitkové zaťaženie	19
6. Kombinácie	20
7. Vnútorne sily	
7.1 Väznica	21
7.2 Krokva	23
7.3 Vázný trám	24
7.4 Pásiky	24
7.5 Šikmý stĺpik	25
7.6 Šikmé vzpery	27
7.7 Rozpera	28
7.8 Hambálok	28
7.9 Horný hambálok	29
7.10 Horná krokva	30
8. Rezy	
8.1 Rez 1-1', Väznica	31
8.2 Rez 2-2', Vázný trám	32
8.3 Rez 3-3', Šikmý stĺpik	34
8.4 Rez 4-4', Krokva	36

9. Posúdenie prvkov	
9.1 Posúdenie na ťah	38
9.2 Posúdenie na tlak	38
9.3 Posúdenie na ohyb	38
9.4 Posúdenie na šmyk	39
9.5 Posúdenie na kombináciu ťahu a ohybu	39
9.6 Posúdenie na kombináciu tlaku a ohybu	40
10. Posúdenie spojov	
10.1 Únosnosť spojovacieho prostriedku	41
10.2 Svorníkový spoj	42
10.3 Rozstupy spojovacích prostriedkov	42
10.4 Posúdenie	43
11. Návrh spojov	
11.1 Spoj v reze 1-1', väznica	45
11.2 Spoj v reze 2-2', väzný trám	46
11.3 Spoj v reze 3-3', šikmý stĺpik	47
11.4 Spoj v reze 4-4', krokva	48
12. Záver	49
13. Literatúra	50
14. Zoznam použitých skratiek	51
15. Zoznam príloh	53
16. Prílohy	54

1. Úvod

V tejto bakalárskej práci sa budem zaoberať sanáciou a nahradením poškodených častí historického krovu. Rekonštruovaná konštrukcia je jednou z budov nachádzajúcich sa v zámockom komplexe Zámku Žehušice.

Poškodenie konštrukcie bolo spôsobené škodcami, pôsobením vody, zatekaním do konštrukcie strechy, hnitím nosných prvkov. Porušené časti budú nahradené novými prvkami, je však nutné zabezpečiť dostatočne únosné spojenie medzi novými a starými prvkami. Vzhľadom na zložitosť pôdorysného a konštrukčného usporiadania strešnej konštrukcie je nutné vytvoriť priestorový statický model, pomocou ktorého budú vypočítané vnútorné sily v nosných prvkoch konštrukcie. Zameranie objektu a posúdenie stavu poškodenia bolo prevzaté z firmy A+Z Projekt Team s.r.o., ktorá túto rekonštrukciu realizovala. Medzi poškodené prvky patrí šikmý stĺpik, krokva a väzný trám, ktorý sa nachádza v plnej väzbe sedlovej strechy. Poškodenie sa taktiež vyskytuje na spodnej väznici.

Rekonštrukcia poškodených častí bude realizovaná pomocou protéz, teda odrezaním poškodeného prvku a jeho náhradou novým prvkom, za predpokladu zabezpečenia dostatočnej únosnosti celej konštrukcie.

Pôvodná konštrukcia nebude posudzovaná. Predpokladáme, že konštrukcia má dostatočnú únosnosť a teda nebude predmetom posudku.

2. História

V roku 1661 kúpil Žehušice Michal Osvald Thun-Hohenstein, ktorému pôvodná žehušický zámok nevyhovoval a tak si dal vybudovať staviteľom Francescom Carattim ranne barokový zámok. Podľa letopočtu nad hlavným portálom bola stavba ukončená v roku 1679. Portál je doplnený znakom stavebníka. Okolie zámku bolo upravené na francúzsky park. K rozsiahlym prestavbám došlo na začiatku 19. Storočia za Jozefa Matyáše Thura. Po skončení prestavby v roku 1826 sa stal zámok moderným vidieckym sídlom. K severnej strane zámku boli pristavené budovy hospodárske a pre obydlie služobníctva. Cez cestu, naproti novej bráne bola postavená jazdiareň, koniareň a budova s úradníckymi bytmi. Zámok tak bol oddelený od hospodárskych budov. Rozsiahli komplex parku sa stal vzorom pre úpravu rady okolitých šľachtických sídel. Po roku 1948 zámok slúžil pre potreby školstva. Po roku 1989 bol vrátený v reštitúcii a v súčasnosti je vo veľmi zanedbanom stave. [9]



Obr. 2.1 Komplex Zámok Žehušice



Obr. 2.2 Historická fotografia Zámku Žehušice



Obr. 2.3 Portál so znakom stavebníka

3. Popis konštrukcie

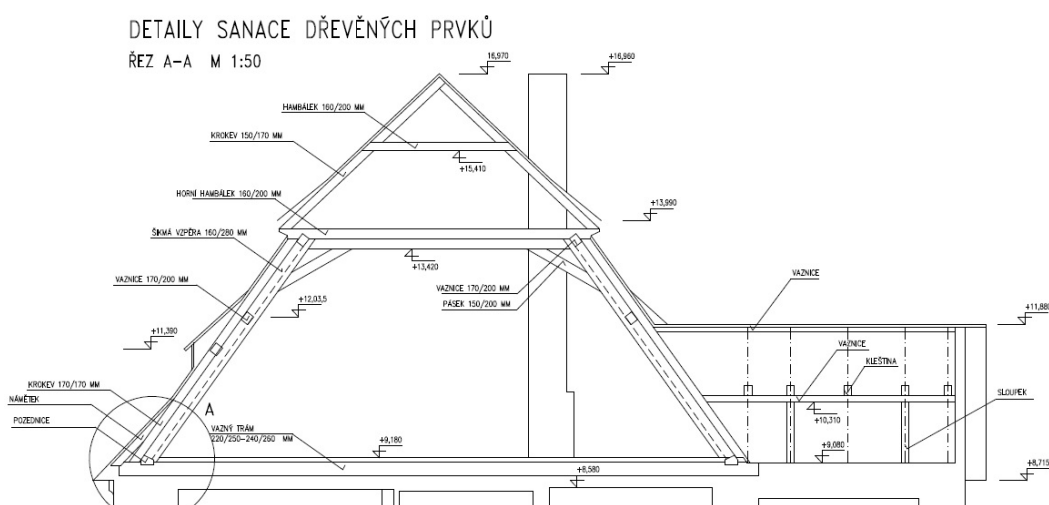
3.1 Všeobecný popis konštrukcie

V tejto kapitole je uvedený stručný popis posudzovanej konštrukcie. Je výťahom z technickej správy, poskytnutej od firmy A+Z Projekt Team s.r.o., ktorá danú rekonštrukciu realizovala.

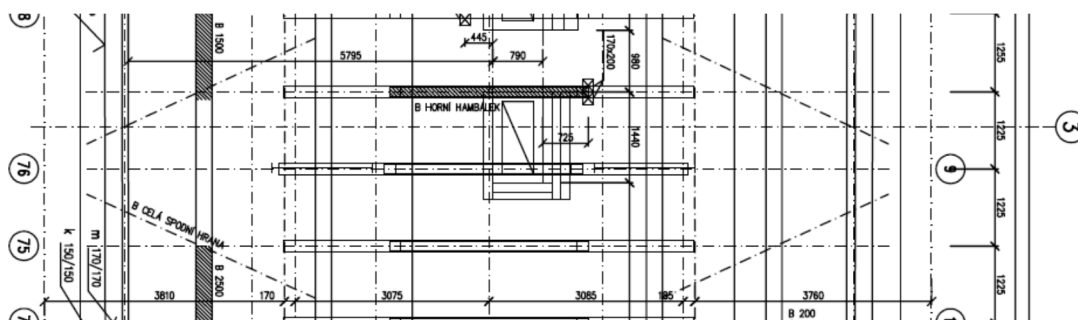
Koniareň a jazdiareň sú samostatne stojace objekty zámockého komplexu Zámku Žehušice, pochádzajú podľa prvého dostupného materiálu z roku 1679. Pod časťou koniarne preteká pod úrovňou 1NP mlynský vodný náhon. Koniareň od jazdiarne oddeľuje zaklenutý prejazd v 1NP. V podkroví sú koniareň a jazdiareň voľne prepojené. V mieste prepojenia bolo ponechaná konštrukcia valby z doby, kedy koniareň mala len 1NP a podkrovie. Pri dostavbe 2NP nad priestorom vlastnej koniarne bola postavená nová manzardová strecha rovnakého vzhľadu ako u jazdiarne. Vzhľadom na menší rozmer šírky koniarne oproti jazdiarni sú spády oboch striech totožné, iba hrebene nie sú v rovnakej úrovni. Konštrukcia Koniarne a Jazdiarne je symetrická podľa pozdĺžnej osi objektu. V záväznosti striech boli vytvorené úžľabia, ktoré vznikli dostavbou krovu Koniarne k valbe strechy Jazdiarne. V dobe dostavby Koniarne bol na západnej strane objektu v 2NP pristavený schodišťový. Je zastrešený sedlovou strechou s hrebeňom kolmým na pozdĺžnu osu sedlovú strechu.

Stropná konštrukcia nad 1.NP je dvojité, je tvorená stropnými drevenými trámami so záklopom, podbíjaním a rákosovou omietkou. Nad záklopom je medzera 0 až 170 mm pod spodnou hranou väzných trámov v plných i jalových väzbách. Nad týmito väznými trámami je drevený záklop, podsyp a hlinená dlažba hrúbky 70 mm.

Strešná konštrukcia barokovej manzardovej strechy je hambáľkovej sústavy s dvojnásobným vzperadlom (šikmé stĺpiky) v plných väzbách. Jalové väzby strechy sú hambáľkovej sústavy, s dvoma hambáľkami. Horný hambáľok je rozpera medzi krokvi. Dolný hambáľok horných krokiev je podopieraný väznicou. Vážnica je uložená na šikmých stĺpikoch plných väzieb a zároveň tvorí horný pás konštrukcie pozdĺžneho stuženia v strešnej rovine. Dolné hambáľky presahujú strednú väznicu a vytvára tak po osedlaní horných krokiev s námetkom manzardu.



Obr.3.1 Rez krovom



Obr.3.2 Výšek pôdorysu, ktorý bol modelovaný v programe Scia Engineering

3.2 Poškodenie konštrukcie

3.2.1 Stropná konštrukcia

Makroskopicky bolo prieskumom zistené biologické poškodenie drevokaznými hubami a drevokazným hmyzom. Drevokazné huby spôsobujú poškodenie celulóúvorné.

Podľa zistenia miery porušenia jednotlivých prvkov je nutné odstrániť porušenia odtesaním, náhradou častí prvkov s poškodením 30 – 70 mm (pri zachovaní min.2/3 prierezu) s vložení nových impregnovaných časti do prvkov a poistiť ich príložkami. Značne porušené časti prvkov je nutné nahradiť, tzv. protézou. (časť daného prierezu prvku danej dĺžky).



Obr. 3.2.1 Porušenie väzného trámu

3.2.2 Strešná konštrukcia

Strešná konštrukcia v miestach bez porušenia nevykazuje viditeľné deformácie, ani poruchy v spojoch. Miesta , kde došlo k poškodenie ,predovšetkým u päty krovu, sú deformované a je nutné ich opraviť.

Biotickým prieskumom bolo zistené, že krov je na mnohých miestach výrazne poškodený. Sú to miesta prevažne v spodnej časti krovu, ktoré sú v trvalom kontakte s murivom.

Tieto mieste je nutné nahradiť protézami, ktoré je nutné prepojiť so zvyškom krovu dostatočne únosnými spojeniami. Môžu byť taktiež rekonštruované vložением nových impregnovaných častí do prvkov a ich posílením príložkami.



Obr. 3.2.2 Porušenie nosných prvkov krovu

4. Popis statického modelu

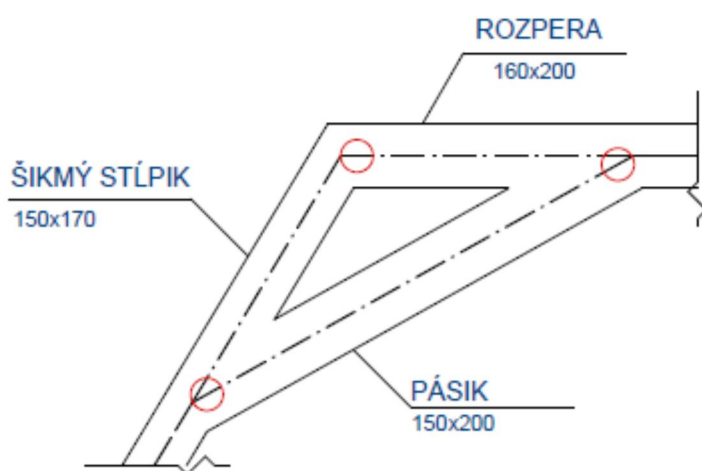
Vzhľadom k zložitosti projektovaného pôdorysu modelovaného krovu, bol vytvorený priestorový model typického výrezu krovu. Modelovanú pôdorysnú časť krovu môžeme vidieť na obr.3.2. Priestorový statický model bol vytvorený na základe pôvodnej stavebnej dokumentácie, pôdorysu a rezu strešnej konštrukcie. Statický model bol vytvorený v programe Scia Engineering 2012.

4.1 Plná väzba

Plná väzba je tvorená páskami, šikmými stĺpmi a rozperou. Spoje medzi týmito prvkami musia zabezpečiť prenos vnútorných síl.

Spoj medzi páskami a šikmými stĺpmi je zabezpečený kĺbovým spojením. Kĺb sa nachádza na páskach. Tento kĺb zabezpečuje, aby do páskou nebol vnášaný moment zo stĺpiku ale aby boli prenášané normálové sily spôsobené zaťažením od vetra. Pásky zabezpečujú priečnu stabilitu krovu.

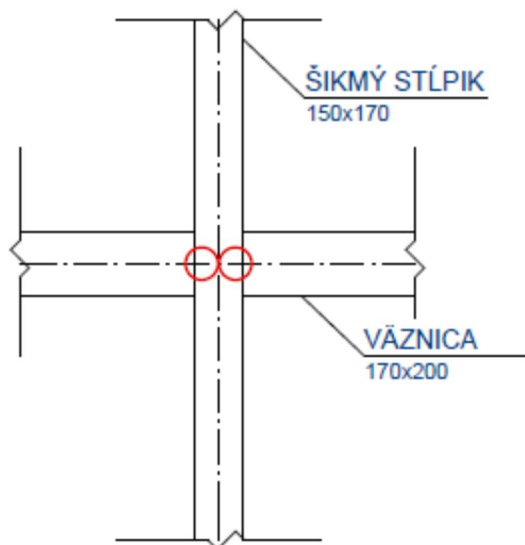
Spoj medzi pásikom a rozperou je tvorený taktiež kĺbom a kĺb sa nachádza na pásku. Do pásku sa neprenášajú momenty z rozpery ale prenáša normálové sily.



Obr. 4.1 Spôsob napojenia hornej časti plnej väzby

Rozpera je kĺbovo pripojený k hornej väznici. Pootočenie v smere y je voľné, ostatným pootočeniam a posunom je zamedzené tuhým spojením.

Pripojenie spodnej väznice so šikmým stĺpikom je zabezpečené kĺbmi na oboch stranách stĺpiku. Je zamedzené posunu vo všetkých troch smeroch ale pootočenie je voľné. Je tak zamedzené prenosu momentu z väzníc do stĺpika.



Obr. 4.1.2 Spôsob pripojenia väznice k šikmému stĺpiku

4.2 Horná väzba

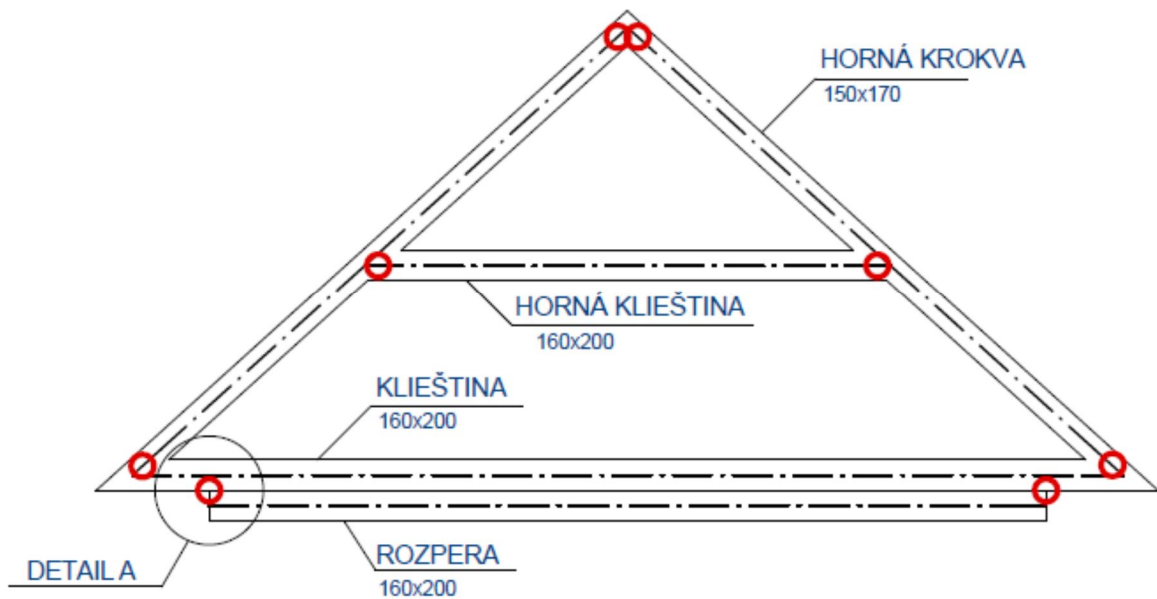
Horná väzba krovu je tvorená hornými krokvami, klieštinou a hornou klieštinou.

