



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ZASTŘEŠENÍ VÍCEÚČELOVÉHO SPORTOVNÍHO OBJEKTU

THE ROOF STRUCTURE OF A MULTIPURPOSE SPORT BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Robert Malchárek

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Robert Malchárek
Název	Zastřešení víceúčelového sportovního objektu
Vedoucí práce	Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2016
Datum odevzdání	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

1. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, Structural Timber Education Programme, Part 1, Navrhování a konstrukční materiály. Centrum Hout, The Netherlands, 1995, autorizovaný překlad Koželouh, B., 1998
2. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, Structural Timber Education Programme, Part 2, Navrhování a konstrukční detaily. Centrum Hout, The Netherlands, 1995, autorizovaný překlad Koželouh, B., 2004
3. ČSN EN 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí
4. Straka, B. Navrhování dřevěných konstrukcí, CERM, s.r.o., Brno, 1996
5. Straka, B., Sýkora, K. Dřevěné konstrukce. Studijní opora, Modul BO03-MO1 až BO03-MO5
6. Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí, Koželouh, B., IC ČKAIT, 2009
7. ČSN 73 1702 Navrhování dřevěných stavebních konstrukcí

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Navrhněte dřevěnou nosnou obloukovou konstrukci sportovní haly pro lokalitu Šumperk a rozpětí konstrukce 45m. Konstrukci navrhněte z lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva a ocelových nosných prvků.

Vypracujte technickou zprávu včetně alternativ řešení, statický výpočet vybrané alternativy, odpovídající výkresovou projekční dokumentaci a orientační výkaz spotřeby materiálu.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je návrh a posouzení dřevěné nosné obloukové konstrukce sportovní haly pro lokalitu Šumperk. Půdorysné rozměry objektu jsou 45,0 x 48,0 m s maximální výškou 15,0 m. Řešení je vybráno na základě dvou zpracovaných variant. Konstrukce je navržena na mezní stavy únosnosti a použitelnosti. Víceúčelovou sportovní halu tvoří 13 příčných vazeb v osové vzdálenosti 4,0m. Hlavní nosný systém tvoří oblouková konstrukce navržena jako trojkloubový příhradový vazník z rostlého dřeva a ve druhé variantě jako plnostěnný vazník z lepeného lamelového dřeva. Podélná a příčná ztužidla zajišťují prostorovou tuhost konstrukce. Střešní plášť je nesen krokviemi uloženými na vaznicích, které jsou kotveny do horního pásu vazníku. Ve štítových stěnách jsou navrženy ocelové sloupy. Práce byla řešena za pomoci softwarového programu Scia Engineer 2014. Vybrané prvky obou variant byly posouzeny ručním výpočtem. Součástí práce je statický výpočet, řešení spojů, detailů, výkresová dokumentace konstrukce a výrobní výkres části vazníku.

KLÍČOVÁ SLOVA

diplomová práce, víceúčelová sportovní hala, dřevěný příhradový vazník, obloukový vazník, rostlé dřevo, lepené lamelové dřevo, návrh a posouzení konstrukce zastřešení

ABSTRACT

The subject of the Diploma thesis is a design wooden structures of a multipurpose sport building in Šumperk. The floor plan measurements of the building are 45,0 x 48,0 m with the maximum height 15,0 m. The solution is chosen on the basis of two variants. The structures is designed with respect to ultimate and serviceability limit states. The multipurpose sport building is consist of 13 main truss centre to centre spacing 4,0m. The main structural system is design as the three-hinged arched structure made of solid timber and in the second variant as the arched structure made of glue laminated timber. The spatial rigidity of the structure is secured of diagonal bracing. The roofing is carried by rafter which are safed by purlin and then by upper chord. The steel columns are design as a part of gable wall. The project was carried out in the scia Engineer 2014 software. Some of the particular elements both variants were checked and designed by manually calculating. The thesis includes structural design report, joints structures, drawings and production drawing the element of the three-hinged arched structure.

KEYWORDS

diploma thesis, multipurpose sport building, timber truss girder, arched girder, solid timber, glue laminated timber, design and check the roof structure

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Robert Malchárek *Zastřešení víceúčelového sportovního objektu*. Brno, 2017. 83 s., 38 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 12. 1. 2017

Bc. Robert Malchárek
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 12. 1. 2017

Bc. Robert Malchárek
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych velice rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, Ing. Stanislavu Buchtovi, Ph.D., za cenné rady, odborné připomínky a pomoc, které mi během práce poskytoval. Jeho zkušenosti a vědomosti obohatily nejen mou práci, ale i mě samotného.

V Brně dne 12. 1. 2017

Bc. Robert Malchárek
autor práce

OBSAH:

A – PRŮVODNÍ ZPRÁVA

B – TECHNICKÁ ZPRÁVA

C – STATICKÝ VÝPOČET

D – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Seznam použitých zdrojů:

ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem

ČSN EN 1991: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem

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

Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 - Step 1 Navrhování a konstrukční materiály, Bohumil Koželouh 1998

Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 - Step 2 Navrhování detailů a nosných systémů, Informační systém ČKAIT, Praha 2007

Straka S., Pechalová J.: Dřevěné konstrukce, Brno 1996

Kuklík P.: Dřevěné konstrukce, Informační centrum ČKAIT, Praha 2005

ČSN 73 1702 Navrhování dřevěných stavebních konstrukcí

ČSN EN 1993: Eurokód 1: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků

Straka, B. Navrhování dřevěných konstrukcí, CERM, s.r.o., Brno, 1996

Straka, B. Sýkora, K. Dřevěné konstrukce. Studijní opora, Modul BO03-MO1 až BO03-MO5



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

A – PRŮVODNÍ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Robert Malchárek

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2017

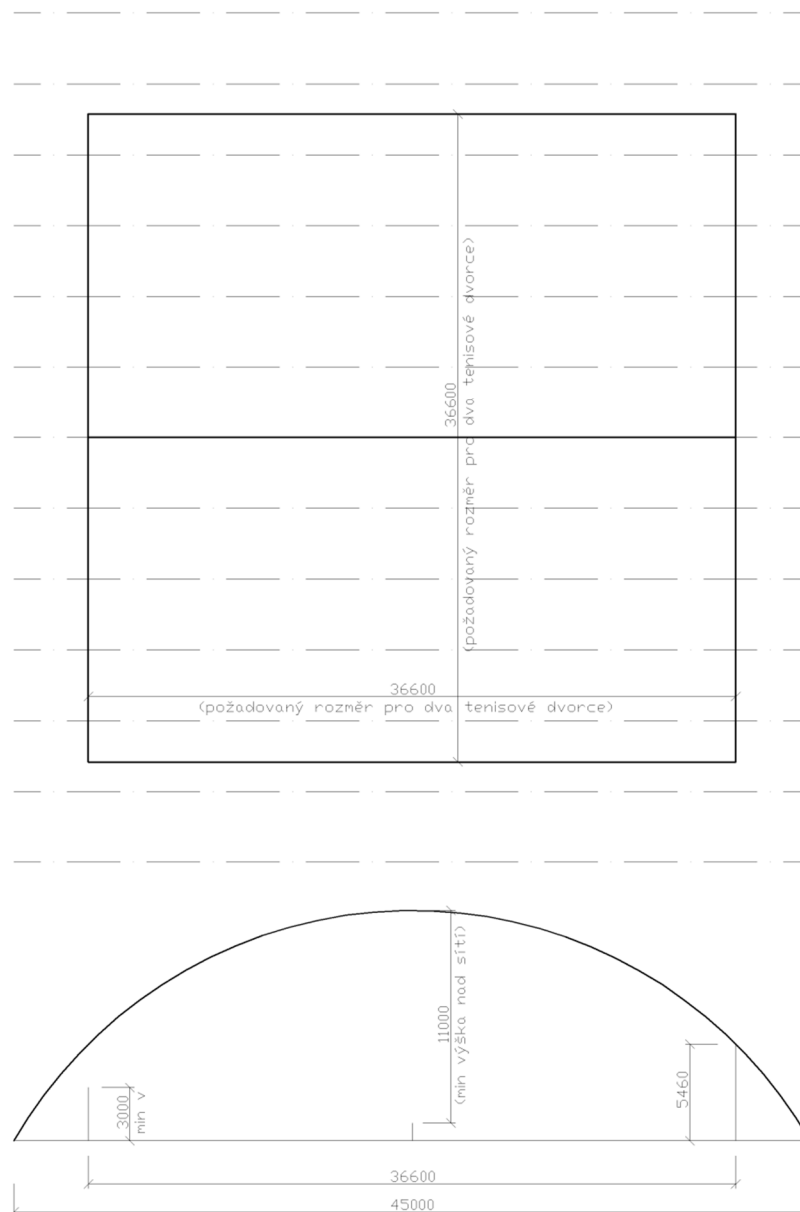
OBSAH:

1 ÚVOD.....	1
2 VARIANTY ŘEŠENÍ.....	2
2.1 VARIANTA 1.....	2
2.1.1 ZHODNOCENÍ KONSTRUKCE.....	2
2.2 VARIANTA 2.....	3
2.2.1 ZHODNOCENÍ KONSTRUKCE.....	4

1 Úvod

Předmětem zadání diplomové práce bylo navrhnout dřevěnou nosnou obloukovou konstrukci sportovní haly pro lokalitu Šumperk a rozpětí konstrukce 45 m. S ohledem na zadání a využití sportovní haly, byla navržena konstrukce o maximálních půdorysných rozměrech 45 x 48 m. Výška konstrukce činí 15 m. Rozměrové požadavky na konstrukci vyplývají z nároků na dva tenisové kurty.