Krokve sú kĺbovo pripojené ku klieštine, tak že je dovolené len pootočené v smere y. Je teda zamedzené vnášaniu momentu z krokiev do klieštiny. Horná klieština je kĺbovo pripojená ku krokvám. Do horného hambálku sa teda neprenášajú momenty pôsobiace na krokvách. V tomto spojení je zamedzené posunu vo všetkých smeroch a pootočené v smere x a z. Pootočeniu v smere y nie je zabránené.

Spoj medzi krokvami je zabezpečený dvoma kĺbmi na oboch koncoch krokiev. Taktiež v tomto kĺbe je pootočené v smere y voľné.

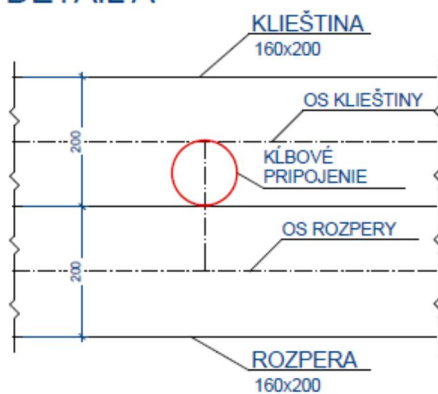
Spojenie medzi krokvami a hornou klieštinou je zabezpečené kĺbom, ktorý má voľné pootočené v smere y a nachádza sa na klieštine. Na krokve to vytvára spojitý nosník a vzniká tam maximum ohybového momentu. Spojenie medzi krokvou a horným hambálkom je podporou tohto nosníku. V tomto mieste sa teda nachádzajú záporné momenty.

Klieština je pripojená kĺbom do väznice, tak že v spoji je pootočené v smere x a z voľné a v smere y je tuhé, taktiež posunutia vo všetkých troch smeroch sú spoločné.

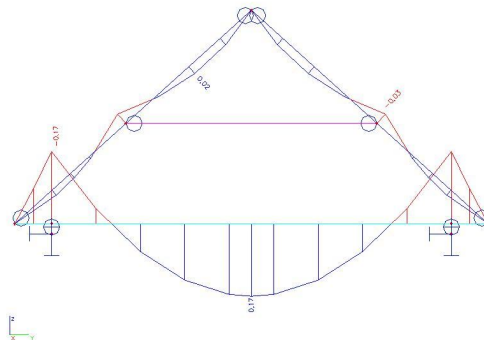


Obr. 4.2.1 Spôsob pripojenie hornej väzby

DETAIL A



Obr. 4.2.2 Detail pripojenia rozpery ku klieštine



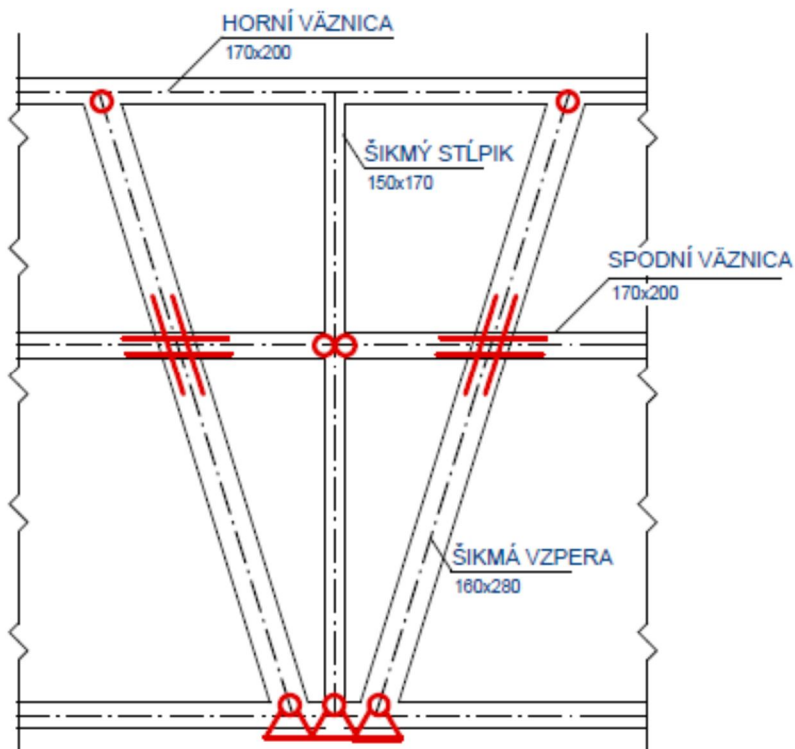
Obr.4.2.3 Priebeh ohybových momentov

4.3 Šikmé vzpery

Šikmé vzpery sú pripojené k horným a dolným väzniciam.

Spojenie s dolnými väznicami je zabezpečené krížením, ktoré umožňuje prenos posúvajúcich aj normálových síl a prenos momentov v rámci jedného prvku.

Spojenie s hornými väznicami je zabezpečené kĺbovým spojením ktoré zabraňuje posunu.



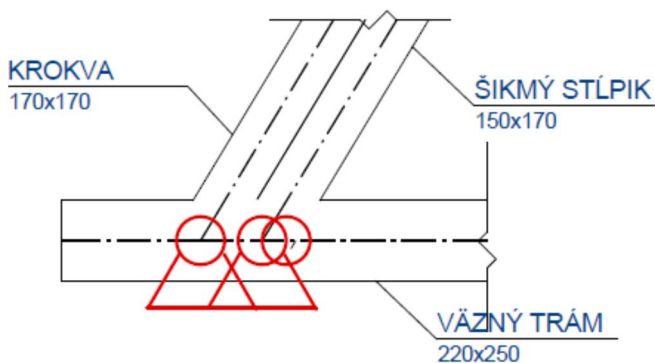
Obr. 4.3.1 Spôsob pripojenia šikmej vzpery

4.4 Vázný trám

Vázný trám je proste uložený na obvodových stenách a uprostred rozpätia nosnou stenou. Sú k nemu kĺbovo pripojené krokve. V tomto spoji je pootočenie vo všetkých troch smeroch voľné. Momenty z krokví nie sú vnášané do väzného trámu.



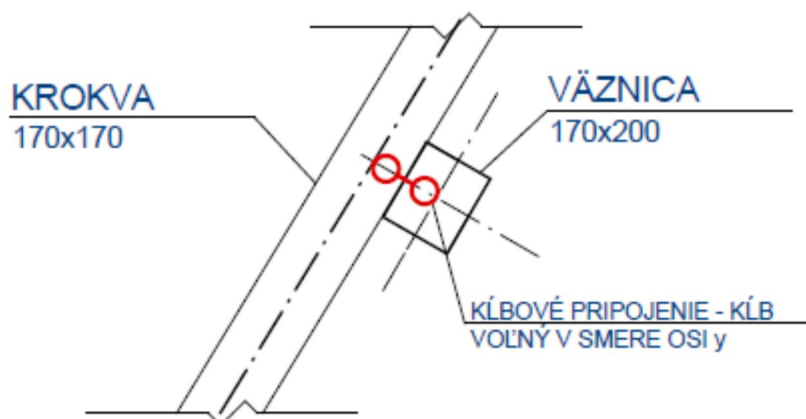
Obr. 4.4.1 Uloženie väzného trámu



Obr. 4.4.2 Uloženie krokve a šikmého stĺpika do väzného trámu

4.5 Spoj krokve a vřznice

Krokvy sů prostě uložené na vřznicích a teda v toto spojení je tiež klřbové. Pootočení v smere y je volné ostatné zložky deformácií sů tuhé.



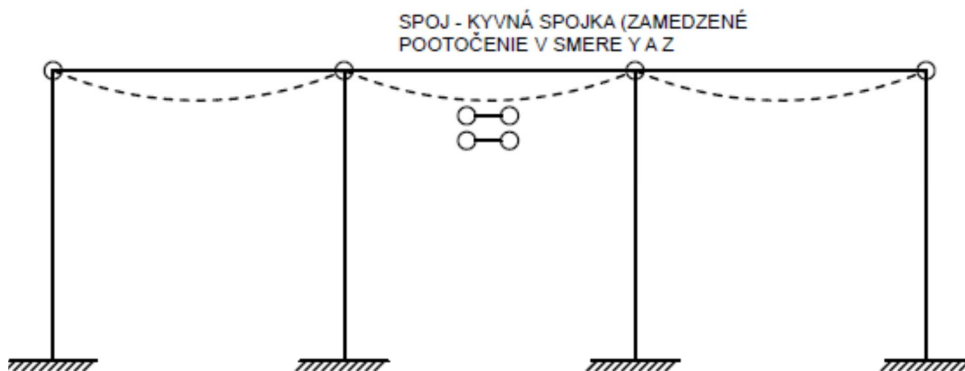
Obr.4.5 Uloženie krokve na vřznici

4.6 Podmienky na osách simetrie modelu

Keďže model predstavuje iba typický výsek zo zadanej konštrukcie musíme na okrajových krokviach a na koncoch vřzníc uviesť okrajové podmienky, ktoré nám musia zohľadňovať pôsobenie zvyšku konštrukcie na náš typický výsek.

4.6.1 Okrajové podmienky na vřznicích

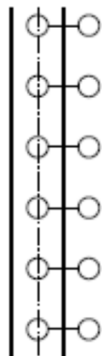
Na krajoch vřzníc je zamedzené možnosti pootočení v smere y a z. Nie je zabránené posunu v žiadnom smere, pretože konštrukcia spolupôsobí a teda posuny sa môžu prenášať.



Obr. 4.6.1 Podmienky na ose symetrie

4.6.2 Okrajové podmienky na krokách

Krokvy aj väzný trám má na ose symetrie polovičný profil, a teda aj polovičnú tuhosť. Je zabránené posunu v smere y , pootočeniu v smere x a v smere z .

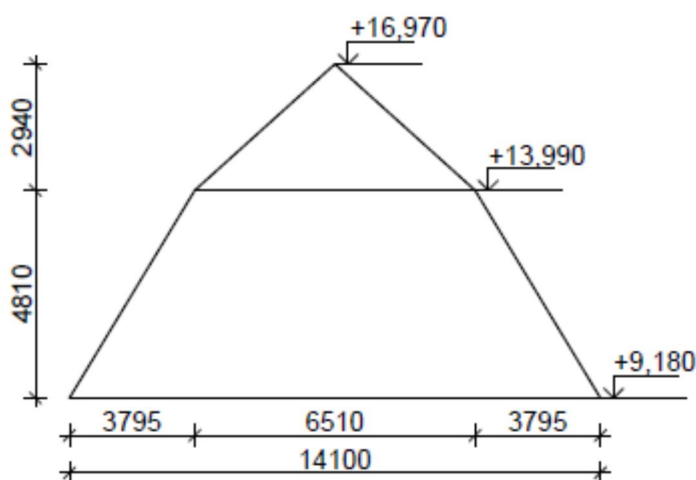


Obr. 4.6.2 Podmienky na ose symetrie na krokách

5. Zat'azovacie stavy

5.1 LC1 Vlastná tiaž

Vlastná tiaž konštrukcie je vypočítaná automaticky programom Scia Engineer podľa zadaných vstupných dát. Závisí hlavne na profile prvku teda na jeho objeme a jeho objemovej hmotnosti. Tento krov je konštruovaný z dreva pevnosti C22. Hustota tejto pevnosti dreva je $\delta_k=340 \text{ kg/m}^3$.



Obr. 5.1 Geometria konštrukcie

5.2 LC2 Stále zat'aženie

Stále zat'aženie konštrukcie je tvorené strešným plášťom, ktorý pozostáva zo smrekových dosiek hrúbky 25 mm a tašiek bobroviiek.

Stále zat'aženie pôsobiace na väzný trám je spôsobené vlastnou tiažou podlahy.

Strešný plášť:

Dosky hr. 25 mm (smrek) – objemová hmotnosť: 470 kg/m^3

Tašky bobrovky - tiaž: $1 \text{ m}^2 - 61,2 \text{ kg}$

Stále zat'aženie od strešného plášťa je teda **$g = 0,8936 \text{ kN/m}$** .

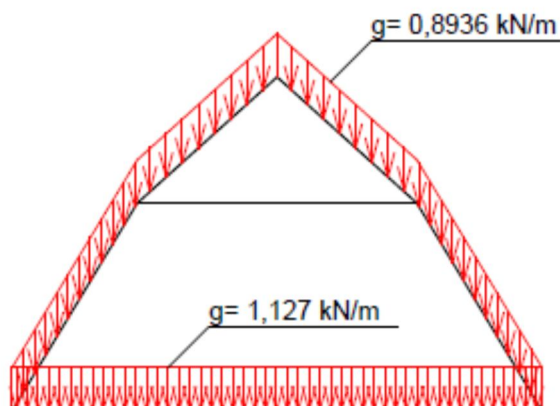
Skladby podlahy nad 2.NP:

Záklop

Tepelná izolácia

2x Cetris dosky 12 mm

Stále zat'aženie od podlahy je teda **$g = 0,92 \text{ kNm}^{-2}$**

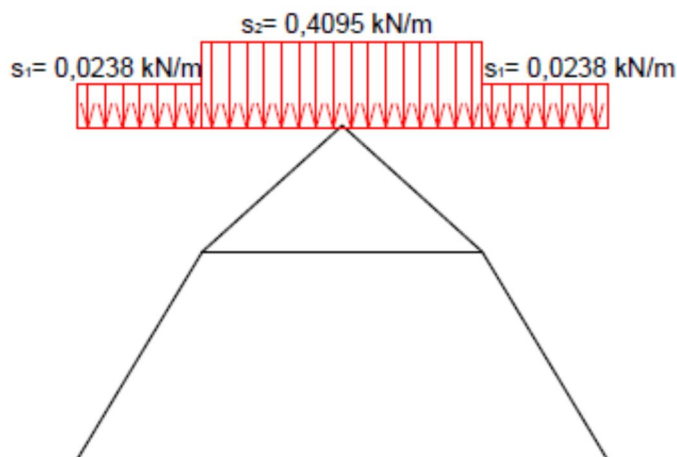


Obr. 5.2 Pôsobenie stáleho zaťaženia

5.3 LC3 Sneh, plný

Zaťaženie snehom sa vypočíta podľa normy ČSN EN 1991-1-3. Závisí na lokalite, na sklone strechy, tvare strechy a na topografii. Žehušice ležia v I. snehovej oblasti a teda charakteristická hodnota zaťaženia snehom $s_k = 0,7 \text{ kPa}$. Konštrukcia sa nachádza v normálnej topografii, čo znamená, že nedochádza k výraznému premiestneniu snehu vetrom kvôli okolitému terénu, iným stavbám alebo stromom.

Strecha je sedlová, musíme však vypočítat' zaťaženie snehom pre dva meniace sa sklony strechy. Potom zaťaženie snehom na spondej časti strechy je rovný $s_1 = 0,0238 \text{ kN/m}$ a zaťaženie na vrchnej časti strechy je rovný $s_2 = 0,4095 \text{ kN/m}$.

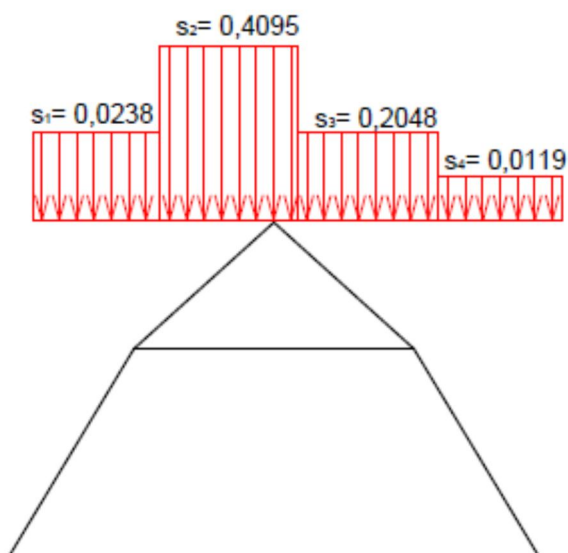


Obr. 5.3 Pôsobenie zaťaženia od snehu – plného.

5.4 LC4 Sneh, ľavá polovica zaťažená plne, pravá polovične

Zaťažovací stav 4 počíta s tým, že počas sneženie bude tiež na konštrukciu pôsobiť zaťaženie vetrom a preto na ľavej polovici konštrukcie bude dvakrát viac snehu ako na tej pravej. Na pravej strane konštrukcie bude teda polovičné zaťaženie snehom. Taktiež sa zaťaženie bude

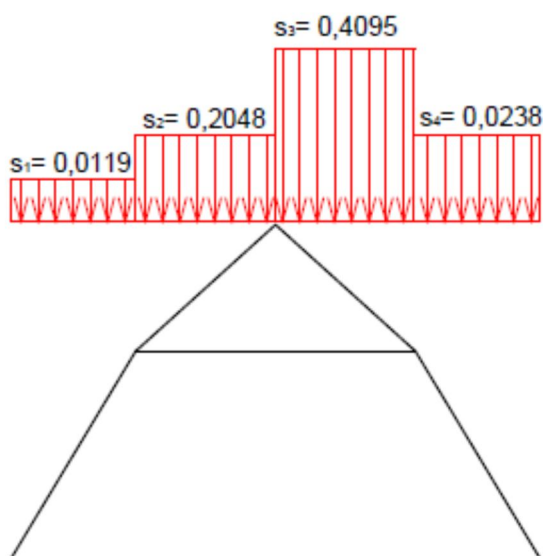
menit' podľa sklonu strechy. V spodnej časti strechy na pravej strane bude pôsobiť zaťaženie $s_1=0,0119$ kN/m a zaťaženie na vrchnej časti strechy je rovný $s_2= 0,2048$ kN/m. Vo spodnej časti strechy na ľavej strane bude pôsobiť zaťaženie $s_3=0,0238$ kN/m a zaťaženie na vrchnej časti strechy je rovný $s_4= 0,4095$ kN/m.



Obr. 5.4 Pôsobenie zaťaženia snehom, ľavá polovica plným pravá polovica zaťažená polovične.

5.5 LC5 Sneh, ľavá strana zaťažená polovične, pravá plne

Zaťažovací stav bude zrkadlovo otočený k zaťažovaciemu stavu 4. Na pravej strane strechy bude pôsobiť plné zaťaženie snehom a na ľavej strane bude pôsobiť polovičné zaťaženie snehom. V spodnej časti strechy na pravej strane bude pôsobiť zaťaženie $s_1=0,0238$ kN/m a zaťaženie na vrchnej časti strechy je rovný $s_2 = 0,4095$ kN/m. Vo spodnej časti strechy na ľavej strane bude pôsobiť zaťaženie $s_3=0,0119$ kN/m a zaťaženie na vrchnej časti strechy je rovný $s_4= 0,2048$ kN/m.



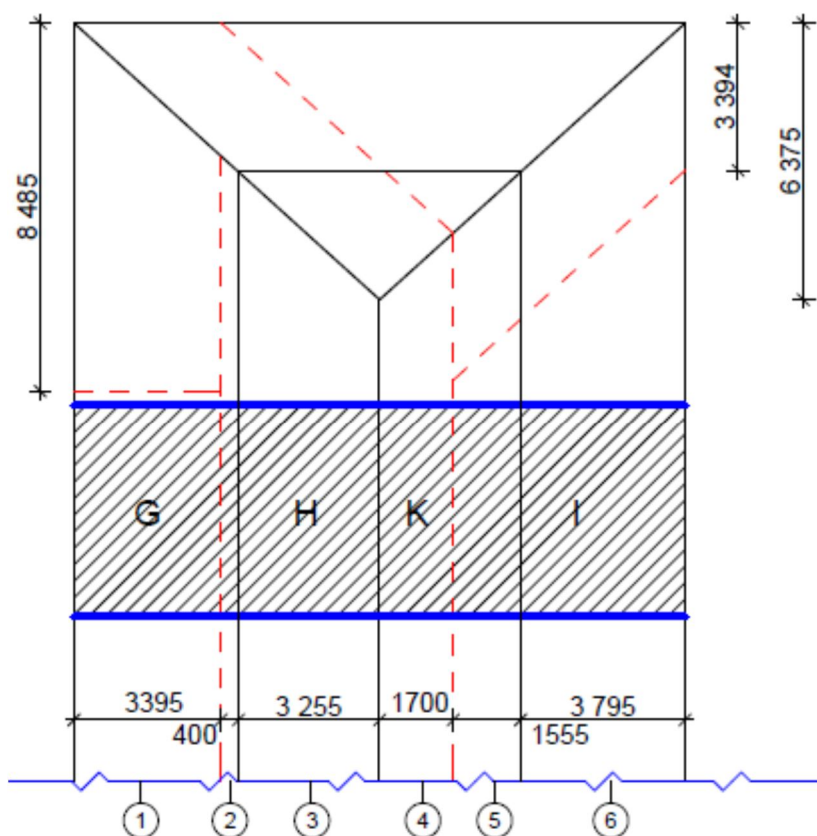
Obr. 5.5 Pôsobenie zaťaženia snehom, ľavá polovica polovičným zaťažením, pravá polovica plným zaťažením.

5.6 LC6 Vietor, $\theta=0^\circ$ - z ľavej strany

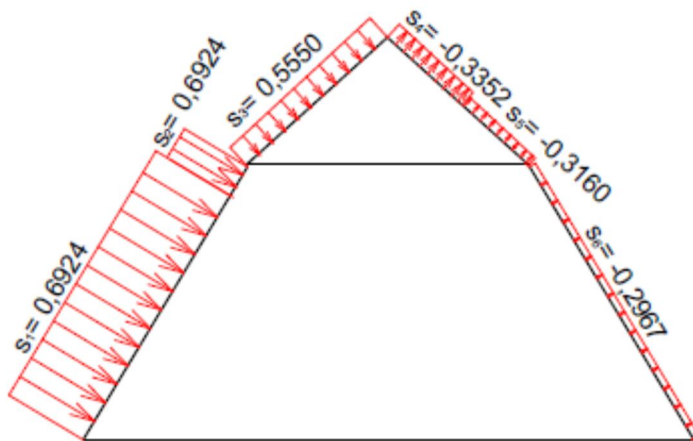
Zaťaženie vetrom sa vypočíta podľa normy ČSN EN 1991-1-4. Závisí na lokalite, na teréne, smere vetra, ročnom období a ortografii terén. Žehušice ležia v II. veternej oblasti a teda východisková základná rýchlosť vetra je $v_{b,0}=25$ m/s. Konštrukcia je zaradená do III. Kategórie terénu, čo znamená, že sa jedná o oblasť rovnomerne pokrytú vegetáciou alebo budovami alebo izolovanými prekážkami, ktorých vzdialenosť je maximálne 20násobok výšky prekážok.

Vietor môže fúkať kolmo na hlavný sklon strechy $\theta=90^\circ$. alebo rovnobežne s ním $\theta=0^\circ$. Podľa toho sa pôdorys strecha rozdelí na oblasti s rôznym zaťažením.

V zaťažovacom stave 6 pôsobí vietor z ľavej strany, rovnobežne s hlavným sklom strechy. Rozdelením pôdorysu na oblasti (viz obr.) dostaneme 4 oblasti označené G,H, K ,I v ktorých pôsobí nasledujúce zaťaženie: v oblasti G je to $w_G=0,8924$ kN/m v oblasti H sa zaťaženie mení podľa sklonu strechy v spodnej časti je to zaťaženie veľkosti $w_{H1}=0,6924$ kN/m a vo vrchnej časti je to $w_{H2}=0,5550$ kN/m. V oblastiach K a I pôsobí satie a má veľkosť pre oblasť K pre vrchnú časť $w_{K1}=0,3352$ kN/m a pre spodnú časť $w_{K2}=0,3160$ kN/m. V oblasti I má zaťaženie veľkosť $w_I=0,2967$ kN/m



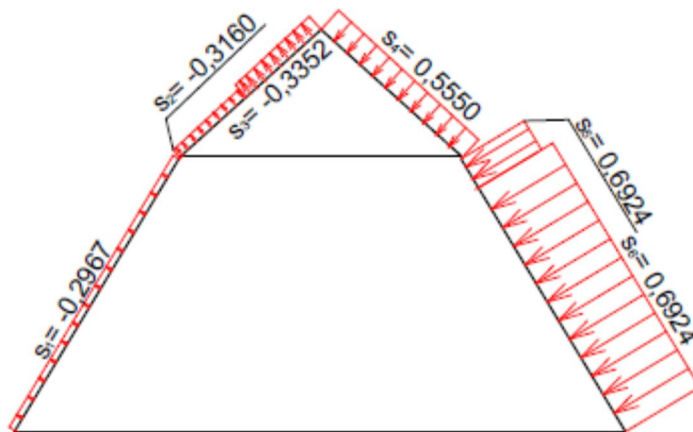
Obr.5.6.1 Geometria oblasti zaťaženia vetrom



Obr. 5.6.2 Působenie zaťaženia vetrom – zľava

5.7 LC7 Vietor, $\theta=0^\circ$ - z pravej strany

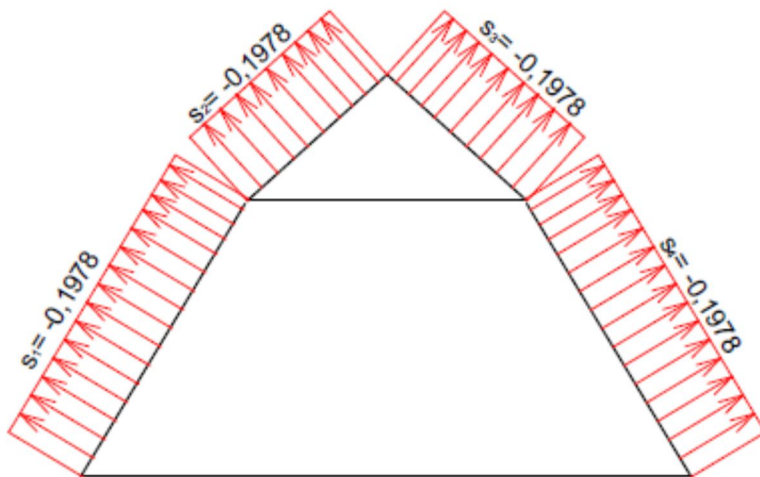
Zaťažovací stav 7 je zrkadlovo otočený k zaťažovaciemu stavu 6. Vietor pôsobí sprava a teda na ľavej strane pôsobí satie a na pravej tlak.



Obr.5.7 Působenie zaťaženia vetrom – zprava

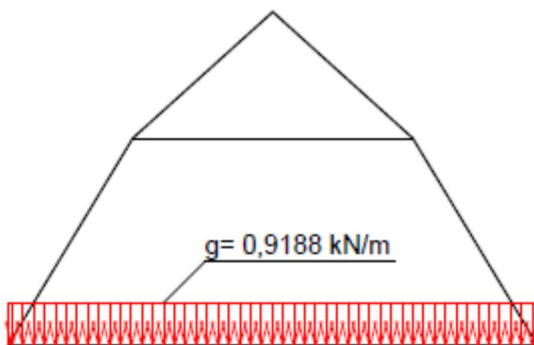
5.8 LC8 Vietor, $\theta=90^\circ$

V zaťažovacom stave 8 pôsobí vietor kolmo na hlavný smer sklonu strechy. Strechu sa rozdelí na oblasti v ktorých sa mení veľkosť zaťaženia. V tomto prípade bude ale celá posudzovaná časť ležať v oblasti K a teda zaťaženie na strechu bude satie a bude mať veľkosť $w_k=0,1978$ kN/m.

Obr. 5.8 Pôsobenie zaťaženie vetrom $\theta=90^\circ$

5.9 LC9 Úžitkové zaťaženie

Na väzný trám pôsobí úžitkové zaťaženie. Jeho veľkosť je $0,75 \text{ kNm}^2$. Zaťažovacia šírka, pre výpočet zaťaženia na jeden väzný trám je $1,225 \text{ m}$. Potom líniové zaťaženie na jeden trám je $g = 0,9188 \text{ kN/m}$.



Obr.5.9 Pôsobenie úžitkového zaťaženia

6. Kombinácie

Kombinácie zaťažovacích stavov sú vytvorené programom Scia engineering automaticky. Program vytvára kombinácie podľa ČSN 1990 – Zásady navrhovania konštrukcií. Typ použitej kombinácie v programe je EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B.

Tento typ kombinuje zaťaženie podľa vzorcov:

6.10 a

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

6.10 b

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

Hodnoty súčiniteľov pre tieto vzorce sú uvedené v tab 6.1.

Tab. 6.1 Normové hodnoty zaťaženia (STR/GEO) súbor B

Trvalé a dočasné návrhové situácie	stále zaťaženie		Hlavné premenlivé zaťaženie	vedľajšie premenlivé zaťaženie	
	nepriaznivé	priaznivé		najúčinnejšie (ak sa vyskytuje)	ostatné
Výraz 6.10	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$

Trvalé a dočasné návrhové situácie	stále zaťaženie		Hlavné premenlivé zaťaženie	vedľajšie premenlivé zaťaženie	
	nepriaznivé	priaznivé		najúčinnejšie (ak sa vyskytuje)	ostatné
Výraz 6.10a	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$		$\gamma_{Q,1} \Psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$
Výraz 6.10b	$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$

$$\gamma_{Gj,sup} = 1,35$$

$$\gamma_{Gj,inf} = 1,0$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,5 \text{ pre nepriaznivé (0 pre priaznivé)}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,5 \text{ pre nepriaznivé (0 pre priaznivé)}$$

$$\xi = 0,85 \quad \text{potom} \quad \xi \gamma_{Gj,sup} = 0,85 \cdot 1,5 = 1,15$$

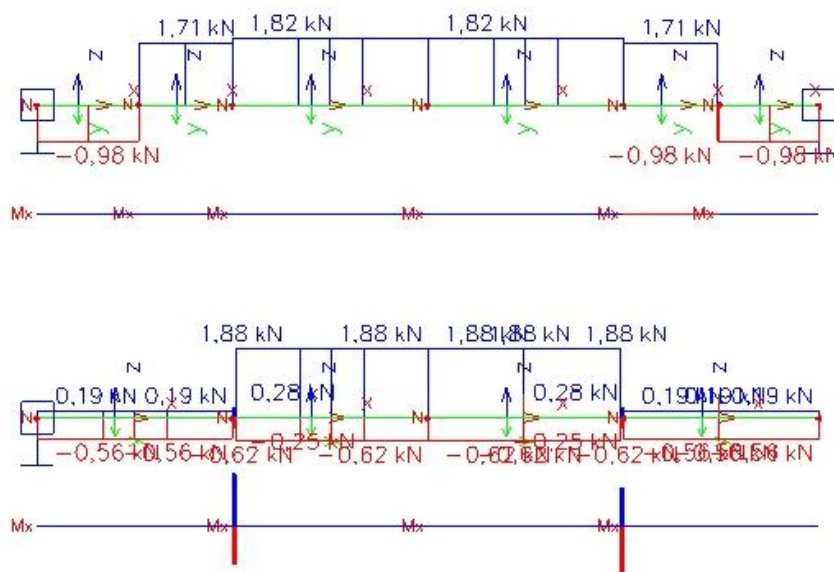
7. Vnúťorné sily

7.1 Vážnica

Výsledky vnúťorných síl sú vzťahované na lokálny súradnicový systém prvku.

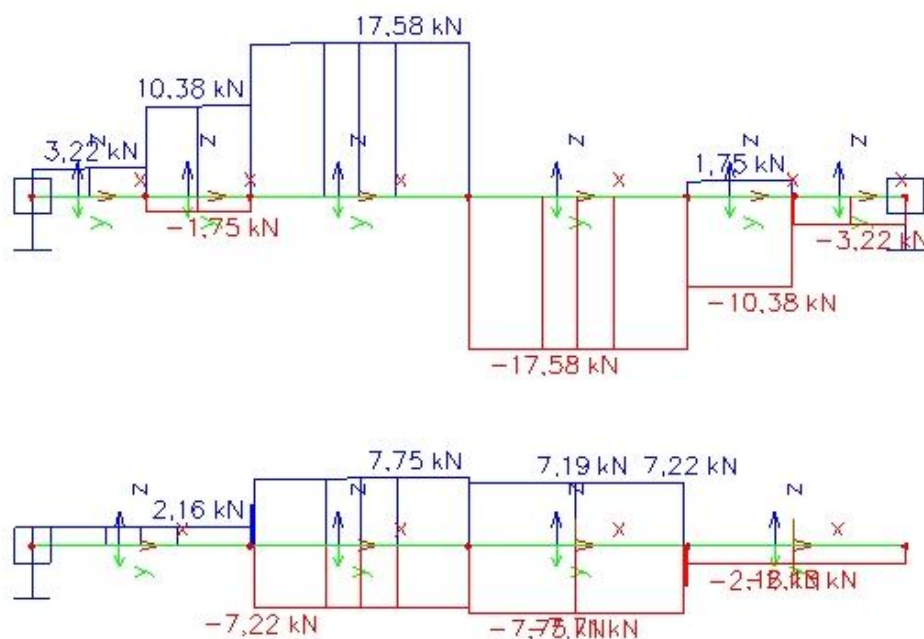
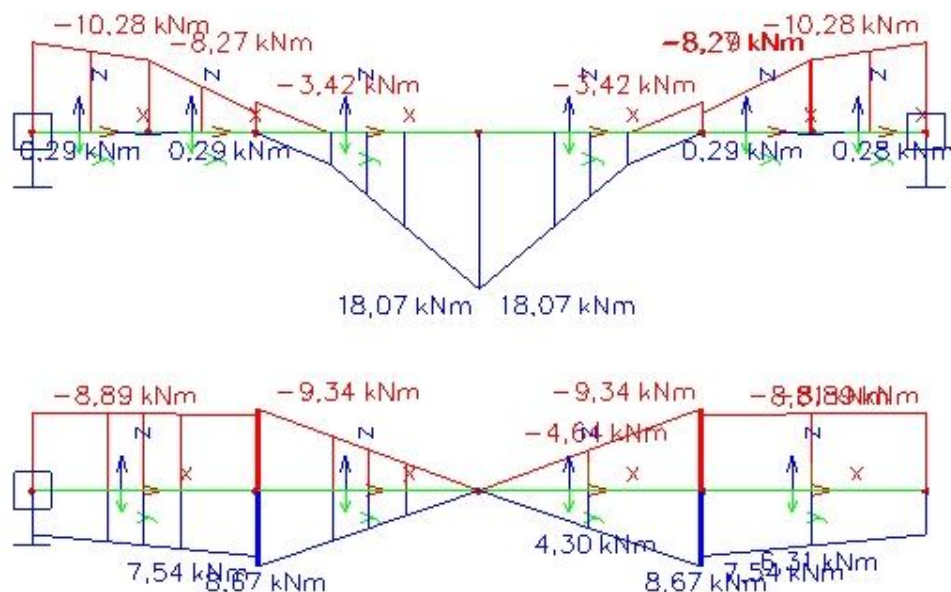
N : Normálové sily na vážniciach vznikajú pôsobením vlastnej tiaže prvku a taktiež sú spôsobené prenosom síl z hornej časti konštrukcie strechy. Ako môžeme vidieť na obrázku priebeh normálových síl je konštantný, pre jednotlivé polia, ako na hornej tak na dolnej vážnici.

M_x : Momenty v smere osi x sú nulové, je to spôsobené kĺbovým prepojením konštrukcie, v smere x nie sú prenášané žiadne momenty.