Výchozí schéma konstrukce:



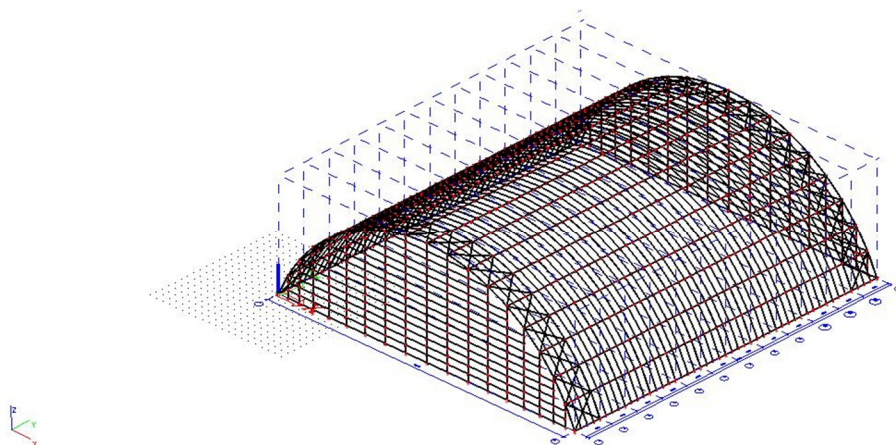
GL24h	22 390 kg	
Objem dř. prvků konstrukce:		
C22	290 m ³	
GL24h	59 m ³	
Počet prvků:	2012 ks (vyjma čelních stěn)	
Odhadovaná cen za materiál:		
C22	2 102 500 Kč	(při ceně 7250Kč/m ³)
GL24h	335 850 Kč	(při ceně 15000Kč/m ³)
Součet	2 438 350 Kč	

2.2 Varianta 2

V této variantě bylo použito stejné řešení střešního pláště, systému krokví a vaznic. Rozdíl oproti variantě A je v hlavní nosné části konstrukce zastřešení. Zde byl návrh proveden jako plnostěnný vazník z lepeného lamelového dřeva GL24h. Geometrie a osová vzdálenost příčných vazeb zůstala rovněž stejná z důvodu možnosti porovnání obou variant.

K zajištění tuhosti jsou navrženy příčné a podélné ztužidla. Příčná ztužidla jsou navržena z ocelových trubek. Vybočení spodního pásu vazníku je zajištěno vzpěrami, které přenáší síly do vaznic.

Podpory jsou opět navrženy jako kloubový čep. Tato varianta byla řešena na úrovni návržení a posouzení profilů v softwaru Scia Engineer 2014. Hlavní prvky byly ověřeny ručním výpočtem.



2.2.1 Zhodnocení konstrukce

Hmotnost dř. prvků konstrukce:

C22 23 572 kg

GL24h 131 070 kg

Objem dř. prvků konstrukce:

C22 70 m³

GL24h 345 m³

Počet prvků: 1207 ks (vyjma čelních stěn)

Odhadovaná cen za materiál:

C22 507 500 Kč (při ceně 7250Kč/m³)

GL24h 5 175 000 Kč (při ceně 15000Kč/m³)

Součet 5 682 500 Kč



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

B – TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Robert Malchárek

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2017

OBSAH:

1	Obecné údaje.....	1
1.1	Úvod.....	1
1.2	Dispozice.....	1
2	Použitá literatura a normativní dokumenty.....	3
3	Zatěžovací údaje.....	4
3.1	Zatížení stálé.....	4
3.2	Zatížení stálé – tíha střešního pláště a opláštění.....	4
3.3	Zatížení nahodilé.....	4
4	Popis jednotlivých částí konstrukce.....	5
4.1	Střešní plášť.....	5
4.2	Krokve.....	5
4.3	Vaznice.....	5
4.4	Vazník.....	5
4.5	Příčné ztužidlo.....	5
4.6	Podélné ztužidlo.....	5
4.7	Kloubový spoj.....	6
4.8	Kotvení vazníků.....	6
4.9	Kotvení sloupů čelní stěny.....	6
4.10	Připojení čelního sloupu na vazník.....	6
4.11	Montážní styk.....	6
5	Povrchová úprava a protipožární ochrana.....	7
6	Montáž.....	7
7	Výpočet.....	7

1 Obecné údaje

1.1 Úvod

Předmětem zadání diplomové práce bylo navrhnout dřevěnou nosnou obloukovou konstrukci zastřešení sportovní haly pro lokalitu Šumperk a rozpětí konstrukce 45 m.

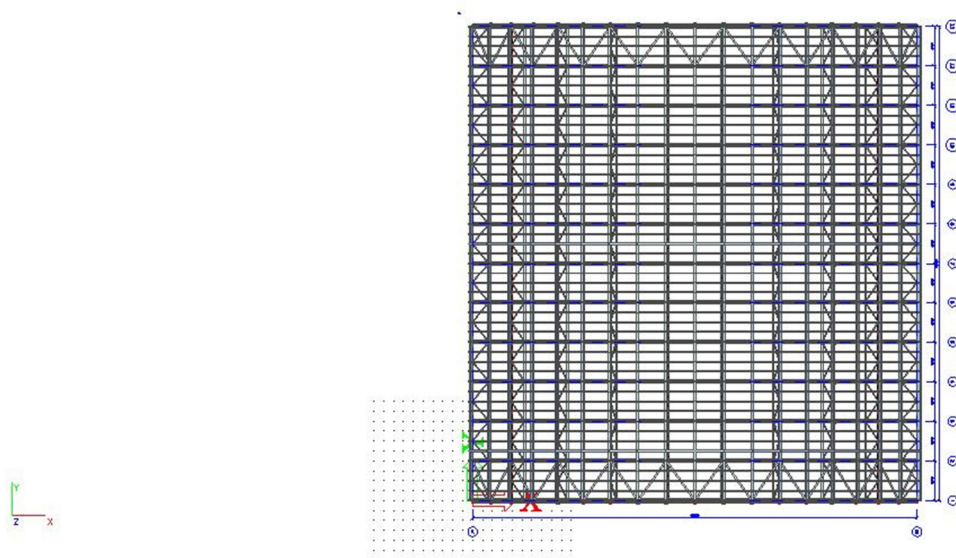
S ohledem na zadání a využití sportovní haly, byla navržena konstrukce o maximálních půdorysných rozměrech 45 x 48 m. Výška konstrukce činí 15 m. Rozměrové požadavky na konstrukci vyplývají z nároků na dva tenisové kurty. Nosná konstrukce je navržena ze dřeva pevnosti C22, lepeného lamelového dřeva GL24h a oceli S235, S355 pro sloupy čelních stěn a použité spojovací prostředky.

Hlavní nosný systém tvoří trojkloubový příhradový vazník z rostlého dřeva pevnosti C22.

1.2 Dispozice

Šířka: (rozpětí)	45,0 m
Délka:	48,0 m
Výška:	15,0 m
Příčný modul:	4,0 m

Schéma objektu: (výpočtový model z programu Scia Engineer 2014)



2 Použitá literatura a normativní dokumenty

ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem

ČSN EN 1991: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem

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

Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 - Step 1 Navrhování a konstrukční materiály, Bohumil Koželouh 1998

Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 - Step 2 Navrhování detailů a nosných systémů, Informační systém ČKAIT, Praha 2007

Straka S., Pechalová J.: Dřevěné konstrukce, Brno 1996

Kuklík P.: Dřevěné konstrukce, Informační centrum ČKAIT, Praha 2005

ČSN 73 1702 Navrhování dřevěných stavebních konstrukcí

ČSN EN 1993: Eurokód 1: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků

Straka, B. Navrhování dřevěných konstrukcí, CERM, s.r.o., Brno, 1996

Straka, B. Sýkora, K. Dřevěné konstrukce. Studijní opora, Modul BO03-MO1 až BO03-MO5

3 Zatěžovací údaje

Navržená konstrukce objektu je navržena na základě statického výpočtu, který respektuje výše uvedené normy a požadavky.

3.1 Zatížení stálé

Vlastní tíha konstrukce byla generována pomocí výpočetního softwaru Scia Engineer 2014.

3.2 Zatížení stálé – Tíha střešního pláště a opláštění

Skladba střešního pláště je navržena jednotná na celé konstrukci. Taktéž opláštění čelních stěn je navrženo ve stejném systému. Skladbu tvoří záklop z OSB desek, systémová deska Bauder tl. 200 mm, latě, kontralatě a střešní plechová krytina Satjam. K výsledné sumě zatížení byla připočtena hodnota $0,10 \text{ kN/m}^2$ jako zatížení vybavení střechy.

3.3 Zatížení nahodilé

Návrh řešeného objektu počítá s umístěním v obci Šumperk, který leží na severu Moravy v Olomouckém kraji.

Zatížení sněhem odpovídá IV sněhové oblasti, charakteristická hodnota $s_k=2,0 \text{ kN/m}^2$.

Zatížení větrem odpovídá II větrné oblasti, konstrukce je navržena na základní rychlost větru $25,0 \text{ m/s}$.

4 Popis jednotlivých částí konstrukce

4.1 Střešní plášť

Střešní plášť je tvořen bedněním z OSB desek tl. 22 mm, které jsou uloženy na systém krokví v osové vzdálenosti prvků 1,0 m. Na bednění bude TI panel Bauder tl. 200 mm, kotvený pomocí latí a kontralatí 40/60 mm. Jako střešní krytina je navržena plechová krytina Satjam Rapid.

4.2 Krokve

Krokve jsou navrženy z profilu 120/180 mm. Použitý materiál je rostlé jehličnaté dřevo pevnosti C22. Osové vzdálenosti krokví jsou 1,0 m. Výpočtové rozpětí je 2,901 m. Spoje mezi krokvemi jsou řešeny jako kloubové.

4.3 Vaznice

Vaznice jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva GL24h profilu 200/320 mm. Vaznice jsou podporovány příhradovým vazníkem. Umístění vaznic je do místa styčnicku na horní pás vazníku. Rozpětí vaznic je 4,0 m. Spoje mezi vaznicemi jsou řešeny kloubově.