Obr. 7.1.1 Vnúťorné sily na vážnici (N, M_x)

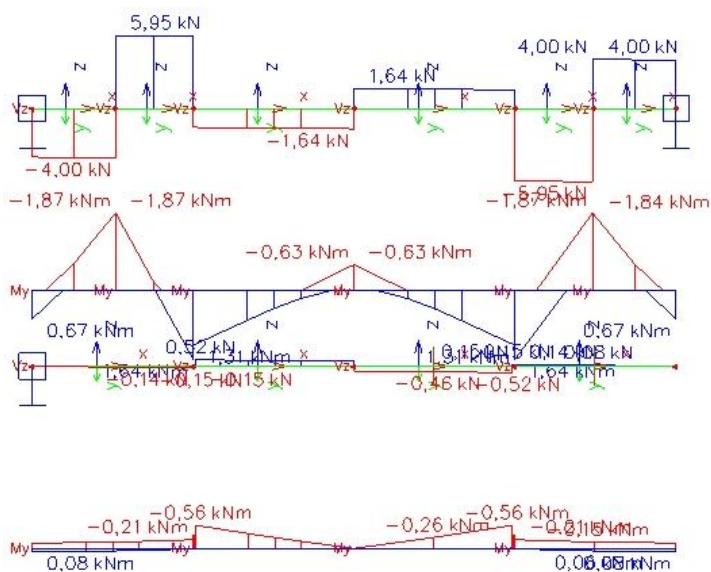
V_y : Posúvajúce sily v smere osi y , majú taktiež konštantný priebeh. V poliach okolo plnej väzby nadobúdajú vyšších hodnôt ako v poliach jalových väzieb.

Obr. 7.1.2 – Vnútorne sily na väznici (V_y)Obr. 7.1.3 – Vnútorne sily na väznici (M_z)

M_z : Priebeh momentov z smere lokálnej osi z je lineárny ako môžeme vidieť na obr.7.1.3. Vypláva to z toho, že priebeh posúvajúcich síl v smere osi y je konštantný.

V_z : Priebeh posúvajúcich síl v smere osi z je lineárny, jeho hodnoty sa menia v hornej väznici s miestach napojenia krokiev a v miestach napojenia šikmých vzpier. V dolnej väznici je hodnoty posúvajúcich síl v smere osi z menia s miestach napojenia krokiev. Priebeh a veľkosti posúvajúcich síl v smere osi z môžeme vidieť na obr. 7.1.4.

M_y : Momenty v smere osi y majú lineárny priebeh, vypláva to z priebehu posúvajúcich síl v smere osi z, ktorý je konštantný.



Obr. 7.1.4 Vnútorné sily na väznici (V_z , M_y)

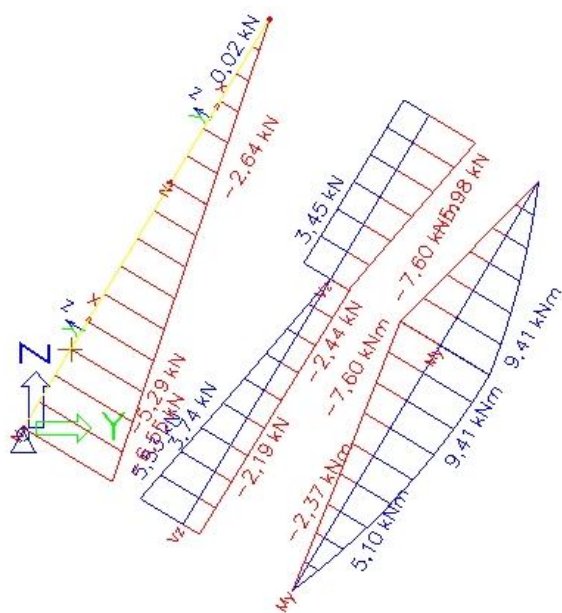
7.2 Krokva

Výsledky vnútorných síl sú vzťahované na lokálny súradnicový systém prvku.

N: Normálové sily v krokve, plnej väzby majú po celej dĺžke prútu konštantný priebeh. Majú zápornú hodnotu, čo znamená, že prvok je namáhaný tlakom. V päte prvku dosahuje normálová sily maxima.

V_z : Posúvajúce sily v smere lokálnej osi y majú lineárny priebeh. V bode prípoja krokve s väznicou sa v priebehu posúvajúcich síl nachádza skok, čo znamená, že časť posúvajúcej sily sa prenáša do väznice.

M_y : Priebeh momentov na krokve má parabolický priebeh. Je to parabola 2°. Vyplýva to z priebehu posúvajúcich síl v smere osi z. Priebehy vnútorných síl na krokve plnej väzby môžeme vidieť na obr. 7.2.



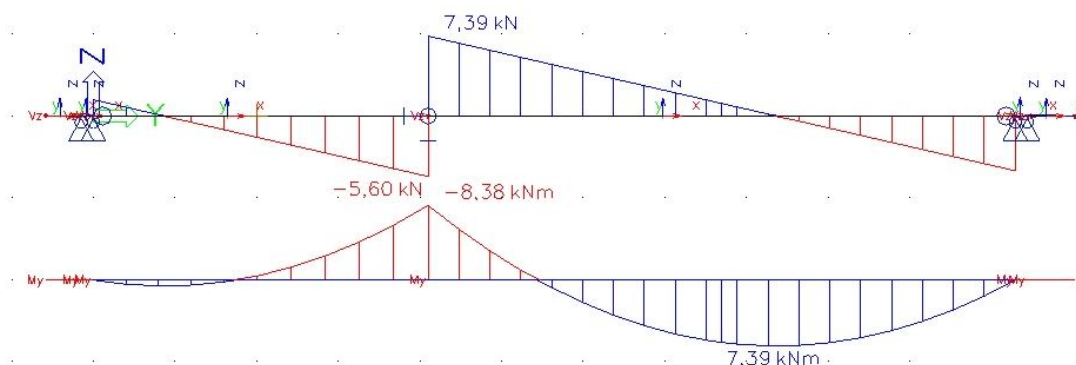
Obr.7.2 – Vnútorné sily na krokve (N , V_z , M_y)

7.3 Vázný trám

V_z : Posouvající síly v směru osi z sú způsobené zatážením vlastní tíaže vázného trámu, stáleho zatáženía od podlahy v podkroví a úžitkovým zatážením pôsobiacim na vázný trám. Priebeh posouvajúcich síl je lineárny. V podpore, ktorú tvorí stena pod vázním trámom nastáva skok v priebehu posouvajúcich síl. Je spôsobený reakciou od tejto podpory.

M_y : Priebeh momentov pôsobiacich v ose y je parabolický, je to parabola 2^o a vyplýva to z priebehov posouvajúcich síl, ktoré sú lineárne. V podpore sú momenty záporné a v poli nosníku sú kladné.

Priebehy vnútorných síl na váznom tráme plnej väzby môžeme vidieť na obr. 7.3.



Obr. 7.3 – Vnútorné síly na váznom tráme (V_z , M_y)

7.4 Pásiky

Výsledky vnútorných síl sú vzťahované na lokálny súradnicový systém prvku.

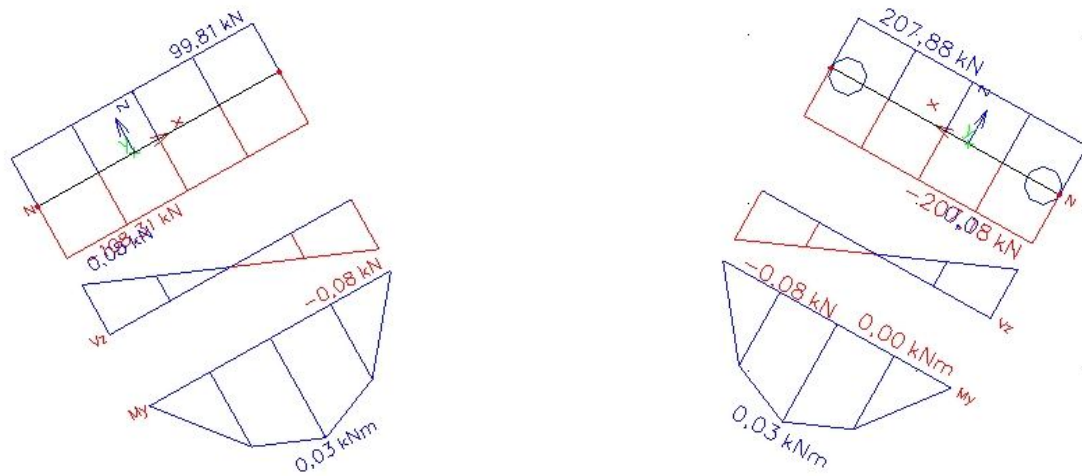
N : Normálové síly na pásikoch sú spôsobené pôsobením vetra na konštrukciu. Pásiky prenášajú normálové síly zo šikmých stĺpikov do rozpery a tým zaisťujú priečnu stabilitu strechy. Pre správnosť výpočtu bol vytvorený alternatívny model (Varianta B), ktorý zabraňuje prenosu tlakovej sily z pásikov do ostatných nosných prvkov plnej väzby. Tieto tlakové síly, totiž na dané prvky nepôsobia a v reálnej konštrukcii sú prenesené spojmi, ktoré nie je možné namodelovať v programe Scia Engineer. Priebeh vnútorných síl varianty B je zobrazený na obr. 7.4.2.

V_z : Posouvající síly s směrem lokální osi z sú spôsobované vlastnou tíažou prvku. Majú lineárny priebeh.

M_y : Momenty v směre z majú parabolický priebeh. Je to parabola 2^o. Na okrajoch prvku kde sa nachádza kĺbový spoj sú momenty nulové.

M_z : Momenty v směre osi z majú lineárny priebeh a sú kladné.

Priebehy vnútorných síl na pásikoch plnej väzby môžeme vidieť na obr. 7.4.1.



Obr.7.4.1–Vnútorné sily na pásikoch- Var. A Obr.7.4.2–Vnútorné sily na pásikoch- Var. B

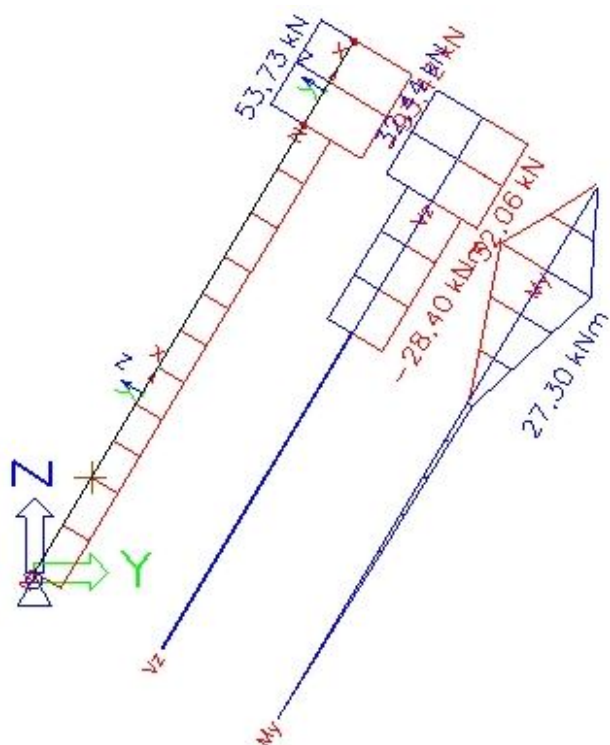
7.5 Šikmý stĺpik

Výsledky vnútorných síl sú vzťahované na lokálny súradnicový systém prvku.

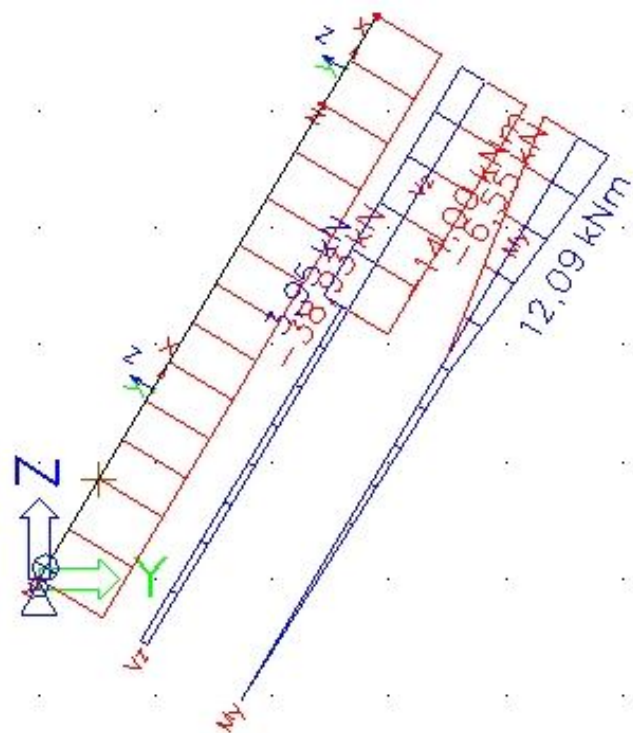
N: Normálové sily na šikmom stĺpiku je konštantný, skok v priebehu normálových síl vo variante A sa nachádza v mieste pripojenia pásika. Vo variante B je priebeh normálových síl na celom prute konštantný.

V_z: Posúvajúce sily v smere osi z majú konštantný priebeh a ich hodnota sa zvýši v mieste prípoja väznice k šikmému stĺpiku.

M_y: Priebeh momentov v smere osi y je lineárny. Vyplyva to z priebehu posúvajúcich síl v smere osi z, ktorý je konštantný.



Obr.7.5.1 – Vnútorné sily na šikmom stĺpiku (N, V_z , M_y) Varinata A



Obr.7.5.2 – Vnútorné sily na šikmom stĺpiku (N, V_z , M_y) Varinata B

7.6 Šikmé vzpery

Výsledky vnitřních sil sú vzťahované na lokálny súradnicový systém prvku.

N: Normálové sily na šikmej vzpere majú konštantný priebeh. K nárastu hodnoty normálovej sily vzniká v mieste kríženia šikmej vzpery s väznicou.

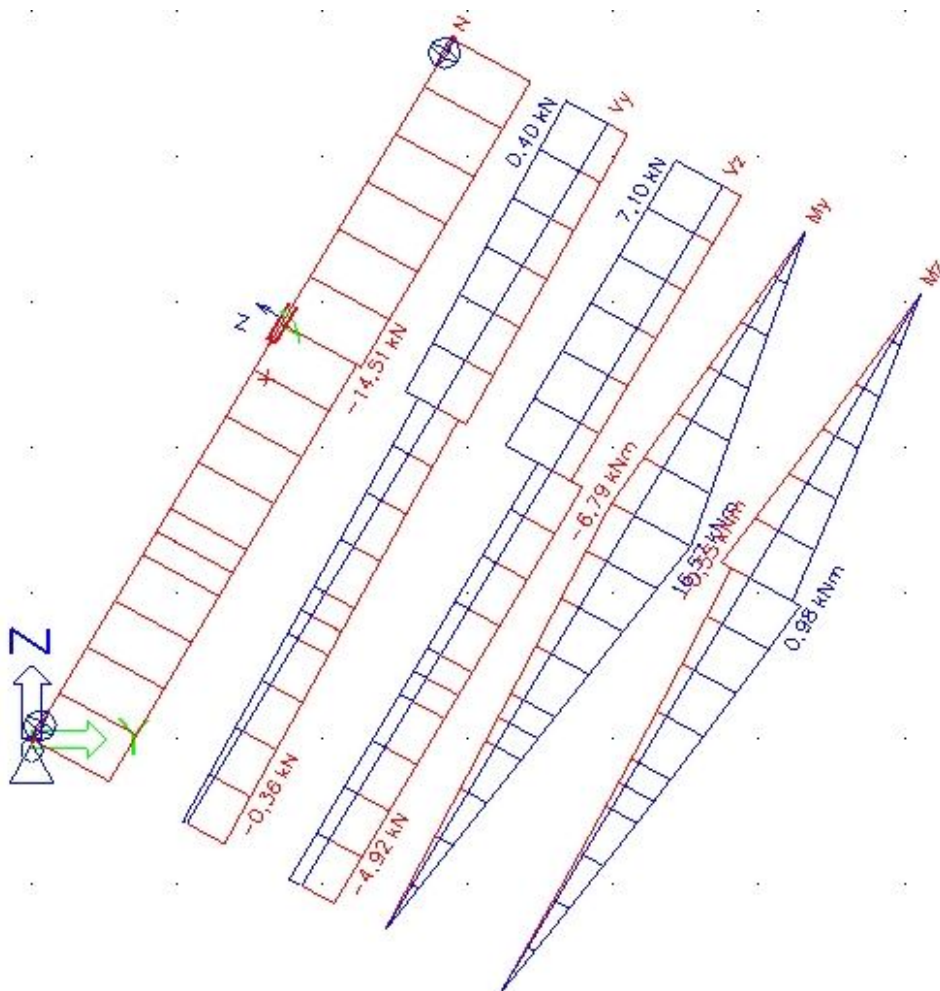
V_y : Posúvajúce sily v smere osi y majú lineárny priebeh, ku skoku v priebehu posúvajúcich síl dochádza v mieste kríženia šikmej vzpery a väznice.

V_z : Posúvajúce sily v smere lokálnej osi z majú lineárny priebeh. K skoku v priebehu posúvajúcich síl dochádza taktiež v mieste kríženia šikmej vzpery s väznicou.

M_y : Priebeh momentov pôsobiacich v smere osi y je parabolický, vyplýva to z priebehu posúvajúcich síl v smere osi z, Maximálny moment sa nachádza v mieste kríženia.

M_z : Priebeh momentov pôsobiacich v smere osi z je taktiež parabolický, vyplýva to z priebehu posúvajúcich síl v smere osi y, ktorý je lineárny.

Priebehy vnitřních sil na šikmej vzpere plnej väzby môžeme vidieť na obr. 7.6.



Obr.7.6 – Vnitřní síly na šikmej vzpere (N , V_y , V_z , M_y , M_z)

7.7 Rozpera

N: Normálové sily na rozpere majú konštantný priebeh, v mieste napojenia pásikov hodnota normálovej sily narastá.