4.4 Vazník

Vazník je navržen jako trojkloubová příhradová konstrukce o rozpětí 45,0 m. Osové vzdálenosti vazníku jsou 4,0 m. Materiál je rostlé jehličnaté dřevo C22. Výška vazníku – vzdálenost horního a dolního pásu je 2,0 m. Horní pás je navržen jako složený průřez o rozměrech 2x100/180 s mezilehlou vložkou o rozměru 100/180 mm. Spojení je zajištěno pomocí svorníků průměru 20 mm. Dolní pás je navržen na stejném principu složeného průřezu o rozměrech 2x160/260 mm + 40/260mm, taktéž zajištěn pomocí svorníků průměru 20 mm. Diagonály a svislice jsou navrženy jako centricky tlačené/tažené pruty, vždy ze dvou prvků. Vazníky jsou navrženy jako dvě symetrické konstrukce propojené prostřednictvím svorníků v horním a dolním pásu. Styčnický je zajištěn pomocí dvojice (čtveřice) tenkých plechů tl. 1,5 mm, sbíjených hřebíky průměru 4,0 a 5,6 mm.

4.5 Příčné ztužidlo

Příčná ztužidla jsou navržena v krajních polích. Poloha ztužidel v rovině vazníku je u horního pásu. Zajištěny jsou pomocí ocelových spojovacích prostředků. Jsou navrženy z jehličnatého dřeva pevnosti C22. Příčná ztužidla jsou namáhány osovými tahovými i tlakovými silami. Rozměr ztužidla je 180/180 mm.

4.6 Podélné ztužidlo

Podélné ztužidlo je navrženo v desíti rovinách pro zabezpečení účinků vzpěrného tlaku horního a dolního pásu. Jedná se o systém příhradové konstrukce, jež je tvořena prvky z jehličnatého dřeva pevnosti C22. Připojení do styčnicků je pomocí ocelových spojovacích prostředků. Dimenze podélného

ztužidla je 120/120 mm. Ztužidlo je namáháno tahovými a tlakovými osovými silami.

4.7 Kloubový spoj

Konstrukce je navržena jako trojkloubový nosník. Ve vrcholu je navržen kloubový přípoj pomocí ocelového čepu průměru 40,00 mm. Čep je zajištěn ocelovými deskami třídy S235, z nichž krajní dvě jsou tl. 20,00 mm a prostřední potom tl. 30,00 mm. Desky jsou přivařeny pomocí koutového svaru na čelní desku tl. 20,00 mm. Horní pás a diagonála jsou připojeny do styčnicku pomocí kolíkového spoje s tlustou ocelovou tl. 2x 20 mm deskou umístěnou po stranách vazníku, přivařenou k čelní desce taktéž pomocí koutového obvodového svaru účinné výšky 5,0 mm. Kolíky jsou namáhány jako jednostřížný spoj. Průměr je 20,00 mm, délka 120,00 mm.

4.8 Kotvení vazníků

Vazníky jsou kotveny k patní desce pomocí kloubového čepového spoje. Navržený čep průměru 80,00 mm je z oceli S235. Středový segment je tl. 54,00 mm, krajní dva potom tl. 30,00 mm. Vybočení vlivem vzpěrného tlaku je zabráněno příložkami tl. 15,00 mm. Připojení dolního pásu a podporové svislíce je navrženo jako jednostřížný kolíkový spoj s průměrem kolíku 28,00 mm a tloušťkou postranní desky 30,00 mm. Patní plech je kotven do betonové patky pomocí chemických lepených kotev HILTI HVA 4x27 HAS-E materiál šroubů odpovídá kvalitě 8.8. Podlití patního plechu je navrženo tl. 30,00 mm. Smykové síly jsou přenášeny pouze třením mezi ocelí a betonem.

4.9 Kotvení sloupu čelní stěny

Čelní stěna je navržena z nosných ocelových sloupů profilu HEB 300 oceli S235. Kotvení je navrženo pomocí patního plechu tl. 30,00 mm. Sloup je na tento plech přivařen koutovým obvodovým svarem účinné výšky 5,00 mm. Podlití patního plechu je navrženo tl. 30,00 mm. Patní plech je následně připevněn pomocí chemických lepených kotev HILTI HVA 2x20 HAS-E 170, materiál kotev odpovídá kvalitě 5.8. Přenos smykových sil je zajištěn pomocí patní zářky HEB 120 S235 délky 100,00 mm.

4.10 Připojení čelního sloupu na vazník

Sloupy čelní stěny jsou navrženy v osových vzdálenostech s ohledem na připojení do styčnicku horního pásu vazníku. Spoj bude proveden jako kloubový přípoj pomocí ocelových spojovacích prostředků s oválným otvorem, tak aby byl umožněn průhyb konstrukce a nedocházelo k nadzvedávání krajních vazníků.

4.11 Montážní styk

Z důvodu velkého rozpětí příhradové konstrukce je vazník rozdělen na čtyři dílce. Polovina vazníku je rozdělena pomocí vrcholového čepového spoje. Rozdělení na zbylé segmenty je navrženo pomocí kolíkového dvojstřížného spoje s vloženým ocelovým prvkem, deskou tl. 10 mm.

5 Povrchová úprava a protipožární ochrana

Konstrukce bude opatřena protipožárním nátěrem FLAMGARD. Je to jednosložková vodou ředitelná zpěnitelná nátěrová hmota, která neobsahuje azbest, toxické pigmenty ani chlorové přísady. Vrstva přípravku vytváří šedobílý souvislý hladký matný povlak.

Přípravek byl testován podle ČSN P ENV 13 381-7:2003

Aplikace se provádí štětcem, válečkem nebo vzduchovým stříkáním (tryska 0,018 nebo 0,022", tlak na pistoli 2–2,5 bar, tlak vzduchu 4,5 bar). Ředidlo a čisticí prostředek: teplá voda.

Doporučená okolní teplota při aplikaci štětkou nebo válečkem je +10 až +35°C, optimální je +20 °C. Maximální povolená relativní vlhkost dřeva je 20 % a maximální relativní vlhkost vzduchu 80 %.

6 Montáž

Při montáži konstrukce je velmi důležité dodržování přesných technologických postupů a fází sestavování. Konstrukce je navržena tak, že samotná jedna vazba je navržena ze čtyř výrobních dílců, které budou sestaveny ve výrobě a dopraveny na stavbu.

Postup prací:

- 1) Osazení patních plechů
- 2) Provedení montážních spojů na pásech a diagonálách vazníku – sestavení poloviny vazníku
- 3) Vyzdvižení a osazení krajního vazníku pomocí jeřábů a ukotvení paty vazníku pomocí kotevního čepu
- 4) Provedení čepového spoje ve vrcholu – provedení vazby
- 5) Následuje stejný postup u sousedního vazníku
- 6) Provedení příčných ztužidel
- 7) Výstavba štítové stěny
- 8) Následující pole + kotvení vaznic
- 9) Po sestavení všech příčných nosných vazeb včetně vaznic, krokví a ztužidel, se provede opláštění konstrukce
- 10) Provedení protipožárního nátěru a povrchových úprav konstrukce

7 Výpočet

Výpočtový model konstrukce byl vytvořen v softwarovém programu Scia Engineer 2014. Tento výpočtový program byl použit pro výpočet vnitřních sil a pro posouzení navržených profilů. Hodnoty deformací konstrukce a dílčích částí byly vypočteny pomocí programu Scia Engineer 2014. Spoje byly navrženy a posouzeny výpočty v programu Microsoft Excel.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

C – STATICKÝ VÝPOČET

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Robert Malchárek

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2017

OBSAH:

1 Geometrické uspořádání.....	1
1.1 Půdorys nosné konstrukce.....	1
1.2 Řez.....	1
1.3 Boční pohled.....	2
1.4 Axonometrie.....	2
2 Materiál.....	3
3 Zatížení.....	6
3.1 Zatížení stálá – vlastní tíha konstrukce.....	6
3.2 Zatížení stálá – střešní plášť.....	6
3.3 Zatížení proměnné – sníh.....	6
3.4 Zatížení proměnné – vítr.....	7
3.5 Zatěžovací stavy.....	11
4 Mezní stav použitelnosti.....	12
5 Mezní stav únosnosti.....	13
5.1 Krokev.....	14
5.2 Vaznice.....	18
5.3 Horní pás vazníku.....	23
5.4 Dolní pás vazníku.....	27
5.5 Diagonála vazníku.....	31
5.6 Podporová svislice.....	34
5.7 Svislice vazníku.....	37
5.8 Příčné ztužidlo.....	40
5.9 Podélné ztužidlo.....	43
5.10 Podélné ztužidlo – diagonála.....	46
6 Spoje.....	49
6.1 Kotvení vazníku – podporový čep.....	49
6.2 Kotvení sloupů čelní stěny.....	55
6.3 Kloubový čep – vrchol.....	57
6.4 Přípoj vaznice ve vrcholu.....	61
6.5 Přípoj vaznice na horní pás.....	62
6.6 Připojení krokve na vaznici.....	63
6.7 Styčnickové spoje.....	64
6.8 Montážní spoje.....	68
7 Varianta 2.....	71
7.1 Axonometrie.....	71
7.2 Pohled čelní stěna.....	71
7.3 Pohled boční.....	72
7.4 Deformace žebra.....	72
7.5 Vnitřní síly žebra.....	72