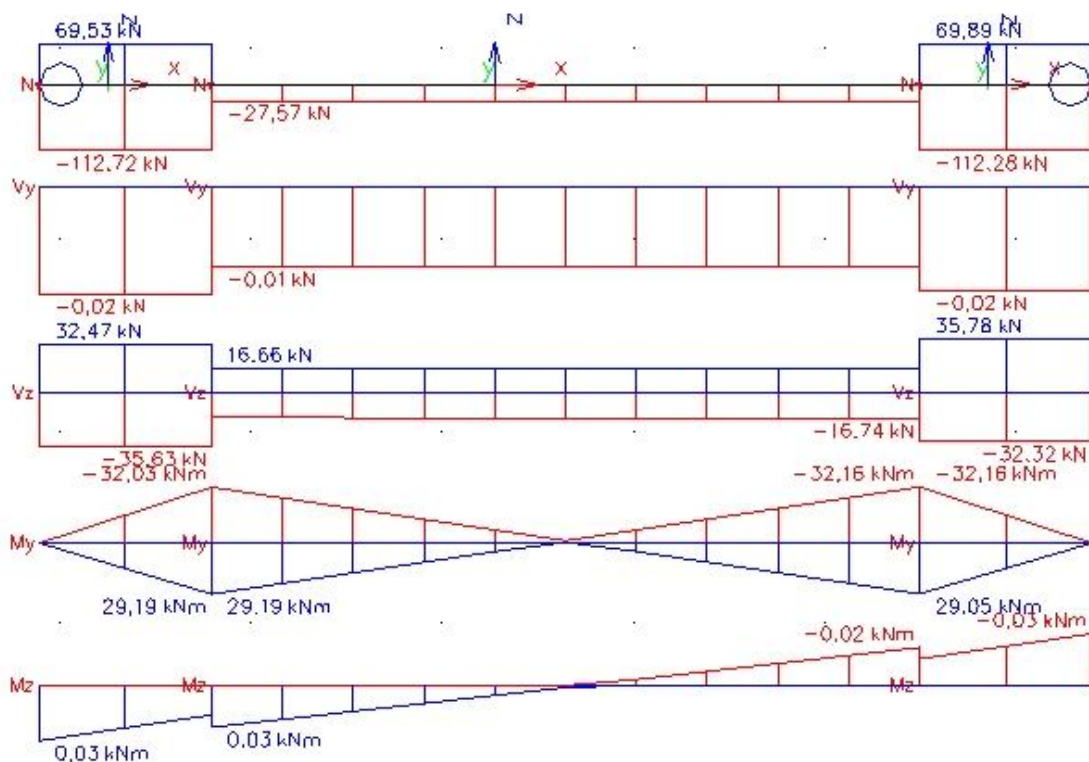
V_y : Posúvajúce sily v smere osi y majú taktiež konštantný priebeh, po celej dĺžke vprvdku dosahuú zápornú hodnotu.

V_z : Posúvajúce sily v smere osi z majú konštantný priebeh a radovo väčšiu hodnotu ako posúvajúce sily v smere osi y, je to spôsobené prenosom posúvajúcej sily z pásikov.

M_y : Momenty v smere y majú lineárny priebeh, vyplýva to z priebehu posúvajúcích síl v smere osi z.

M_z : Momenty v smere y majú lineárny priebeh, vyplýva to z priebehu posúvajúcích síl v smere osi y, sú rádovo menšie ako momenty v smere y.

Priebehy vnútorných síl na rozpere plnej väzby môžeme vidieť na obr. 7.7.



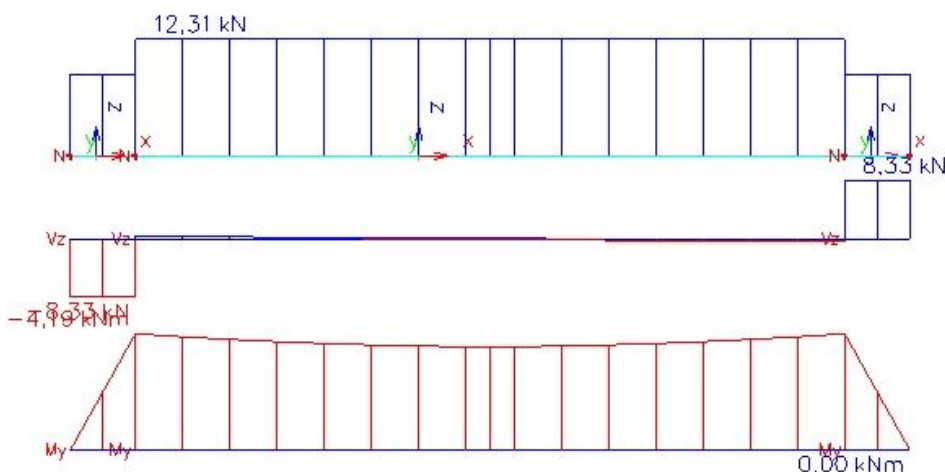
Obr.7.7 – Vnútorné sily na rozpere (N , V_y , V_z , M_y , M_z)

7.8 Hambálok

N: Normálové sily na hambáلكu majú konštantný priebeh, hodnota sa mení v mieste pripojenia hambáلكu a rozperey.

V_z : Posúvajúce sily v strednej časti prvku sú zanedbateľne malé oproti silám na okrajoch. Tie sú spôsobené, tým že zaťaženie pôsobí na voľné konce prvku. Majú konštantný priebeh na okrajoch, teda od miesta prípoja až po voľný koniec. V strednom poli majú priebeh lineárny.

M_y : Momenty na okrajoch nosníku majú lineárny priebeh a stúpajú až do hodnoty maximálneho momentu na prvku, ktorý je záporný. Na oboch krajoch je moment nulový, pretože sa jedná o voľná okraj prvku. V strednej časti prvku majú momenty parabolický priebeh. Jedná sa o parabolu 2°. Vyplyva to z toho že priebeh posúvajúcich síl v strednej časti prvku je lineárny. V strede nosníku, kde je posúvajúca sila nulová sa nachádza maximálny moment. Priebehy vnútorných síl na hambáľku plnej väzby môžeme vidieť na obr.7.8.



Obr.7.8 – Vnútorné sily na hambáľku (N , V_z , M_y)

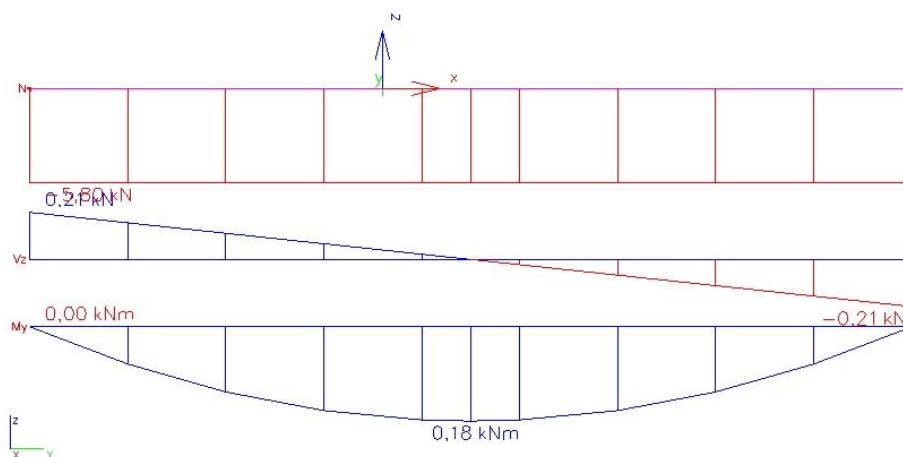
7.9 Horný hambáľok

N : Normálové sily na hornom hambáľku majú konštantný priebeh na celom prvku.

V_z : Posúvajúce sily majú lineárny priebeh. V strede prvku je hodnota posúvajúcej sily nulová, v tomto mieste teda môžeme očakávať maximálnu hodnotu ohybového momentu.

M_y : Moment má parabolický priebeh, jedná sa o parabolu 2°. V strede prvku je maximálny kladný moment. Na oboch okrajoch je moment nulový, je to spôsobené tým, že prvok je ku krokvám pripojený kľbovo a kľb momenty neprenáša.

Priebehy vnútorných síl na hambáľku plnej väzby môžeme vidieť na obr. 7.9.



Obr.7.9 – Vnútorné sily na hornom hambáľku (N , V_z , M_y)

7.10 Horná krokva

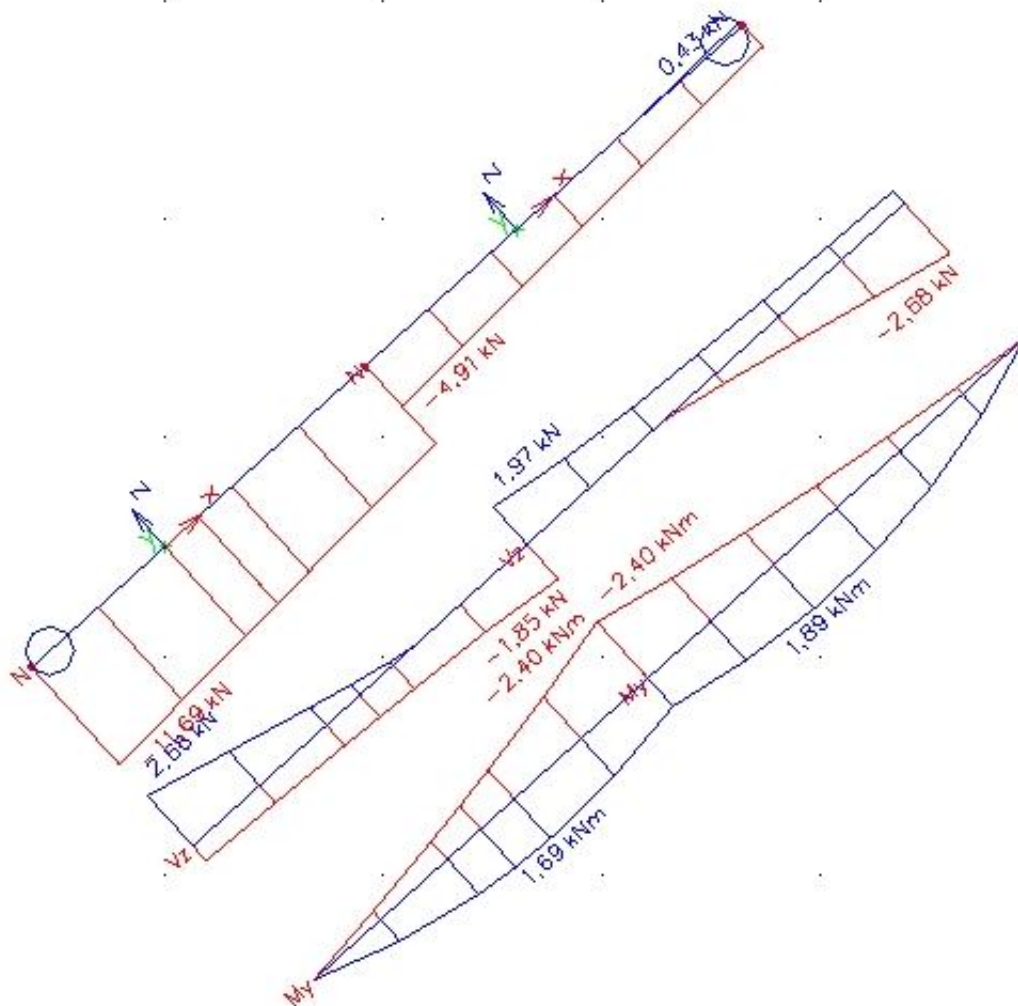
Výsledky vnitřních sil sú vzťahované na lokálny súradnicový systém prvku.

N: Normálové sily na horných krokvách majú lineárny priebeh, ku skoku v priebehu dochádza v mieste pripojenia hornej krokve ku hornému hambálku, ktorý tvorí pre krokvu podporu.

V_z: Posúvajúce sily na hornej krokve majú lineárny priebeh. V bode pripojenia krokve na horný hambálok je skok, ktorý je spôsobený tým, že tento nosník sa chová ako spojitý a v bode pripojenia sa teda vytvára podpora. A teda posúvajúca sila vzrastie o hodnotu reakcie od tejto podpory. Keďže priebeh posúvajúcich síl je lineárny môžeme teda predpokladať parabolický priebeh momentov.

M_y: Priebeh momentov vyzerá ako priebeh na spojitom nosníku. Horná krokva sa tak totižto chová, vytvára sa podpora v bode pripojenia horného hambálku ku krokve. V tomto bode je moment záporný a dosahuje minima. Priebeh momentov je parabolický podľa paraboly 2°.

Priebehy vnitřních sil na hornej krokve plnej väzby môžeme vidieť na obr. 7.10.



Obr.7.10 – Vnitřní síly na hornej krokve (N, V_z, M_y)

8. Rezy na prvkoch

V tejto kapitole sú uvedené polohy spojov na jednotlivých prvkoch a vnútorné sily v daných rezoch od kombinácií podľa ČSN EN 1990 – Zásada navrhování konstrukcí, ktoré boli vytvorené v programe Scia Engineer. Vnútorné sily v daných rezoch sú vzťahované k ťažisku spojov. Spoje budú dimenzované a posudzované na hodnoty práve týchto vnútorných síl.

Polohy spojov, teda polohy napojenia pôvodných prvkov na nové prvky - protézy, boli dané rozsahom poškodenia, konštrukčnými možnosťami a vhodnosťou zo statického hľadiska.

8.1 Rez 1-1', Vážnica

Rez sa nachádza 600 mm od šikmého stĺpika na dolnej vážnici, viz obr.8.1.1. V tomto reze vznikajú vnútorné sily (hodnoty vnútorných síl sú uvedené v tab.8.1). Pri výpočte posúdenia spoja a samotného prvku musíme uvažovať, že v tomto reze vzniká normálová sila N , ktorú musíme posúdiť na tlak (záporná hodnota normálovej sily) alebo ťah (kladná hodnota normálovej sily). Normálová sila pôsobí v smere osi x , viz. obr. 8.1.2. Vznikajúce posúvajúce sily, musíme posúdiť na šmykovú únosnosť. Posúvajúca sila V_y pôsobí v smere osi y a posúvajúca sila V_z pôsobí v smere osi z , viz obr.8.1.2.

Momenty M_y a M_z musíme posúdiť na ohybovú únosnosť. Moment M_y otáča prvok okolo osi y , osi väčšej tuhosti a moment M_z otáča prvok okolo osi z , viz obr.8.1.2.

Ďalej musíme tento prvok posúdiť na pôsobenie kombinácie ohyb a ťahu respektíve tlaku (to určuje znamienko normálovej sily).

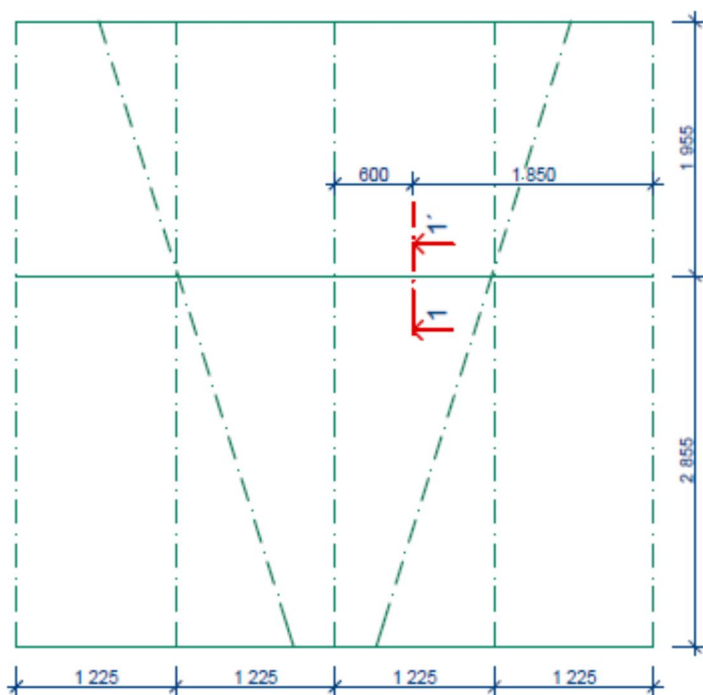
Návrhové napätia v ťahu respektíve tlaku závisí na veľkosti normálovej sily a na ploche prierezu prvku. Vážnica je obdĺžnikového prierezu, rozmer $b = 170$ mm (rozmer v smere osi y) a $h = 200$ mm (rozmer v smere osi z), viz obr.8.1.3. Návrhové napätia v ohybu k hlavným osám závisia na veľkostiach ohybových momentov k osám y a z a na prierezovom module.

Rez na vážnici budeme posudzovať na vnútorné sily uvedené v tab.1. Kombináciu CO1/1 budeme posudzovať na tlak, smyk a kombináciu tlaku a ohybu. Kombináciu CO1/2 budeme posudzovať na ťah a na kombináciu ohybu a ťahu.