1 GEOMETRICKÉ USPOŘÁDÁNÍ

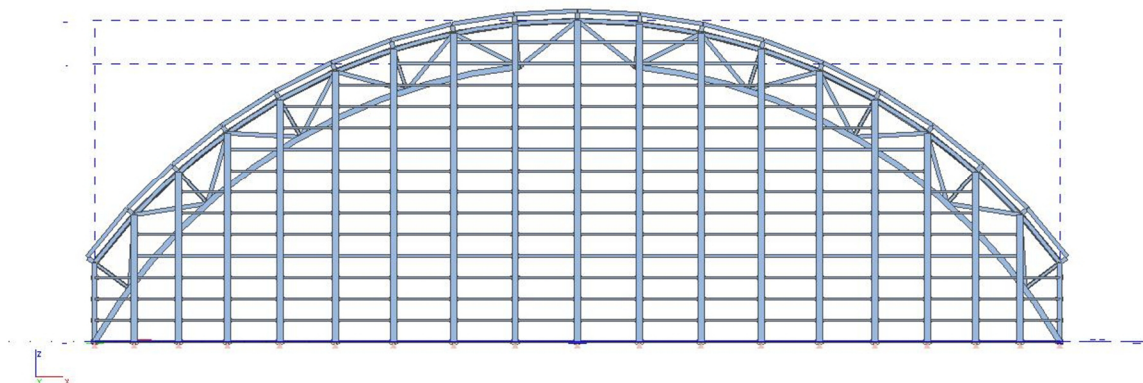
Šířka: (rozpětí)	45,0 m
Délka:	48,0 m
Výška:	15,0 m
Příčný modul:	4,0 m
Výška příhradového vazníku:	2,0 m

Schéma objektu: (výpočtový model z programu Scia Engineer 2014)

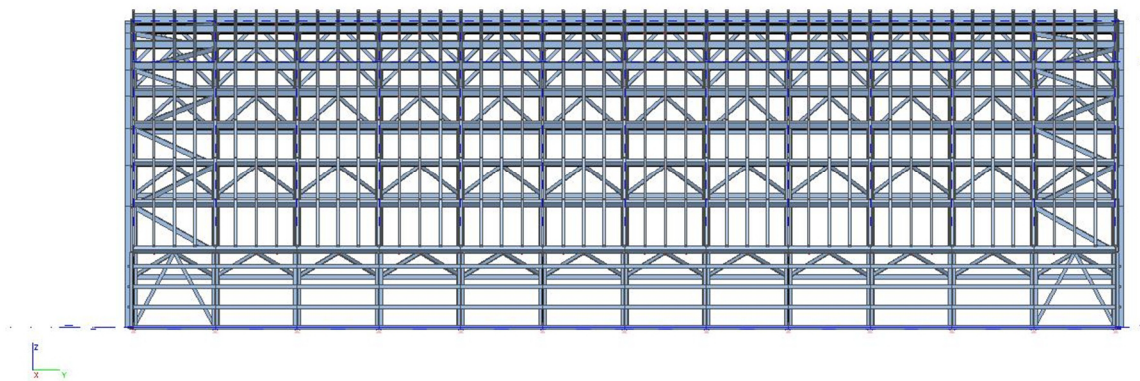
1.1 Půdorys nosné konstrukce



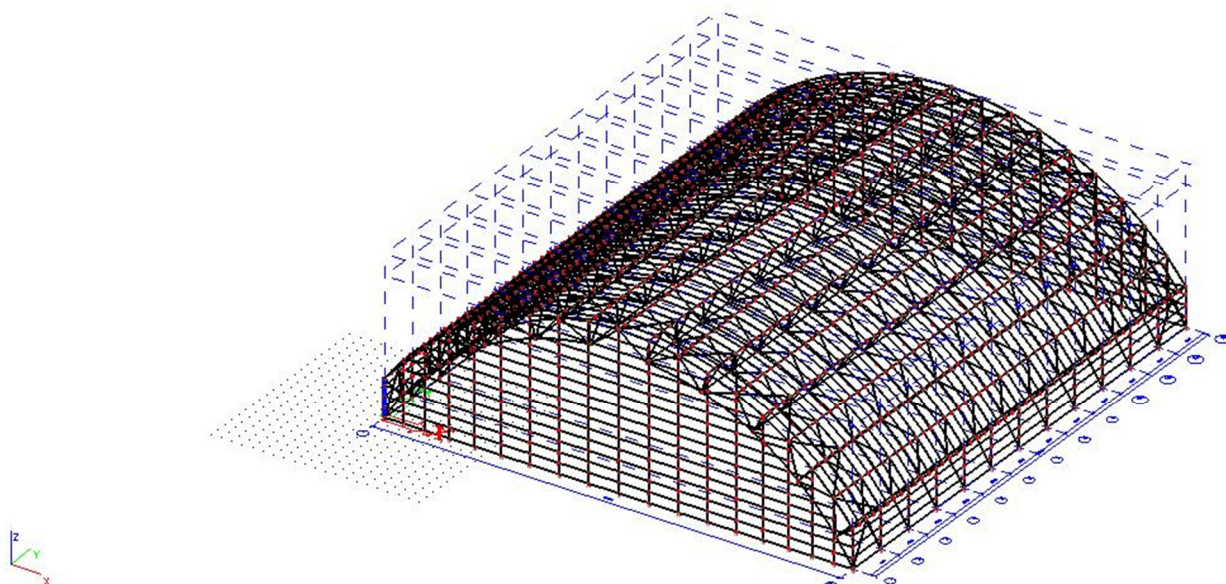
1.2 Řez



1.3 Boční pohled



1.4 Axonometrie



2 Materiál

Jehličnaté dřevo pevnostní třídy C22

(dle ČSN EN 338 a ČSN EN 1194)

pevnostní vlastnosti [$MPa=N/mm^2$]

Ohyb	$f_{m,k} =$	22 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k} =$	13 MPa
Tah kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} =$	0,5 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k} =$	20 MPa
Tlak kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} =$	2,4 MPa
Smyk	$f_{v,k} =$	2,4 MPa

tuhostní vlastnosti [$GPa=kN/mm^2$]

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean} =$	10 GPa
5% kvantil modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05} =$	6,7 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean} =$	0,33 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{mean} =$	0,63 GPa

hustota [kg/m^3]

Hustota	$\rho_k =$	340 kg/m^3
Průměrná hodnota hustoty	$\rho_{mean} =$	410 kg/m^3
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu [-]	$\gamma_m =$	1,3

Lepené lamelové dřevo pevnostní třídy GL24h

(dle ČSN EN 338 a ČSN EN 1194)

pevnostní vlastnosti [$MPa=N/mm^2$]

Ohyb	$f_{m,k} =$	24 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k} =$	16,5 MPa
Tah kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} =$	0,4 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k} =$	24 MPa
Tlak kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} =$	2,7 MPa
Smyk	$f_{v,k} =$	2,7 MPa

tuhostní vlastnosti [$GPa=kN/mm^2$]

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean} =$	11,6 GPa
5% kvantil modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05} =$	9,4 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean} =$	0,39 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{mean} =$	0,72 GPa

hustota [kg/m³]

Hustota	$\rho_k =$	380 kg/m ³
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu [-]	$\gamma_m =$	1,25

OSB desky

(dle ČSN EN 300)

pevnostní vlastnosti [MPa=N/mm²]

pro tloušťku

18<=t<=25 mm

Ohyb hlavní osa $f_{m,0,k} = 16,4$ MPaOhyb vedlejší osa $f_{m,90,k} = 8,2$ MPa*tuhostní vlastnosti [GPa=kN/mm²]*

pro tloušťku

18<=t<=25 mm

Modul pružnosti v ohybu hlavní osa $E_0 = 3,8$ MPaModul pružnosti v ohybu vedlejší osa $E_{90} = 1,4$ MPa*hustota [kg/m³]*

Hustota	$\rho_k =$	600 kg/m ³
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu [-]	$\gamma_m =$	1,2

Ocel S235

(dle ČSN EN 1993-1-1)

*pevnostní vlastnosti [MPa=N/mm²]*Charakteristická mez kluzu $f_{y,k} = 235$ MPaCharakteristická mez pevnosti $F_{u,k} = 360$ MPa*tuhostní vlastnosti [GPa=kN/mm²]*Modul pružnosti $E = 210$ GPa**Ocel 355**

(dle ČSN EN 1993-1-1)

*pevnostní vlastnosti [MPa=N/mm²]*Charakteristická mez kluzu $f_{y,k} = 355$ MPaCharakteristická mez pevnosti $F_{u,k} = 510$ MPa*tuhostní vlastnosti [GPa=kN/mm²]*Modul pružnosti $E = 210$ GPa

Ocel 5.8

(dle ČSN EN 1993-1-8)

pevnostní vlastnosti [MPa=N/mm²]

Charakteristická mez kluzu

 $f_{yb} = 400 \text{ MPa}$

Charakteristická mez pevnosti

 $f_{ub} = 500 \text{ MPa}$ **Ocel 8.8**

(dle ČSN EN 1993-1-8)

pevnostní vlastnosti [MPa=N/mm²]

Charakteristická mez kluzu

 $f_{yb} = 640 \text{ MPa}$

Charakteristická mez pevnosti

 $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$

3 ZATÍŽENÍ

3.1 Zatížení stálá – vlastní tíha nosné konstrukce

Vlastní tíha konstrukce byla automaticky generována ve výpočtovém programu Scia Engineer 2014.