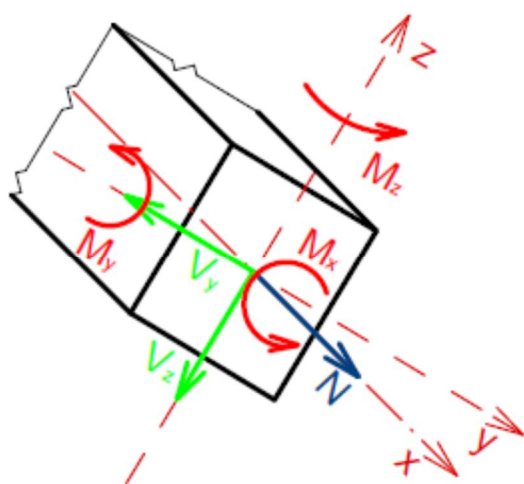
Tab.8.1 – Vnútorné sily na vážnici

STAV	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
CO1/1	-0,97	-6,87	-0,33	0,00	-0,18	-4,13
CO1/2	1,35	7,36	0,30	0,00	0,19	4,40
CO1/3	-0,90	-6,66	-0,33	0,00	-0,18	-4,01
CO1/4	1,27	7,15	0,31	0,00	-0,20	4,28

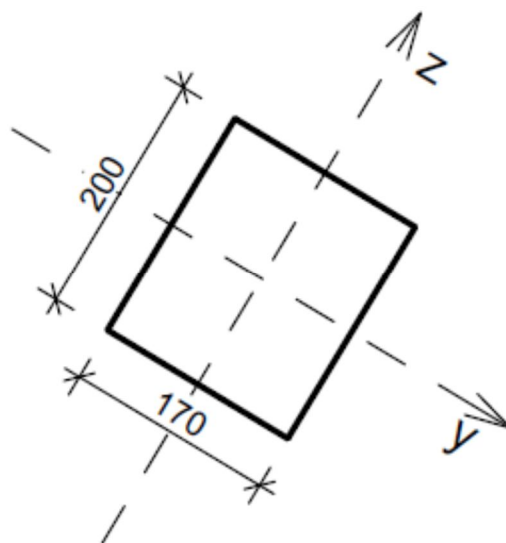
*Vnútorné sily sú výsledkom výpočtu v programe Scia Engineer.



Obr. 8.1.1 Miesto výskytu rezu na väznici



Obr. 8.1.2 Pôsobenie vnútorných sil na väznici



Obr. 8.1.3 - Prierez väznice

8.2 Rez 2-2', Väzný trám

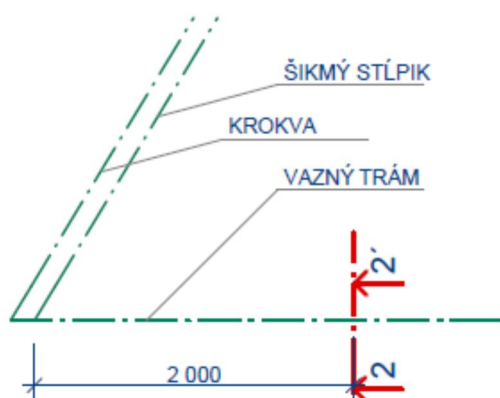
Rez sa nachádza v plnej väzbe a to 2000 mm od päty šikmého stĺpika, viz obr.8.2.1. Na väzný trám pôsobí posúvajúca sila V_z v smere osi z a moment M_y ktorý otáča prvok okolo osi y , osi väčšej tuhosti, viz obr. 8.2.2. Veľkosti vnútorných síl sú uvedené v tab.8.2. Väzný trám teda budeme posudzovať na ohyb a šmyk. Návrhová hodnota napätia v ohybe závisí na veľkosti ohybového momentu ploche prierezu prvku. Väzný trám je obdĺžnikového prierezu, s rozmermi $b = 220$ mm (rozmer v smere osi y) a $h = 250$ rozmer v smere osi z , viz obr.8.2.3.

Posuvající síla a moment nadobúdajú maximálnych hodnôt v kombinácii CO1/3, ktorú budeme posudzovať ako na ohyb tak na šmyk.

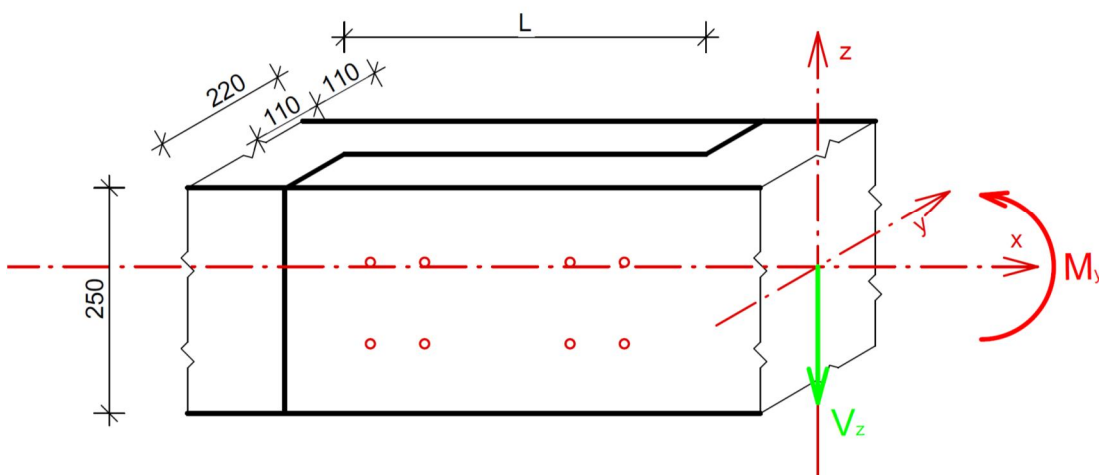
Tab.8.2 – Vnútronné sily na väznom tráme.

STAV	N[kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
CO1/3	0,00	0,00	-1,45	0,00	-0,33	0,00
CO1/4	0,00	0,00	-1,66	0,00	-0,36	0,00
CO1/2	0,00	0,00	-1,45	0,00	-0,33	0,00
CO1/3	0,00	0,00	-1,96	0,00	-0,45	0,00

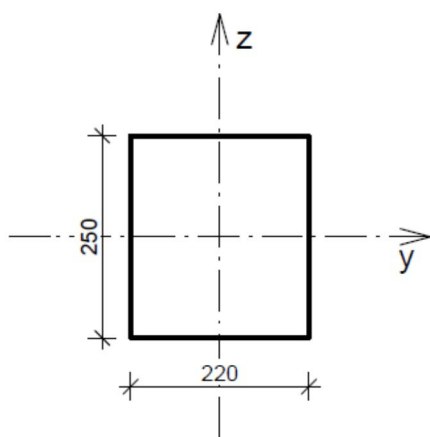
*Vnútronné sily sú výsledkom výpočtu v programe Scia Engineer.



Obr. 8.2.1 Miesto výskytu rezu na väznom tráme



Obr. 8.2.2 Pôsobenie vnútorných síl na väznom tráme



Obr. 8.2.3 Prierez väzného trámu

8.3 Rez 3-3', Šikmý stĺpik

Rez sa nachádza v plnej väzbe, 1000 mm od päty pripojenia šikmého stĺpika na väzný trám, viz obr.8.3.1.

V reze šikmého stĺpika pôsobia vnútorné sily uvedené v tab.8.3. Hodnoty normálových síl nadobúdajú záporné hodnôt. Preto je nutné tento prvok posúdiť ako na namáhanie. Normálová sila pôsobí v smere osi x, viz obr.8.3.2. Pri posúdení na namáhanie tlakom musíme uvažovať pôsobenie vzperu, k tomu sa musí určiť vzperná dĺžka prvku. V prípade šikmého stĺpika budeme uvažovať vzpernú dĺžku v smere y, osi väčšej tuhosti $L_{cr,y} = 3,333$ m, je to dĺžka od päty stĺpika ku spoju stĺpika s väznici, ktorá bráni jeho vybočeniu v smere y. Vzpernú dĺžku v smere z, osi menšej tuhosti, budeme uvažovať $L_{cr,z} = 4,727$ m, je to dĺžka od päty stĺpika po spoj s pásikom, ktorý zabráňuje vybočeniu v smere z.

Návrhová hodnota napätia v ťahu aj tlaku závisí na veľkosti normálovej sily a ploche prierezu daného prvku. Šikmý stĺpik má obdĺžnikový prierez, jeho rozmery sú $b = 150$ mm (rozmer v smere osi y) $h = 170$ mm (rozmer v smere z), viz. obr.8.3.3.

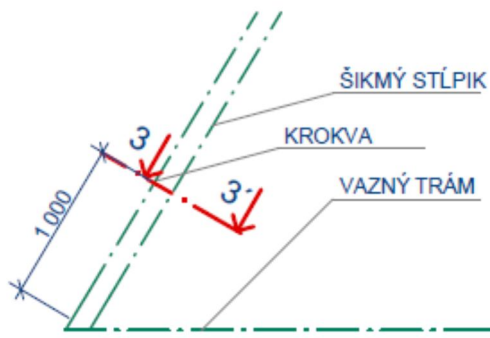
Na šikmý stĺpik pôsobí taktiež moment M_y preto tento prvok musíme posúdiť na kombináciu ťahu a ohybu a kombináciu tlaku a ohybu.

Maximálnu hodnotu normálovej tlakovej sily vykazuje kombinácia CO1/1, preto ju budeme posudzovať a tlak a na kombináciu tlaku a ohybu. Maximálny moment a maximálna posúvajúca sila je v kombinácii CO1/6, budeme ju teda posudzovať na kombináciu tlakovej sily a ohybu a na šmyk.

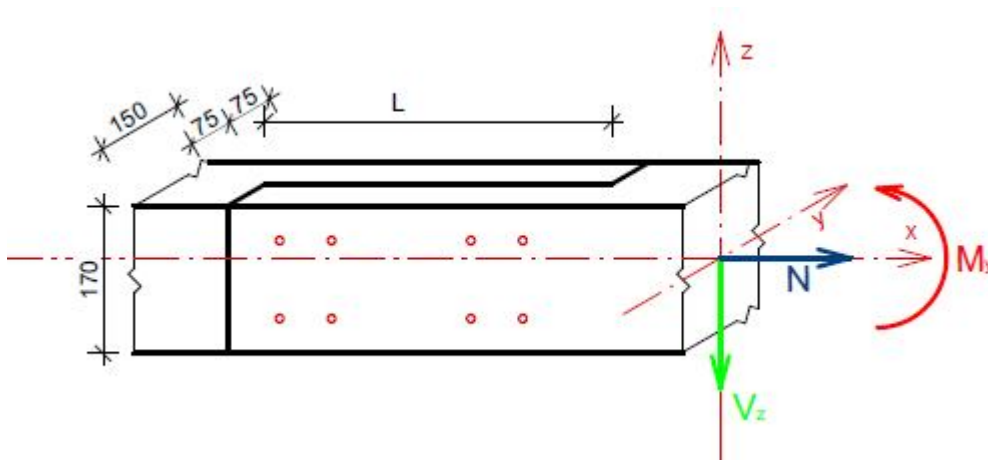
Tab. 8.3 Vnútorné sily na šikmom stĺpiku

STAV	N[kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
CO1/1	-42,82	0,00	0,37	0,00	0,39	0,00
CO1/2	-2,48	0,00	0,88	0,00	0,90	0,00
CO1/5	-12,04	0,00	0,22	0,00	0,24	0,00
CO1/6	-8,24	0,00	0,96	0,00	0,98	0,00

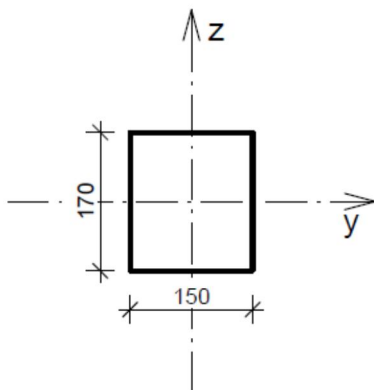
*Vnútorné sily sú výsledkom výpočtu v programe Scia Engineer.



Obr. 8.3.1 Miesto výskytu rezu na šikmom stěpíku



Obr. 8.3.2 Působenie vnútorných síl na šikmom stěpíku



Obr. 8.3.3 Prierez šikmým stěpíkom

8.4 Rez 4-4', Krokva

Rez sa nachádza v plnej väzbe, 1100 mm od päty pripojenia krokve na väzný trám, viz obr.8.4.1.

Na krokvu pôsobia vnútorné sily uvedené v tab.8.4. Hodnoty normálových síl nadobúdajú záporných hodnôt, jedná sa teda o tlak. Normálová sila pôsobí v smere osi x, viz obr. 8.4.2. Pri posúdení na namáhanie tlakom musíme uvažovať pôsobenie vzperu, k tomu sa musí určiť vzperná dĺžka prvku. V prípade krokvy budeme uvažovať vzpernú dĺžku v smere y, osi väčšej tuhosti $L_{cr,y} = 3,333$ m, je to dĺžka od päty krokve ku spoju krokve s väznici, ktorá bráni jej vybočeniu v smere y. Vzpernú dĺžku v smere z, ose menšej tuhosti, budeme uvažovať $L_{cr,z} = 5,614$ m, je to dĺžka od päty krokve po spoj s hornou väznicou, ktorý zabraňuje vybočeniu v smere z.

Návrhová hodnota napätia v ťahu aj tlaku závisí na veľkosti normálovej sily a ploche prierezu daného prvku. Krokva má štvorcový prierez, jeho rozmery sú $b = 170$ mm (rozmer v smere osi y) $h = 170$ mm (rozmer v smere z), viz. obr.8.4.3.

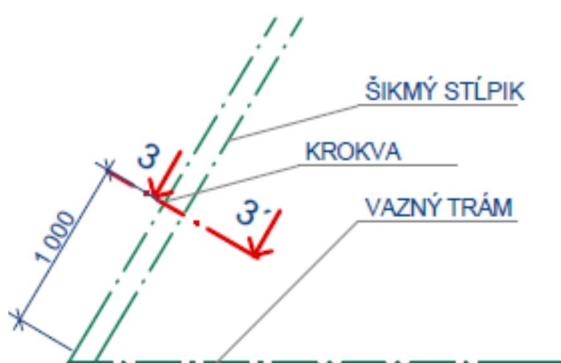
Na krokvu pôsobí taktiež moment M_y preto tento prvok musíme posúdiť na kombináciu tlaku a ohybu.

Maximálnu hodnotu normálovej tlakovej sily vykazuje kombinácia CO1/8, preto ju budeme posudzovať a tlak a na kombináciu tlaku a ohybu. Maximálny moment a maximálna posúvajúca sila je v kombinácii CO1/2, budeme ju teda posudzovať na kombináciu tlakovej sily a ohybu a na šmyk.

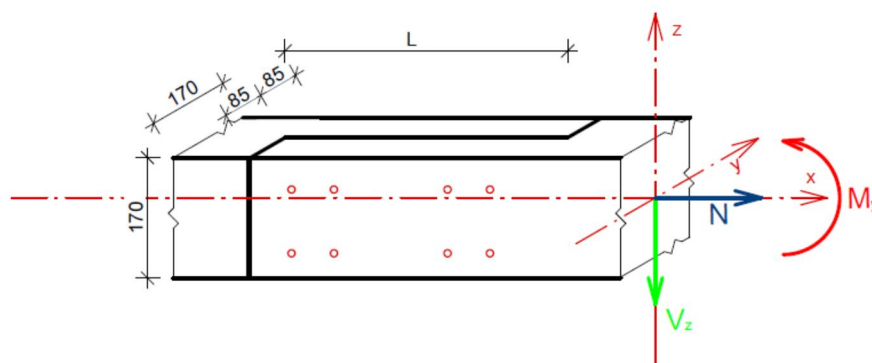
Tab. 8.4 Vnútorné sily na krokvy

STAV	N[kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
CO1/8	-7,24	0,00	2,50	0,00	3,55	0,00
CO1/5	-6,18	0,00	-2,37	0,00	-2,52	0,00
CO1/6	-5,84	0,00	3,71	0,00	5,02	0,00
CO1/1	-5,46	0,00	-2,43	0,00	-2,63	0,00
CO1/2	-6,56	0,00	3,77	0,00	5,13	0,00

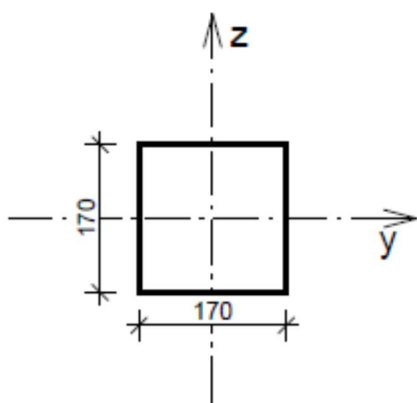
*Vnútorné sily sú výsledkom výpočtu v programe Scia Engineer.



Obr. 8.4.1 Miesto výskytu rezu na krokve



Obr. 8.4.2 Pôsobenie vnútorných síl na krokve



Obr. 8.4.3 Prierez krokve

9. Posúdenie prvkov

Je nutné posúdiť ako plné prvky tak prvky polovičného prierezu, ktorý musí preniesť všetky vnútorné sily. Polovičný prierez sa bude nachádzať v spoji, kde bude navrhnutá protéza poškodeného prvku. Vnútorné sily uvažované na reze sú vzťahnuté k ťažisku rezu.

Tu sú uvedené základné posudky prierezov podľa ČSN EN 1995-1-1. Ktoré budú vypočítané na jednotlivých prierezoch posudzovaných prvkov. Konkrétne posudky sú uvedené v prílohe 16.4 – 16.7.

9.1 Posúdenie na ťah

Posudok na namáhanie ťahom musíme vykonať pokiaľ na danom prvku pôsobí kladná normálová sila. Musí byť splnená nasledujúca podmienka:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

Kde:

$\sigma_{t,0,d}$ je návrhové napätie v ťahu pozdĺž vlákien

$f_{t,0,d}$ je návrhová pevnosť v ťahu pozdĺž vlákien

9.2 Posúdenie na tlak

Posúdenie na tlak musíme vykonať pokiaľ na daný prvok pôsobí normálová sila, ktorá má zápornú hodnotu. Musí byť splnená nasledujúca podmienka:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

Kde:

$\sigma_{c,0,d}$ je návrhové napätie v tlaku pozdĺž vlákien

$f_{c,0,d}$ je návrhová pevnosť v tlaku pozdĺž vlákien

Musia byť splnené pravidla pre stabilitu prvku.

9.3 Posúdenie na ohyb

Posúdenie na ohyb musíme vykonať pokiaľ na prvok pôsobí ohybový moment v smere y v smere y alebo v oboch smeroch. Musí byť splnené podmienky:

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

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

Kde:

$\sigma_{m,y,d}$ je návrhové napätie v ohybu k ose y

$\sigma_{m,z,d}$ je návrhové napätie v ohybu k ose z

$f_{m,y,d}$ je návrhová pevnosť v ohybu k ose y

$f_{m,z,d}$ je návrhová pevnosť v ohybu k ose z

k_m súčiniteľ, pre obdĺžnikové profily $k_m = 0,7$

Musia byť splnené pravidla pre stabilitu prvku.

9.4 Posúdenie na šmyk

Posúdenie na šmyk musíme vykonať pokiaľ na prvok pôsobí posúvajúca sila alebo v smere hlavnej osi y alebo v smere hlavnej osi z. Musí byť splnená podmienka:

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

Kde:

τ_d je návrhové napätie vo šmyku

$f_{v,d}$ je návrhová pevnosť vo šmyku

9.5 Posúdenie na kombináciu ťahu a ohybu

Posúdenie na kombináciu ťahu a ohybu musíme vykonať pokiaľ na prvok pôsobí kombinácia normálovej sily, kladnej hodnoty a ohybový moment k ose y a z. Musí byť splnené nasledujúce podmienky:

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

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

Kde:

$\sigma_{t,0,d}$ je návrhové napätie v ťahu pozdĺž vlákien

$\sigma_{m,y,d}$ je návrhové napätie v ohybu k ose y

$\sigma_{m,z,d}$ je návrhové napätie v ohybu k ose z

$f_{t,0,d}$ je návrhová pevnosť v ťahu pozdĺž vlákien

$f_{m,y,d}$ je návrhová pevnosť v ohybu k ose y

$f_{m,z,d}$ je návrhová pevnosť v ohybu k ose z

k_m súčiniteľ, pre obdĺžnikové profily $k_m = 0,7$

9.6 Posúdenie na kombináciu tlaku a ohybu

Posúdenie na kombináciu tlaku a ohybu musíme vykonať pokiaľ na prvok pôsobí kombinácia normálovej sily, kladnej hodnoty a ohybový moment k ose y a z. Musí byť splnené nasledujúce podmienky:

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

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

Pokiaľ sú splnené podmienky : $\lambda_{rel,y} \leq 0,3$ a $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$

$\lambda_{rel,y}$ a $\lambda_{rel,z}$ sú pomerné štíhlosti odpovedajúce ohybu okolo ôs y a z

V ostatných prípadoch musia byť splnené podmienky:

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

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

Priečna a torzná stabilita sa musí overiť v prípade pôsobenia kombinácie momentu M_y k ose väčšej tuhosti a normálovej sily N.

Musí byť splnená podmienka:

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

Kde:

$\sigma_{c,0,d}$ je návrhové napätie v tlaku pozdĺž vlákien

$\sigma_{m,y,d}$ je návrhové napätie v ohybu k ose y

$\sigma_{m,z,d}$ je návrhové napätie v ohybu k ose z

$f_{c,0,d}$ je návrhová pevnosť v tlaku pozdĺž vlákien

$f_{m,y,d}$ je návrhová pevnosť v ohybu k ose y

$f_{m,z,d}$ je návrhová pevnosť v ohybu k ose z

k_m súčiniteľ, pre obdĺžnikové profily $k_m = 0,7$

$k_{c,y}$ je súčiniteľ vzperu vzťahujúci sa k ose y

$k_{c,z}$ je súčiniteľ vzperu vzťahujúci sa k ose z

k_{crit} je súčiniteľ, ktorý berie v úvahu redukovanú pevnosť v ohybe v dôsledku priečnej a torznej stability

10. Posúdenie spojov

Je nutné navrhnuť a posúdiť spoje, ktoré budú spájať navrhnutú protézu a pôvodný prvok. Musí byť zabezpečená dostatočná únosnosť spoja.

Budú navrhnuté spoje jedno strižné, za použitia preplánovania prvkov a spoje dvoj strižné, za použitia príložiek. Ako spojovací prostriedok budú použité svorníky.

V spoji sa bude nachádzať viacero spojovacích prostriedkov. Usporiadanie a rozmery spojovacích prostriedkov v spoji a rozstupy a vzdialenosti od okrajov a koncov sa musia zvoliť tak., aby bola dosiahnutá očakávaná pevnosť a tuhosť.

10.1 Únosnosť spojovacieho prostriedku

Tu sú uvedené základné posudky prierezov podľa ČSN EN 1995-1-1. Ktoré budú vypočítané na jednotlivých prierezoch posudzovaných prvkov. Konkrétne posudky pre jednotlivé rezy sú uvedené v prílohe 16.4 – 16.7.

Pri určovaní charakteristickej únosnosti spojov s kovovými spojovacími prostriedkami kolíkového typu sa musia zohľadniť medze klzu, pevnosti v odtlačení a pevnosť na vytiahnutie spojovacích prostriedkov.

Charakteristická pevnosť pre jedno strižný spoj jedného spojovacieho prostriedku sa má pre svorníky uvažovať ako najmenšia hodnota stanovená podľa nasledujúcich vzťahov:

$$a) F_{v,Rk} = f_{h,1,k} t_1 d$$

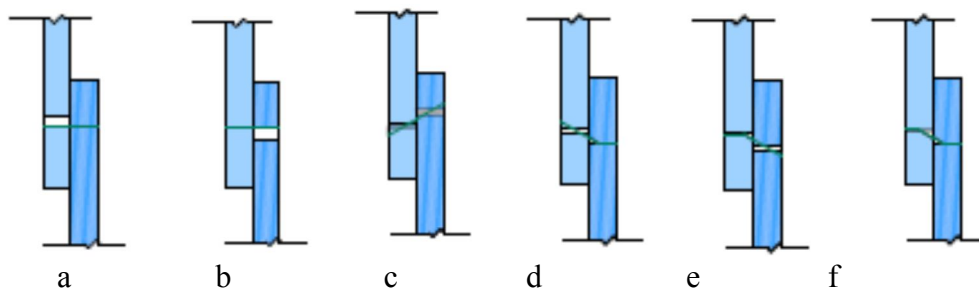
$$b) F_{v,Rk} = f_{h,2,k} t_2 d$$

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

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

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

$$f) F_{v,Rk} = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$



Obr.10.1 Spôsoby porušenia pre spoje jedno strižné

10.2 Svorníkový spoj

Pre svorníky sa majú uvažovať nasledujúce charakteristické hodnoty plastického momentu únosnosti:

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

Kde:

$M_{y,Rk}$ je charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti v Nmm

$f_{u,k}$ je charakteristická pevnosť v ťahu v N/mm²

d je priemer svorníka

Pre svorníky do priemeru 30 mm sa majú používať nasledujúce hodnoty charakteristických pevnosti v odtlačení v dreve.

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

Kde:

$f_{h,0,k}$ je charakteristická pevnosť v odtlačení rovnobežne s vláknami v N/mm²

ρ_k je charakteristická hodnota dreva v kg/m³

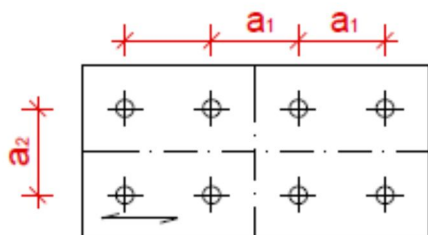
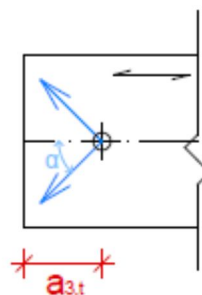
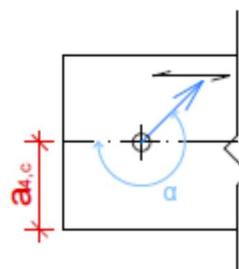
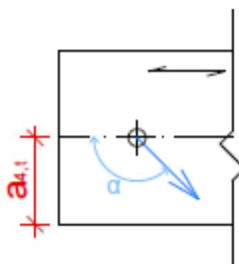
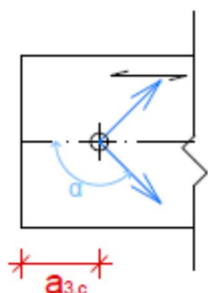
d je priemer svorníku

10.3 Rozstupy spojovacích prostriedkov

Minimálne rozstupy a vzdialenosti spojovacích prostriedkov (svorníkov) od kraja koncov sú uvedené v tab. 10.2.

Tab. 10.2 Minimálne rozstupy pre svorníky

vzdialenosti	uhol α	Najmenšie vzdialenosti alebo rozstupy od koncov/krajov
rozstup a_1 (rovnobežne s vláknami) viz obr.10.3.1	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + \cos \alpha)d$
rozstup a_2 (kolmo na vlákna) viz obr. 10.3.1	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	4d
vzdialenosť $a_{3,t}$ (zaťažený koniec) viz obr. 10.3.2	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7d; 80\text{mm})$
vzdialenosť $a_{3,c}$ (nezaťažený koniec) viz obr. 10.3.3	$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max[(1 + 6\sin \alpha)d; 4d]$ 4d $\max[(1 + 6\sin \alpha)d; 4d]$
vzdialenosť $a_{4,t}$ (zaťažený okraj) viz obr. 10.3.4	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2\sin \alpha)d; 3d]$
vzdialenosť $a_{4,c}$ (nezaťažený okraj) viz obr.10.3.5	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	3d

Obr.10.3.1 Rozstupy a_1 a a_2 koniecObr. 10.3.2 Vzdialenosť $a_{3,t}$ zat'aženýObr. 10.3.3 Vzdialenosť $a_{3,c}$ Obr. 10.3.4 Vzdialenosť $a_{4,t}$ Obr. 10.3.4 Vzdialenosť $a_{4,c}$

Usporiadanie a rozmery spojovacích prostriedkov v spoji a rozstupy a vzdialenosti od okrajov a koncov sa musia zvoliť tak., aby bola dosiahnutá očakávaná pevnosť a tuhosť.

10.4 Posúdenie

Pre posudok spoja musí byť splnená podmienka:

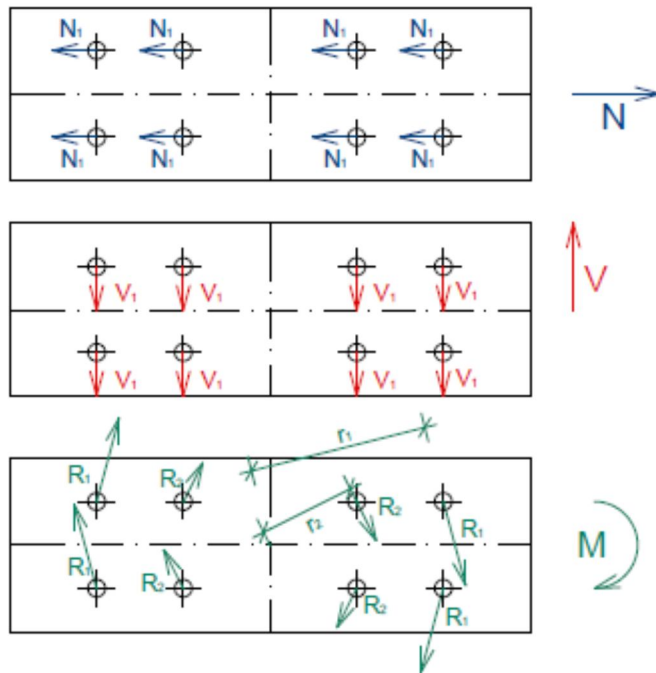
$$F_{Ed} \leq F_{v,Rd}$$

Kde:

F_{Ed} je návrhová sila pôsobiaca na jeden spojovací prostriedok

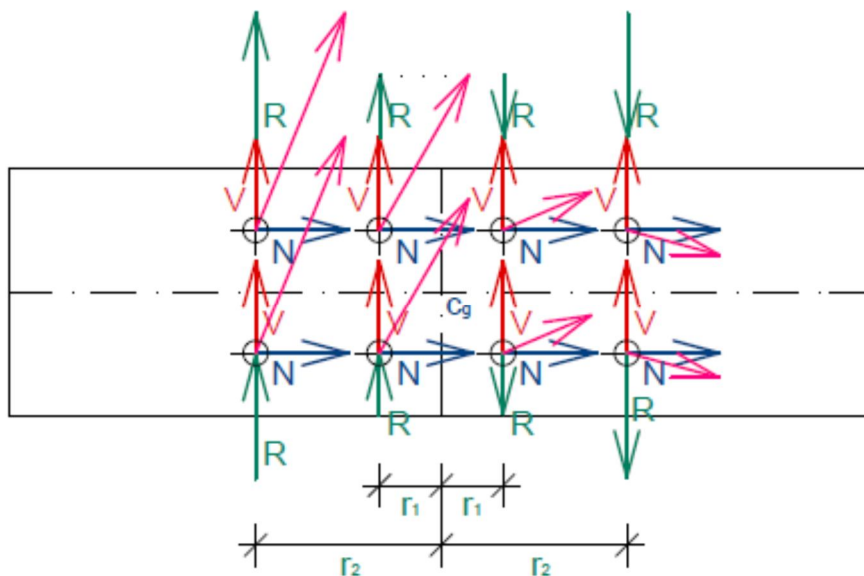
$F_{v,Rd}$ je návrhová únosnosť jedného strihu jedného spojovacieho prostriedku

Sila pôsobiaca na jeden spojovací prostriedok je výslednica všetkých síl pôsobiacich na daný spojovací prostriedok. Ak na spoj pôsobí normálová sila jej účinky sa rovnomerne rozdelia medzi všetky spojovacie prostriedky. Posúvajúca sila pôsobiaca na spoj sa taktiež rovnomerne rozdelí medzi všetky spojovacie prostriedky. Ak na spoj pôsobí moment, na každý spojovací prostriedok pôsobí sila od tohto momentu, na určitom ramene. To závisí na polohe daného spojovacieho prostriedku. Rameno je vzdialenosť spojovacieho prostriedku od ťažiska spoja.



Obr. 10.4.1 Rozdelenie vnútorných síl na jednotlivé svorníky

Sily pôsobiace na jednotlivé svorníky od momentu majú v každom spojovacom prostriedku iný smer. Pre zjednodušenie výpočtu budeme počítať, že majú smer kolmý na smer vlákien. Taktiež pre zjednodušenie budeme počítať, že rameno je vzdialenosť spojovacieho prostriedku od ťažiska vo vodorovnom smere, viz obr. 10.4.2.



Obr. 10.4.2 Rozdelenie síl na jednotlivé spojovacie prostriedky

11. Návrh spojov

V poškozených místech konstrukce, v zadaných rezoch, boli navrhnuté spoje. Boli nadimenzované na vnútorné sily, ktoré sú výsledkom výpočtu z programu Scia Engineering, viz kapitola 8. Konkrétne posudky sú uvedené v prílohách 16.4 až 16.7.

11.1 Spoj v reze 1-1', väznica

Na väznici bol navrhnutý jedno strižný spoj, spojovacím prostriedkom sú svorníky.

Geometria a uloženie svorníkov je zobrazené na obr. 11.1.1

Spoj pozostáva z 24 svorníkov, priemeru 8 mm.

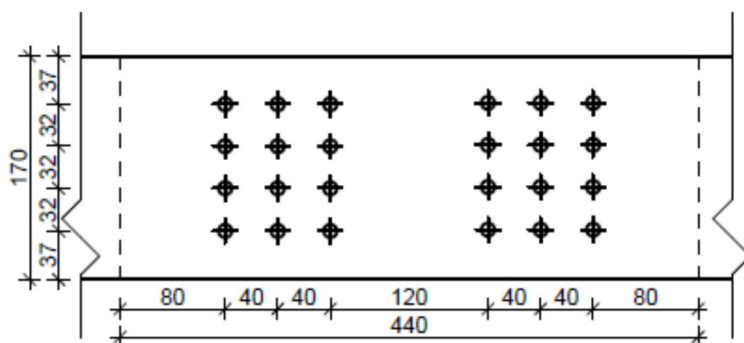
Veľkosť spoja je z 440 mm.

Charakteristická únosnosť jedného spojovacieho prostriedku je $F_{v,Rd} = 2664,4 \text{ N}$

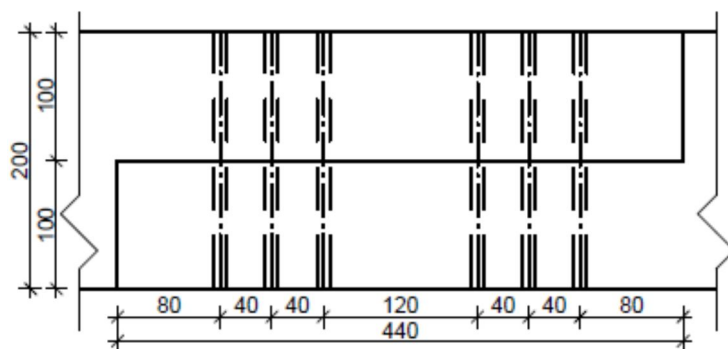
Maximálna pôsobiaca sily na jeden spojovací prostriedok je $F_{Ed} = 2626,5 \text{ N}$

Tab11.1 Rozstupy a vzdialenosti

	MIN	NÁVRH	POSÚDENIE
a ₁	40	40	VYHOVUJE
a ₂	32	32	VYHOVUJE
a ₃	80	80	VYHOVUJE
a ₄	32	37	VYHOVUJE



Obr. 11.1.1 Spoj na väznici



Obr. 11.1.2 Rez spojom na väznici

11.2 Spoj v reze 2-2', väzný trám

Na väznom tráme bol navrhnutý jedno strižný spoj, spojovacím prostriedkom sú svorníky. Geometria a uloženie svorníkov je zobrazené na obr. 11.2.1

Spoj pozostáva z 6 svorníkov, priemeru 10 mm.

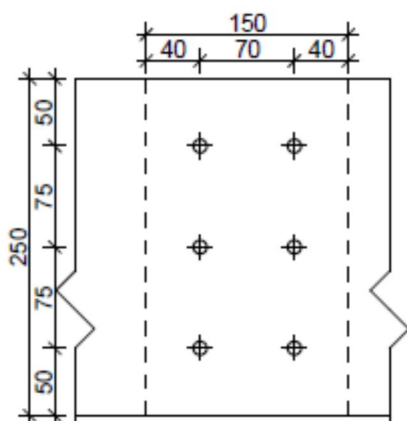
Veľkosť spoja je 150 mm.