ZS1 – VLASTNÍ TÍHA KONSTRUKCE

3.2 Zatížení stálá – střešní plášť

ZS2 – OSTATNÍ STÁLÉ – STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

Střešní plášť:

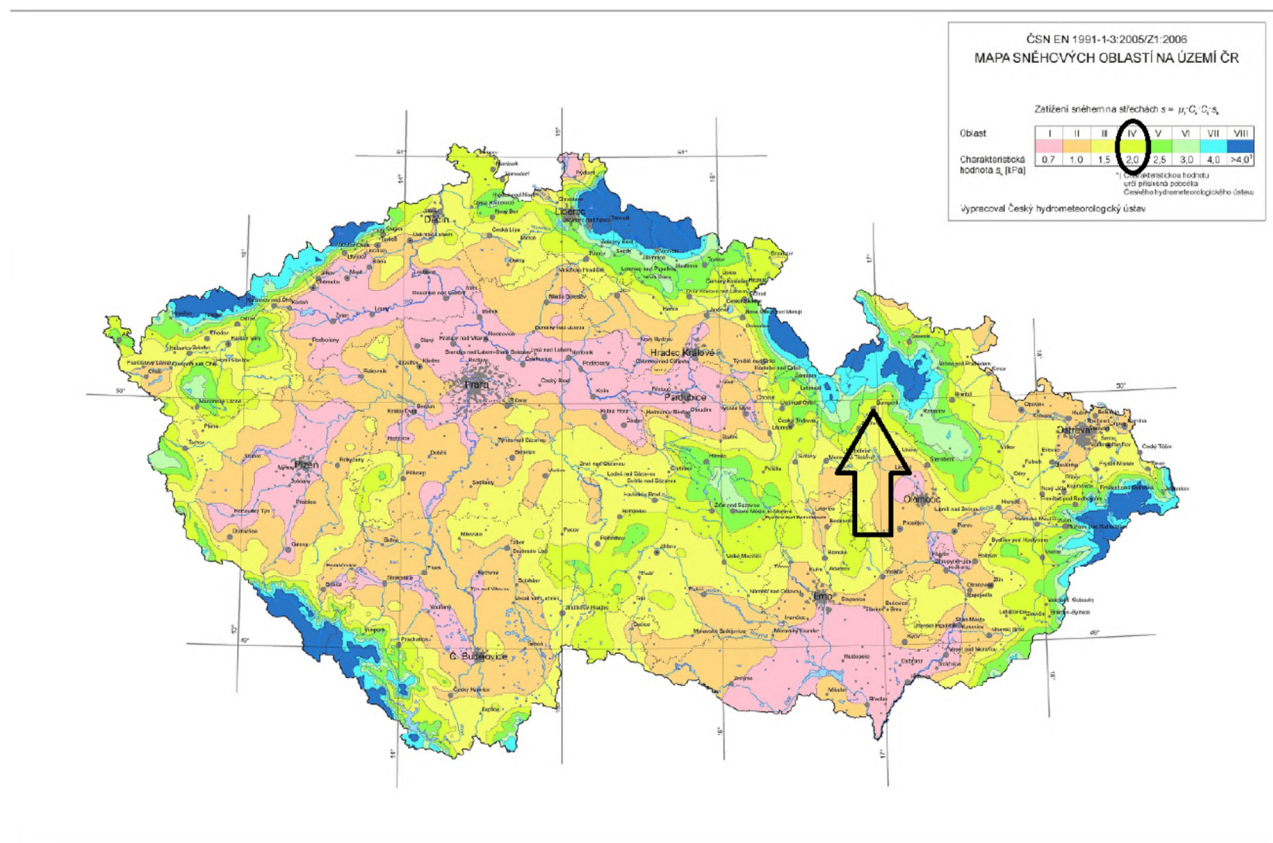
1	vrstva	tl [mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]
2	střešní krytina SATJAM	0,5	8600	4,30	0,04
3	střešní latě (a' 240mm)	40*60	600	6,00	0,06
4	střešní kontralatě	40*60	600	1,44	0,01
5	TI panel PIR ("Bauder")	200	40	8,00	0,08
6	OSB deska (OSB/3)	22	600	13,20	0,13
SUMA					0,32

Střešní vybavení:

	název			[kN/m ²]
	hromosvody			0,10
				[kN/m ²]
SUMA CELKEM				0,42

3.3 Zatížení proměnné - sníh

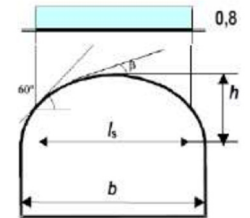
(dle ČSN EN 1991-1-3:2005/Z1:2006)



lokality:	Šumperk	IV sněhová oblast		
charakteristická hodnota			sk=	2,0 kN/m ²
součinitel expozice	(topografie normální)		Ce=	1,0
tepelný součinitel			Ct=	1,0

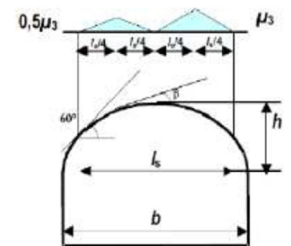
ZS3 – SNÍH – PLNÝ

tvárový součinitel	(válnové střechy)	$\mu_1=$	0,8
h/b=	h=	15	m
	b=	45	m
sníh plný:	h/b=	15/45=	0,3333333 (>1/5)
	s=	0,8*1,0*1,0*2,0=	1,60 kN/m ²



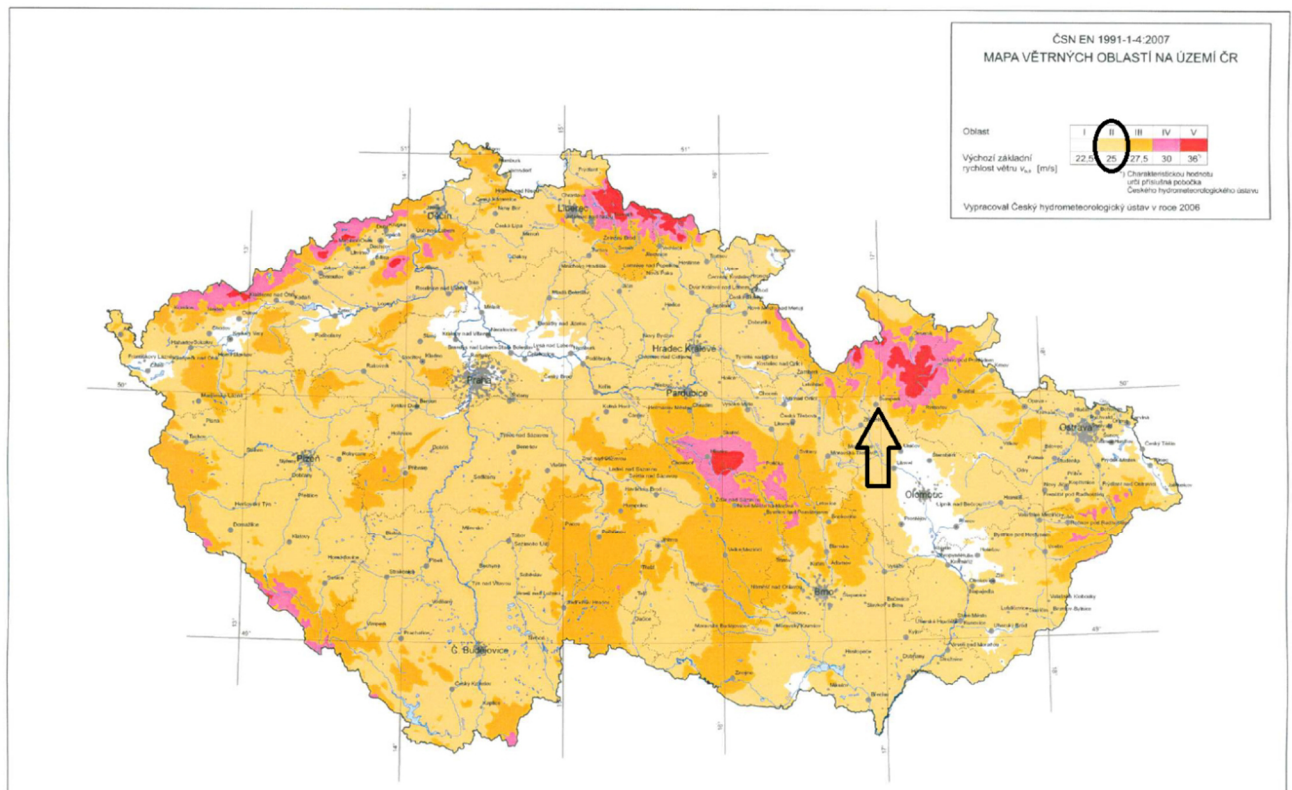
ZS4 – SNÍH – NEROVNOMĚRNÝ

tvárový součinitel	(válnové střechy)	$\mu_3=$	2,0
h/b=	h=	15	m
	b=	45	m
sníh navátý:	h/b=	15/45=	0,3333333 (>1/5)
	s=	2,0*1,0*1,0*2,0=	4,00 kN/m ²



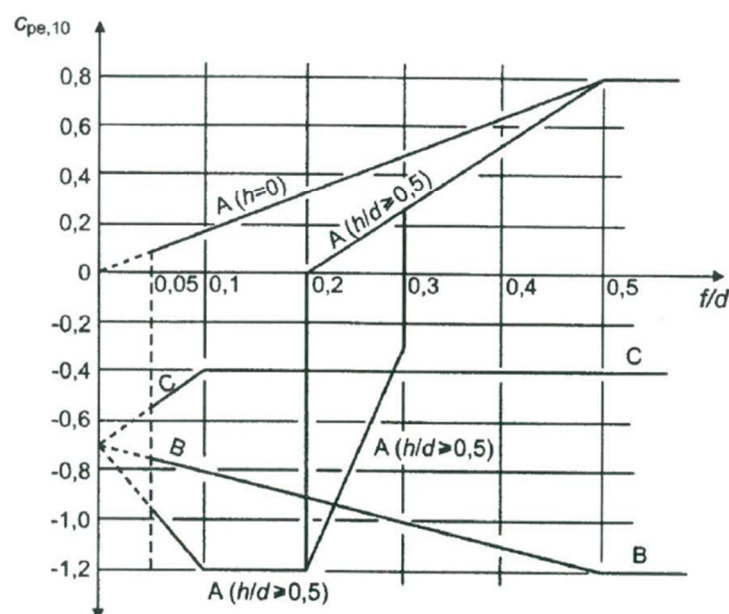
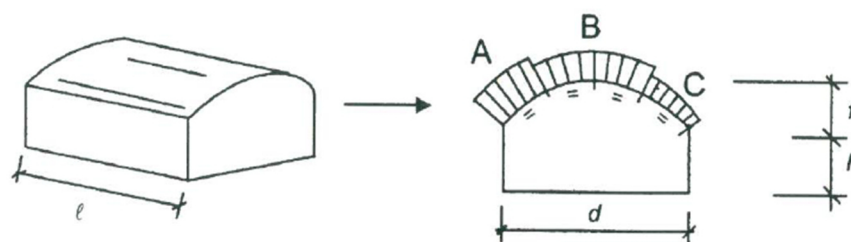
3.4 Zatížení proměnné – vítr