Charakteristická únosnosť jedného spojovacieho prostriedku je $F_{v,Rd} = 3898,3N$

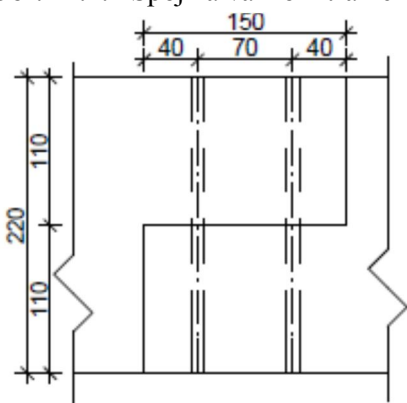
Maximálna pôsobiaca sily na jeden spojovací prostriedok je $F_{Ed} = 2469,5N$

Tab. 11.2 Rozstupy a vzdialenosti

	MIN	NÁVRH	POSÚDENIE
a_1	50	70	VYHOVUJE
a_2	40	75	VYHOVUJE
a_3	40	40	VYHOVUJE
a_4	30	50	VYHOVUJE



Obr. 11.2.1 Spoj na väznom tráme



Obr. 11.2.2 Rez spojom na väznom tráme

11.3 Spoj v reze 3-3', šikmý stĺpik

Na šikmom stĺpiku bol navrhnutý jedno strižný spoj, spojovacím prostriedkom sú svorníky.

Geometria a uloženie svorníkov je zobrazené na obr. 11.3.1

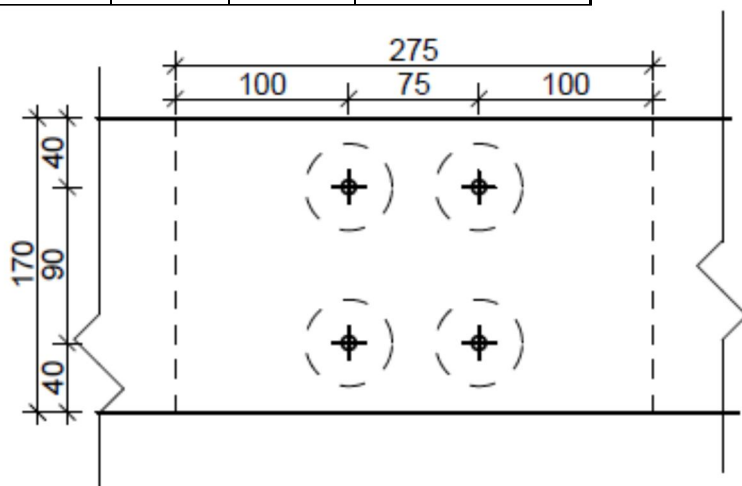
Spoj pozostáva z 4 svorníkov, priemeru 16 mm a 4 ozubených hmoždiniek priemeru 50 mm, Veľkosť spoja je 275 mm.

Charakteristická únosnosť jedného spojovacieho prostriedku je $F_{v,Rd} = 14003 \text{ N}$

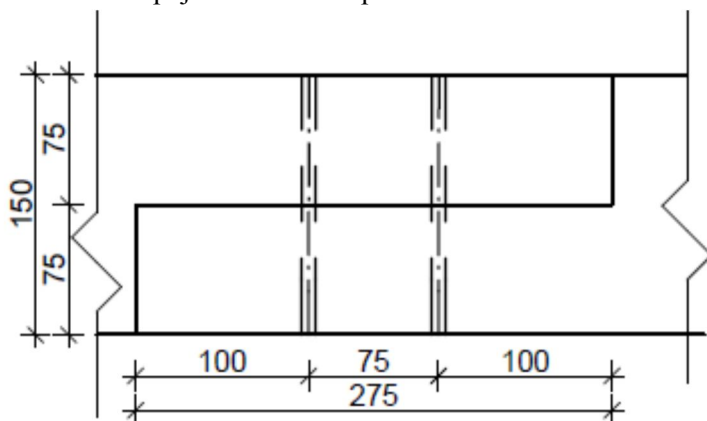
Maximálna pôsobiaca sily na jeden spojovací prostriedok je $F_{Ed} = 11038 \text{ N}$

Tab.11.3 Rozstupy a vzdialenosti

	MIN	NÁVRH	POSÚDENIE
a_1	75	75	VYHOVUJE
a_2	60	90	VYHOVUJE
a_3	100	100	VYHOVUJE
a_4	40	40	VYHOVUJE



Obr. 11.3.1 Spoj na šikmom stĺpiku



Obr. 11.3.2 Rez spojom na šikmom stĺpiku

11.4 Spoj v reze 4-4', krokva

Na krokve bol navrhnutý jedno strižný spoj, spojovacím prostriedkom sú svorníky.

Geometria a uloženie svorníkov je zobrazené na obr. 11.4.1

Spoj pozostáva z 18 svorníkov, priemeru 10 mm.

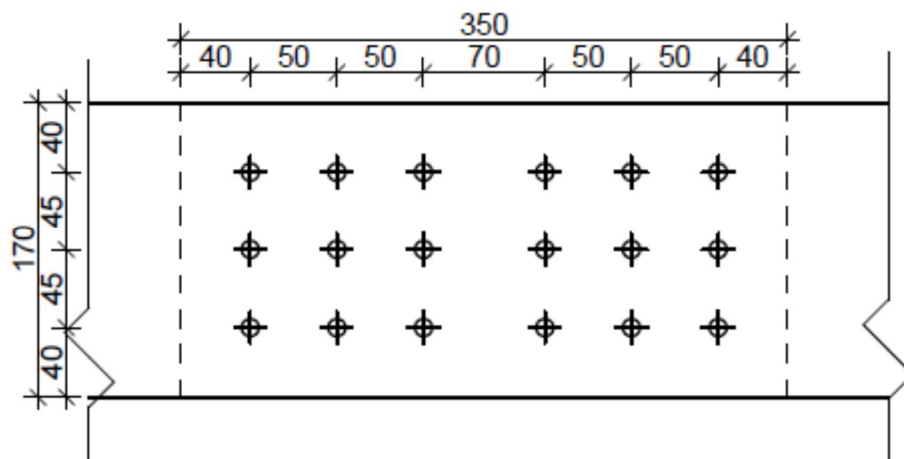
Veľkosť spoja je 350 mm.

Charakteristická únosnosť jedného spojovacieho prostriedku je $F_{v,Rd} = 4774,368 \text{ N}$

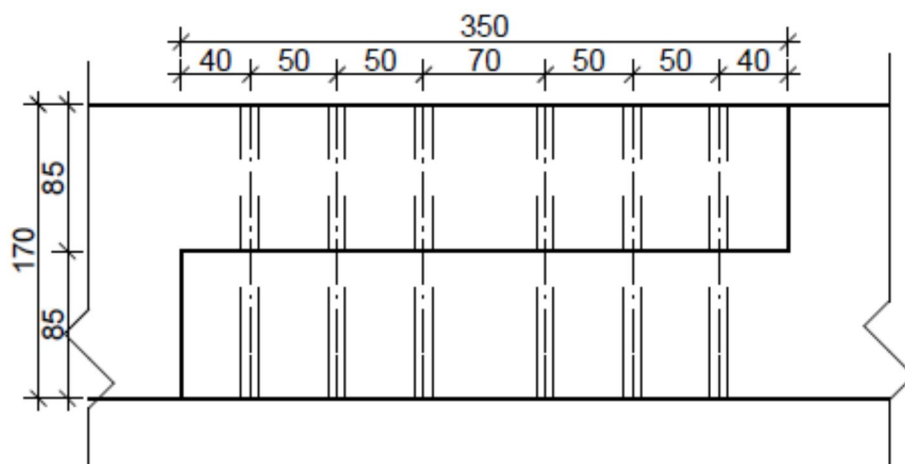
Maximálna pôsobiaca sily na jeden spojovací prostriedok je $F_{Ed} = 4535,363 \text{ N}$

Tab. 11.4 Rozstupy a vzdialenosti

	MIN	NÁVRH	POSÚDENIE
a_1	50	50	VYHOVUJE
a_2	40	45	VYHOVUJE
a_3	40	40	VYHOVUJE
a_4	40	40	VYHOVUJE



Obr. 11.4.1 Spoj na krokve



Obr. 11.4.2 Rez spojom na krokve

12. Závěr

Predmetom tejto bakalárskej práce bola rekonštrukcia historického krovu koniarne v komplexe zámku Žehušice. Rekonštrukcia bola nutná z dôvodu poškodenia pôvodnej konštrukcie, ktoré bolo spôsobené škodcami, pôsobením vody a drevokazných húb. Miesta poškodenia boli zistené makroskopickým prieskumom danej konštrukcie, ktoré boli poskytnuté firmou A+Z Projekt Team s.r.o., ktorá túto rekonštrukciu realizovala. Bol uskutočnený návrh a posúdenie nových, nahradených časti - protéz. Taktiež bolo nutné navrhnuť a posúdiť spoje, ktoré spájajú nové, vymenené prvky s pôvodnými prvkami historického krovu.

Boli teda navrhnuté 4 spoje na poškodených nosných prvkoch pôvodnej konštrukcie. V plnej väzbe krovu to bol šikmý stĺpik, väzný trám a krokva a v jalovej väzbe to bol prvok dolnej väznice. Na každom rekonštruovanom prvku bolo nutné posúdiť celý prierez, oslabený prierez – teda polovičný, ktorý sa nachádza v spoji a samotný spoj. Posudky boli vypočítané podľa ČSN EN 1995-1-1 Navrhovanie drevených konštrukcií. Vnútorne sily boli spočítané pomocou programu Scia Engineering, v ktorom bol vytvorený priestorový výpočtový model charakteristického výseku konštrukcie, vymodelovaný na základe pôvodnej projektovej dokumentácie.

Konštrukcia ako taká však nebola znovu posudzovaná, predpokladáme totiž, že má dostatočnú únosnosť, keďže nevykazuje viditeľné deformácie.

13. Literatura

- [1] ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.114 stran. Třídící znak: 73 1701.
- [2] ČSN EN 1990. *Eurokód :Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.75 stran. Třídící znak: 73 0002.
- [3] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukce - Část 1-1. Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíhy a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003.43 stran. Třídící znak: 73 0035.
- [4] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukce - Část 1-3. Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.37 stran. Třídící znak: 73 0035.
- [5] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukce - Část 1-4. Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.129 stran. Třídící znak: 73 0035.
- [6]BÁČOVÁ, Marie a Bohumil KOŽELOUH. *Dřevěné konstrukce podle eurokódu: Step 2-Navrhování detailů a nosných systému*. Informační centrum ČKAIT. 2007. ISBN 8086769135.
- [7]KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. *Navrhování dřevěných konstrukcí – Příručka k ČSN 1995-1-1*Informační centrum ČKAIT. 2010. ISBN 9788087093887.
- [8][WWW.FCE.VUTBR.CZ](http://www.fce.vutbr.cz), *Spoje ocelových konstrukcí*,[online]. 2011 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/BO02/BO02_cvi_02.pdf
- [9]WWW.ZEHUSICE.CZ, *Žehušice*,[online]. 2010 [cit. 2013-05-19]. Dostupné z: http://www.zehusice.cz/zehusice/Zehusice_turist.html

14. Zoznam použitých skratiek

Veľké latinské písmená

A	plocha prierezu
$E_{0,05}$	hodnota 5 %-ného kvantilu modulu pružnosti
E_{mean}	priemerná hodnota modulu pružnosti
F	sila
$F_{\text{ax,Ed}}$	návrhová sila v smere osi spájacieho prostriedku
$F_{\text{ax,Rd}}$	návrhová odolnosť spájacieho prostriedku proti vytiahnutiu
$F_{\text{ax,Rk}}$	charakteristická hodnota odolnosti spájacieho prostriedku proti vytiahnutiu
F_c	tlaková sila
F_d	návrhová sila
F_t	ťahová sila
$F_{v,Ed}$	návrhová odolnosť proti ustrihnutiu jedného spájacieho prostriedku v jednej šmykovej škáre
$F_{v,Rd}$	návrhová odolnosť jedného spájacieho prostriedku v jednej strihovej škáre; návrhová odolnosť výstužnej steny
$F_{v,Rk}$	charakteristická hodnota odolnosti jedného spájacieho prostriedku v jednej strihovej škáre
$G_{0,05}$	5 %-ný kvantil modulu pružnosti v šmyku
G_{mean}	priemerná hodnota modulu pružnosti v šmyku
I_z	moment 2. stupňa plochy ku slabej osi
M_d	návrhový moment
$M_{y,Rk}$	charakteristická hodnota plastického momentu spájacieho prostriedku
N	normálová sila
$R_{\text{ax,d}}$	návrhová hodnota odolnosti spoja zaťaženého v smere osi
$R_{\text{ax,k}}$	charakteristická hodnota odolnosti spoja zaťaženého v smere osi
R_d	návrhová hodnota odolnosti
R_k	charakteristická hodnota odolnosti
W_y	prierezový modul prierezu k osi y
X_d	návrhová hodnota pevnostnej vlastnosti
X_k	charakteristická hodnota pevnostnej vlastnosti

Malé latinské písmená

a	vzdialenosť
a_1	vzdialenosť spájacích prostriedkov v smere vláken
a_2	vzdialenosť radov spájacích prostriedkov v smere kolmom na vlákna
$a_{3,c}$	vzdialenosť spájacieho prostriedku od nenamáhaného konca dreva
$a_{3,t}$	vzdialenosť spájacieho prostriedku od namáhaného konca dreva
$a_{4,c}$	vzdialenosť spájacieho prostriedku od nenamáhaného okraja dreva
$a_{4,t}$	vzdialenosť spájacieho prostriedku od namáhaného okraja dreva
b	šírka
d	priemer
$f_{\text{ax,k}}$	charakteristická hodnota parametra pri vyťahovaní klinca
$f_{e,0,d}$	návrhová hodnota pevnosti v tlaku v smere vláken
$f_{e,90,k}$	charakteristická hodnota pevnosti v tlaku kolmo na vlákna
$f_{m,k}$	charakteristická hodnota pevnosti v ohybe
$f_{m,y,d}$	návrhová hodnota pevnosti v ohybe okolo hlavnej osi y
$f_{m,z,d}$	návrhová hodnota pevnosti v ohybe okolo hlavnej osi z
$f_{m,\alpha,d}$	návrhová hodnota pevnosti v ohybe pod uhlom α k vláknam
$f_{t,0,d}$	návrhová hodnota pevnosti v ťahu v smere vláken
$f_{t,0,k}$	charakteristická hodnota pevnosti v ťahu v smere vláken
$f_{t,90,d}$	návrhová hodnota pevnosti v ťahu kolmo na vlákna

$f_{v,0,d}$	návrhová hodnota pevnosti v strihu pri doskovom namáhaní
$f_{v,d}$	návrhová hodnota pevnosti v šmyku
h	výška; výška steny
$k_{c,y}, k_{c,z}$	súčinitele vzperu
k_{crit}	faktor straty stability ohybom z roviny
k_m	faktor rozdelenia ohybových napätí v priereze
k_{mod}	modifikačný faktor trvania zaťaženia a vlhkosti dreva
k_v	zmenšujúci faktor nosníkov s výrezom
k_y, k_z	súčinitele vzperu
l	rozpätie; kontaktná dĺžka

Malé grécke písmená

α	uhol medzi smerom x a silou pri kovovej doske s prelisovanými trňmi; uhol medzi silou a smerom vláken; uhol medzi smerom sily a namáhaným koncom dreva
λ_y	štíhlostný pomer pre stratu stability ohybom okolo osi y
λ_z	štíhlostný pomer pre stratu stability ohybom okolo osi z
$\lambda_{rel,y}$	pomerná štíhlosť pre stratu stability ohybom okolo osi y
$\lambda_{rel,z}$	pomerná štíhlosť pre stratu stability ohybom okolo osi z
ρ_k	charakteristická hodnota hustoty
ρ_m	priemerná hodnota hustoty
$\sigma_{c,0,d}$	návrhová hodnota napätia v tlaku v smere vláken
$\sigma_{c,\alpha,d}$	návrhová hodnota napätia v tlaku pod uhlom α k smeru vláken
$\sigma_{m,crit}$	kritické ohybové napätie
$\sigma_{m,y,d}$	návrhová hodnota napätia od ohybu okolo hlavnej osi y
$\sigma_{m,z,d}$	návrhová hodnota napätia od ohybu okolo hlavnej osi z
$\sigma_{m,\alpha,d}$	návrhová hodnota ohybového napätia pod uhlom α k smeru vláken
$\sigma_{t,0,d}$	návrhová hodnota ťahového napätia v smere vláken
$\sigma_{t,90,d}$	návrhová hodnota ťahového napätia kolmo na vlákna
τ_d	návrhová hodnota šmykového napätia

15. Zoznam príloh

16.1 Výpočet zaťaženie snehom	55
16.2 Výpočet zaťaženia vetrom	56
16.3 Materiálová charakteristiky	60
16.4 Posúdenie väznice	
16.4.1 Posúdenie plného prierezu	61
16.4.2 Posúdenie polovičného prierezu	67
16.4.3 Posúdenie spoja	72
16.5 Posúdenie väzného trámu	
16.5.1 Posúdenie plného prierezu	77
16.5.2 Posúdenie polovičného prierezu	80
16.5.3 Posúdenie spoja	83
16.6 Posúdenie šikmého stĺpika	
16.6.1 Posúdenie plného prierezu	88
16.6.2 Posúdenie polovičného prierezu	93
16.6.3 Posúdenie spoja	97
16.7 Posúdenie krokve	
16.7.1 Posúdenie plného prierezu	103
16.7.2 Posúdenie polovičného prierezu	108
16.7.3 Posúdenie spoja	112