(dle ČSN EN 1991-1-4)



lokality:	Šumperk	II větrná oblast	
kategorie terénu	II		
výchozí základní rychlost větru		$V_{b,0}=$	25,00 m/s
součinitel směru větru		$C_{dir}=$	1,00
součinitel ročního období		$C_{season}=$	1,00
Základní rychlost větru		$V_b=C_{dir}*C_{season}*V_{b,0}=25*1,0*1,0=$	25,00 m/s
parametr drsnosti terénu		$Z_0=$	0,05 m
minimální výška		$Z_{min}=$	2,00 m
výška nad terénem		$Z=$	15,00 m
součinitel terénu k_r		$k_r=0,19*(Z_0/0,05)^{0,07}=$	0,19
součinitel drsnosti terénu $C_r(z)$		$C_r(z)=k_r*\ln(Z/Z_0)=0,19*\ln(15/0,05)=$	1,08
součinitel ortografie $C_0(z)$		$C_0(z)=$	1,00
Charakteristická střední rychlost větru		$V_m(z)=C_r(z)*C_0(z)*V_b=1,08*1,00*25=$	27,09 kN/m ²
měrná hmotnost vzduchu		$\rho=$	1,25 kg/m ³
součinitel turbulence		$k_1=$	1,00
intenzita turbulence		$I_v(z)=k_1/C_0(z)*\ln(z/z_0)=1,00/1,00*\ln(15/0,05)=$	0,175
maximální dynamický tlak		$q_p(z)=[1+7*I_v(z)]*1/2*\rho*V_m(z)^2=$	1,022 kN/m ²
střešní plocha vystavená působení větru >10m ²		$C_{pe,10}$	
tlak větru na povrchy		$w_e=q_p(Z_e)*C_{pe}$	

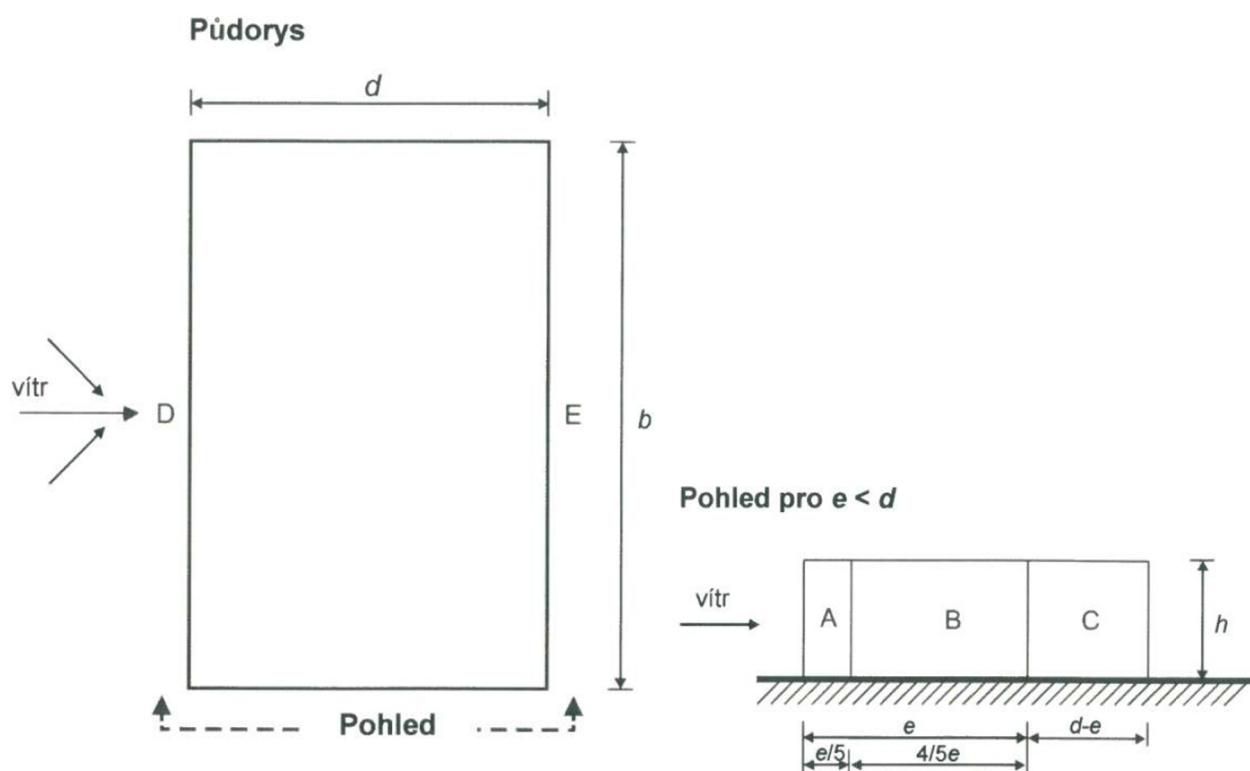
ZS5 – PŘÍČNÝ VÍTR



zatížení větrem kolmo k delší straně (válcová střecha) příčný vítr

$$\begin{aligned}
 e &= \min(b; 2h) = \min(48; 2 \cdot 15) = & 30,00 & \text{ m} \\
 e/5 &= & 6,00 & \text{ m} \\
 4/5e &= & 24,00 & \text{ m} \\
 d-e &= & 15,00 & \text{ m}
 \end{aligned}$$

OBLAST střecha	A	B	C
$C_{pe,10}$	0,53	-1,05	-0,4
We [kN/m ²]	0,54	-1,07	-0,41



OBLAST stěny	A	B	C	D	E
$C_{pe,10}$	-1,20	-0,90	-0,50	0,70	-0,30
We [kN/m ²]	-1,23	-0,92	-0,51	0,72	-0,31

ZS6 – PODÉLNÝ VÍTR

Rozložení tlakových zón v podélném směru pro válcové střechy není v normě definováno. Proto pro vyčíslení hodnot jednotlivých vnějších tlaků vycházím z hodnot určených pro sedlovou střechu. Zjednodušeně byly zvoleny pro sedlovou střechu se sklonem 30°.

zatížení větrem kolmo ke kratší straně (sedlová střecha) podélný vítr

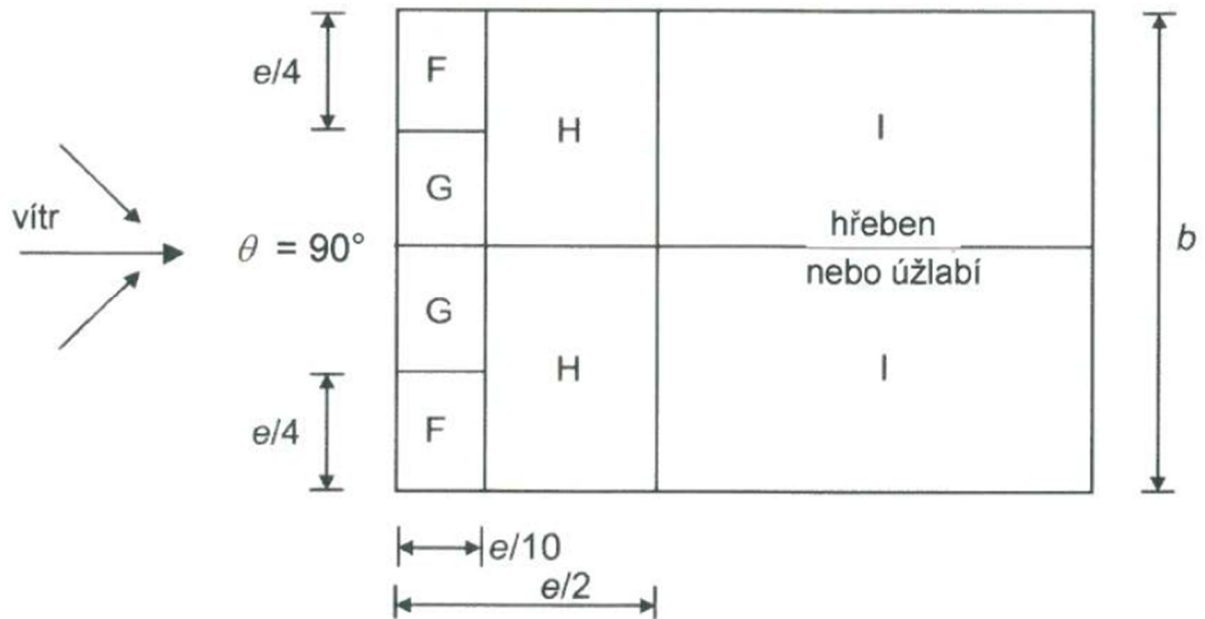
$$e = \min(b; 2h) = \min(45; 2 \cdot 15) = 30 \text{ m}$$

$$e/4 = 7,50 \text{ m}$$

$$e/10 = 3,00 \text{ m}$$

$$e/2 = 15,00 \text{ m}$$

OBLAST střecha	F	G	H	I
C _{pe,10}	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
We [kN/m ²]	-1,12	-1,43	-0,82	-0,51



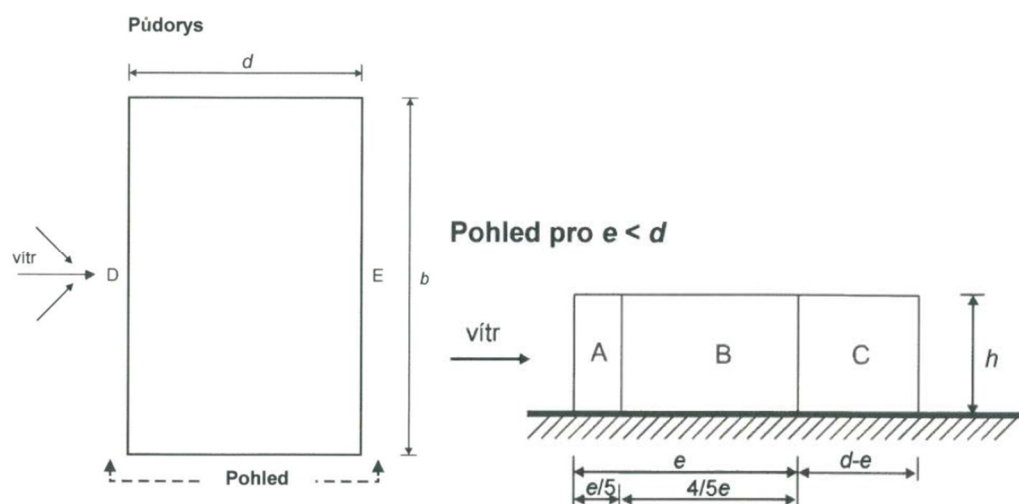
$$e = \min(b; 2h) = \min(45; 2 \cdot 15) = 30,00 \text{ m}$$

$$e/5 = 6,00 \text{ m}$$

$$4/5e = 24,00 \text{ m}$$

$$d - e = 18,00 \text{ m}$$

OBLAST stěny	A	B	C	D	E
C _{pe,10}	-1,20	-0,90	-0,50	0,70	-0,30
We [kN/m ²]	-1,23	-0,92	-0,51	0,72	-0,31



3.5 Zatěžovací stavy

Ve výpočtovém programu Scia Engineer 2014 bylo nastaveno šest zatěžovacích stavů.

Stálá zatížení:

LC1_vlastní tíha

LC2_střešní plášť

Nahodilá zatížení:

LC3_sníh plný

LC4_sníh nerovnoměrný

LC5_vítr příčný

LC6_vítr podélný

3.6 Kombinace zatěžovacích stavů

Mezní stav únosnosti:

Tato kombinace byla provedena dle rovnice:

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

Charakteristické hodnoty součinitelů ψ_0 :

0,5 Zatížení sněhem

0,6 Zatížení větrem

4 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

POSOUZENÍ JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ

Okamžitá deformace pro charakteristickou hodnotu zatížení

Horní pás

osová délka prvku

L= 26234 mm

mezní průhyb

$w_{inst}=L/600$

$w_{inst}= 43,72$ mm

skutečný průhyb

$u_{inst}= 33,20$ mm

podmínka spolehlivosti $u_{inst} \leq w_{inst}$

0,76 ≤ 1,0 VYHOVUJE

Prvek	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]
B1650	26,122	CO4/3	-11,0	-25,7	5,3
B1649	18,382	CO9/1	13,2	23,3	-4,5
B1638	23,219	CO3/2	0,7	-33,2	2,6
B1637	23,219	CO3/2	0,2	33,2	2,7
B1650	26,122	CO1/6	-0,5	-0,1	-26,6
B1652	23,219	CO9/1	-9,0	-25,1	18,0

Dolní pás

osová délka prvku

L= 24519 mm

mezní průhyb

$w_{inst}=L/600$

$w_{inst}= 40,87$ mm

skutečný průhyb

$u_{inst}= 31,70$ mm

podmínka spolehlivosti $u_{inst} \leq w_{inst}$

0,78 ≤ 1,0 VYHOVUJE

Prvek	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]
B208	13,739	CO1/6	-8,8	0,1	-4,9
B208	23,439	CO9/1	17,2	25,5	4,4
B42	0,000	CO1/6	0,2	-3,0	-1,5
B372	0,000	CO3/2	0,1	31,7	-6,2
B208	11,282	CO2/8	8,8	14,7	-27,6
B240	1,078	CO9/1	7,5	24,7	18,3

Čelní sloup

osová délka prvku

L= 15000 mm

mezní průhyb

$w_{inst}=L/400$

$w_{inst}= 37,50$ mm

skutečný průhyb

$u_{inst}= 27,3$ mm

podmínka spolehlivosti $u_{inst} \leq w_{inst}$

0,73 ≤ 1,0 VYHOVUJE

Prvek	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]
B2575	0,000	CO9/1	-2,8	2,7	-26,8
B2593	0,000	CO3/2	2,0	-0,1	-31,9
B2591	0,000	CO9/1	-0,2	-4,9	7,6
B2596	0,000	CO4/3	-0,4	3,8	-21,2
B2575	7,000	CO9/1	-2,8	2,5	-27,9
B2584	6,850	CO9/1	-2,5	-2,8	25,3
B2587	0,629	CO9/1	-1,5	-3,8	23,3
B2577	6,401	CO2/4	-1,8	0,9	-42,4
B2575	15,000	CO9/1	-2,8	0,0	0,0
B2584	14,850	CO9/1	-2,6	0,0	0,0
B2608	0,000	CO5/5	0,4	3,0	8,3

5 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Posouzení konstrukce na mezní stav únosnosti bylo provedeno pomocí výpočetního softwaru Scia Engineer 2014. Vybrané prvky jsou ověřeny ručním výpočtem v programu Microsoft Excel. Návrh a posouzení přípojů je proveden ručním výpočtem v programu Microsoft Excel.

Hodnoty vnitřních sil jsou převzaty z programového řešení Scia Engineer 2014.

5.1 Krokev

Krokev jsou navrženy z rostlého smrkového dřeva třídy C22. Zatížení ve výpočtovém modelu bylo zadáváno jako spojité zatížení na prutu. Krokev jsou v modelu spojovány jako klouby. Osová vzdálenost krokví je 1,0 m. Délka výpočtového prutu 2,901 m. Krokev jsou kotveny na vaznice pomocí ocelových profilů BV/ÚK a spojovány pomocí hřebíků průměru 4,00 mm délky 90,00 mm. Průřez byl navržen jako obdélníkový profil o rozměrech 120/180 mm.

Jehličnaté dřevo pevnostní třídy C22

(dle ČSN EN 338 a ČSN EN 1194)

pevnostní vlastnosti [MPa=N/mm²]

Ohyb	$f_{m,k} =$	22 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k} =$	13 MPa
Tah kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} =$	0,5 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k} =$	20 MPa
Tlak kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} =$	2,4 MPa
Smyk	$f_{v,k} =$	2,4 MPa

tuhostní vlastnosti [GPa=kN/mm²]

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean} =$	10 GPa
5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05} =$	6,7 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean} =$	0,33 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{mean} =$	0,63 GPa

hustota [kg/m³]

Hustota	$\rho_k =$	340 kg/m ³
Průměrná hodnota hustoty	$\rho_{mean} =$	410 kg/m ³
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu [-]	$\gamma_m =$	1,3

Vstupní údaje:

Stálé (vlastní tíha)		
třída trvání zatížení	trvalé	
modifikační součinitel	$K_{mod} =$	0,6
Nahodilé (sníh, vítr)		
třída trvání zatížení	krátkodobé	
modifikační součinitel	$K_{mod} =$	0,9
dílčí součinitel vlastnosti materiálu	$\gamma_m =$	1,3

Vnitřní síly:

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B2182	krokev - OBDEL	2,901	CO2/7	-49,65	-0,23	-2,11	0,01	0,00	-0,34
B1752	krokev - OBDEL	0,000	CO9/1	42,03	-0,07	-1,61	0,05	0,00	0,24
B1755	krokev - OBDEL	0,000	CO4/6	-4,19	-1,27	2,79	-0,01	0,00	1,80
B2454	krokev - OBDEL	0,000	CO5/2	-4,98	1,23	-0,24	-0,01	0,00	-1,75
B1689	krokev - OBDEL	2,901	CO2/9	-8,63	-0,18	-4,46	0,00	0,00	-0,24

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1704	krokev - OBDEL	0,000	CO1/3	-5,26	-0,16	4,44	-0,01	0,00	0,25
B2527	krokev - OBDEL	0,000	CO5/2	4,90	0,75	-0,64	-0,19	0,00	-1,13
B2544	krokev - OBDEL	0,000	CO3/5	4,70	-0,69	-0,39	0,18	0,00	1,04
B1684	krokev - OBDEL	1,451	CO3/4	12,72	0,00	0,00	-0,01	-1,75	-0,01
B1704	krokev - OBDEL	1,451	CO1/3	-5,44	-0,16	0,00	-0,01	3,22	0,02
B1755	krokev - OBDEL	2,901	CO4/6	-6,12	-1,27	-2,79	-0,01	0,00	-1,88
B2454	krokev - OBDEL	2,901	CO5/2	-5,50	1,23	0,34	-0,01	0,00	1,82

$$M_{y,d,max} = 3,22 \text{ kNm}$$

$$M_{z,d,max} = 1,88 \text{ kNm}$$

$$V_{y,d} = 1,27 \text{ kN}$$

$$V_{z,d} = 4,46 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max-} = 49,65 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max+} = 42,03 \text{ kN}$$

návrhové pevnosti:

modifikační součinitel

$$K_{mod} = 0,90$$

návrhová pevnost v tlaku II s vlákny

$$f_{c,0,d} = K_{mod}(f_{c,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{c,0,d} = 13,85 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost v tlaku v ohybu

$$f_{m,d} = K_{mod}(f_{m,k}/\gamma_m)$$

$$f_{m,d} = 15,23 \text{ MPa}$$

průřezové charakteristiky:

výška průřezu

$$h = 180,00 \text{ mm}$$

šířka průřezu

$$b = 120,00 \text{ mm}$$

plocha

$$A = 21600,00 \text{ mm}^2$$

moment setrvačnosti průřezu k ose y $I_y = 1/12bh^3$

$$I_y = 58320000,00 \text{ mm}^4$$

moment setrvačnosti průřezu k ose z $I_z = 1/12b^3h$

$$I_z = 25920000,00 \text{ mm}^4$$

průřezový modul k ose y $W_y = 1/6bh^2$

$$W_y = 648000,00 \text{ mm}^3$$

průřezový modul k ose z $W_z = 1/6b^2h$

$$W_z = 432000,00 \text{ mm}^3$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose y $i_y = (I_y/A)^{0,5}$

$$i_y = 51,96 \text{ mm}$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose z $i_z = (I_z/A)^{0,5}$

$$i_z = 34,64 \text{ mm}$$

Vliv vzpěru:**a) v rovině nosníku**

$\beta =$	1,00		
délka vaznice $L_s =$	2,90 m		
vzpěrná délka prutu $L_{cr,y} = L\beta$	2,90 m		
kritická štíhlost $\lambda_y = L_{cr,y}/i_y$	55,83		
poměrná štíhlost $\lambda_{rel,y} = \lambda_y/\pi(f_{c,0,k}/E_{0,05})^{0,5}$	0,97		
pro rostlé dřevo součinitel vzpěrnosti $k = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$	1,04		
$k_c = 1/(k + (k^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{0,5})$	0,71		
návrhové napětí v tlaku $\sigma_{c,0,d} = N_d/A$	2,30 MPa		
podmínka spolehlivosti $\sigma_{c,0,d}/k_c f_{c,0,d}$	0,23	<=	1,0 VYHOVUJE

b) z roviny nosníku

je bráněno záklopem z OSB desek

vliv klopení:

$L_{eff} =$	2,90 m		
kritické napětí v ohybu $\sigma_{m,crit} = (0,78 b^2)/(h L_{eff}) E_{0,05}$	144,12 MPa		
poměrná štíhlost v ohybu $\lambda_{rel,m} = (f_{m,k}/\sigma_{m,crit})^{0,5}$	0,39		
součinitel příčné a torzní stability $k_{crit} = 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m}$	1,27	>1,0	KLOPENÍ NENASTANE

kombinace vzpěru s ohybem:

$\sigma_{c,0,d} = N_d/A$	$\sigma_{c,0,d} =$	2,30 MPa
$\sigma_{m,y,d} = M_{y,d}/W_y$	$\sigma_{m,y,d} =$	4,97 MPa
$\sigma_{m,z,d} = M_{z,d}/W_z$	$\sigma_{m,z,d} =$	4,35 MPa

ověření podmínky spolehlivosti

součinitel (obdélníkový průřez)

$\sigma_{c,0,d}/k_{cy} f_{c,0,d} + \sigma_{m,y,d}/f_{m,d} + k_m \sigma_{m,z,d}/f_{m,d} \leq 1,0$	$k_m =$	0,70
	0,76	<= 1,0
$\sigma_{c,0,d}/k_{cz} f_{c,0,d} + k_m \sigma_{m,y,d}/f_{m,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,d} \leq 1,0$	0,68	<= 1,0

kombinace klopení a tlaku:

$\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d} + \sigma_{m,y,d}/k_{crit} f_{m,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,d} \leq 1,0$	0,78	<=	1,0
--	------	----	-----

kombinace klopení a vzpěru:

$$\bar{\sigma}_{c,0,d}/k_{cy}f_{c,0,d} + (\bar{\sigma}_{m,y,d}/k_{crit}f_{m,d})^2 \leq 1,0$$

0,34	<=	1,0
------	----	-----

kombinace tahu s ohybem:

návrhová pevnost v tahu II s vlákny $f_{t,0,d}=k_{mod} f_{t,0,k}/\gamma_m$

$f_{t,0,d}= 9,00$ MPa

$\bar{\sigma}_{t,0,d}=N_d/A$

$\bar{\sigma}_{t,0,d}= 1,95$ MPa

ověření podmínky spolehlivosti

$$\bar{\sigma}_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \bar{\sigma}_{m,y,d}/f_{m,d} + \bar{\sigma}_{m,z,d}/f_{m,d} \leq 1,0$$

0,83	<=	1,0
------	----	-----

smyk:

návrhová pevnost ve smyku $f_{v,d}=k_{mod} f_{vk}/\gamma_m$

$f_{v,d}= 4,20$ MPa

$\tau_{y,d}=3/2 V_{y,d}/b h$

$\tau_{y,d}= 0,09$ MPa

$\tau_{z,d}=3/2 V_{z,d}/b h$

$\tau_{z,d}= 0,31$ MPa

ověření podmínky spolehlivosti

$$(\tau_{y,d}/f_{v,d})^2 + (\tau_{z,d}/f_{v,d})^2 \leq 1,0$$

0,01	<=	1,0
------	----	-----

5.2 Vaznice

Vaznice jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva GL24h. Vaznice jsou ve výpočtovém modelu spojovány jako klouby. Prvky jsou umístěny na horním pásu vazníku v místě styčnicku. Připojení na horní pás je pomocí ocelových profilů BV/ÚK a spojeno hřebíky průměru 4,0 mm délky 90,00 mm, vždy po obou stranách prvku. Vaznice jsou součástí ztužení horního pásu a přenášejí tahové a tlakové osově síly. Navržený průřez je s ohledem také na tloušťku lamel 40,00 mm zvolen 200/320 mm. Vaznice působí jako prostý nosník, který přenáší bodové zatížení z reakcí krokví.

Lepené lamelové dřevo pevnostní třídy GL24h

(dle ČSN EN 338 a ČSN EN 1194)

pevnostní vlastnosti [$\text{MPa}=\text{N}/\text{mm}^2$]

Ohyb	$f_{m,k} =$	24 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k} =$	16,5 MPa
Tah kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} =$	0,4 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k} =$	24 MPa
Tlak kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} =$	2,7 MPa
Smyk	$f_{v,k} =$	2,7 MPa

tuhostní vlastnosti [$\text{GPa}=\text{kN}/\text{mm}^2$]

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,\text{mean}} =$	11,6 GPa
5% kvantil modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05} =$	9,4 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,\text{mean}} =$	0,39 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{\text{mean}} =$	0,72 GPa

hustota [kg/m^3]

Hustota	$\rho_k =$	380 kg/m^3
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu [-]	$\gamma_m =$	1,25

vstupní údaje:

Stálé (vlastní tíha)		
třída trvání zatížení		trvalé
modifikační součinitel	$K_{\text{mod}} =$	0,6
Nahodilé (sníh, vítr)		
třída trvání zatížení		krátkodobé
modifikační součinitel	$K_{\text{mod}} =$	0,9
dílčí součinitel vlastnosti materiálu	$\gamma_m =$	1,25

vnitřní síly:

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B558	vaznice - OBDEL	0,000	CO4/6	-118,20	6,01	0,75	-0,21	0,00	-5,98
B448	vaznice - OBDEL	2,000	CO5/2	113,69	-0,17	-6,79	-0,10	12,39	0,44
B728	vaznice - OBDEL	4,000	CO1/3	-5,07	-13,89	0,71	1,67	0,00	-11,05
B661	vaznice - OBDEL	4,000	CO4/6	-10,27	13,97	-1,78	-1,38	0,00	11,89
B739	vaznice - OBDEL	4,000	CO1/3	-3,74	0,01	-11,77	0,00	0,00	0,00
B439	vaznice - OBDEL	0,000	CO1/3	-5,68	0,00	11,78	0,00	0,00	0,00
B556	vaznice - OBDEL	0,000	CO1/3	10,46	13,63	6,05	-2,57	0,00	-10,37
B565	vaznice - OBDEL	0,000	CO1/3	10,47	-13,62	6,05	2,56	0,00	10,37
B747	vaznice - OBDEL	2,000	CO3/5	-79,78	-0,87	-6,27	0,12	-12,37	0,26
B443	vaznice - OBDEL	2,000	CO2/9	-13,93	0,72	3,16	-0,41	14,73	1,07
B561	vaznice - OBDEL	0,000	CO9/1	-0,59	11,93	-2,98	-1,39	0,00	-11,89
B566	vaznice - OBDEL	4,000	CO4/6	26,01	13,07	1,00	-1,07	0,00	11,93

Vnitřní síly:

$$M_{y,d,max} = 14,73 \text{ kNm}$$

$$M_{z,d,max} = 11,93 \text{ kNm}$$

$$V_{y,d} = 13,97 \text{ kN}$$

$$V_{z,d} = 11,78 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max-} = 118,20 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max+} = 113,69 \text{ kN}$$

návrhové pevnosti:

modifikační součinitel

$$K_{mod} = 0,90$$

návrhová pevnost v tlaku II s vlákny

$$f_{c,0,d} = K_{mod}(f_{c,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{c,0,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost v tlaku v ohybu

$$f_{m,d} = K_{mod}(f_{m,k}/\gamma_m)$$

$$f_{m,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

průřezové charakteristiky:

výška průřezu

$$h = 320,00 \text{ mm}$$

šířka průřezu

$$b = 200,00 \text{ mm}$$

plocha

$$A = 64000,00 \text{ mm}^2$$

moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 1/12bh^3$$

$$I_y = 546133333,33 \text{ mm}^4$$

moment setrvačnosti průřezu k ose z

$$I_z = 1/12b^3h$$

$$I_z = 213333333,33 \text{ mm}^4$$

průřezový modul k ose y

$$W_y = 1/6bh^2$$

$$W_y = 3413333,33 \text{ mm}^3$$

průřezový modul k ose z

$$W_z = 1/6b^2h$$

$$W_z = 2133333,33 \text{ mm}^3$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose y

$$i_y = (I_y/A)^{0,5}$$

$$i_y = 92,38 \text{ mm}$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose z

$$i_z = (I_z/A)^{0,5}$$

$$i_z = 57,74 \text{ mm}$$

vliv vzpěru:**a) v rovině nosníku**

	$\beta =$	1,00
délka vaznice	$L_s =$	4,00 m
vzpěrná délka prutu		
$L_{cr,y} = L\beta$	$L_{cr,y} =$	4,00 m
kritická štíhlost		
$\lambda_y = L_{cr,y}/i_y$	$\lambda_y =$	43,30
poměrná štíhlost		
$\lambda_{rel,y} = \lambda_y/\pi(f_{c,0,k}/E_{0,05})^{0,5}$	$\lambda_{rel,y} =$	0,70
pro lepené lamelové dřevo	$\beta_c =$	0,10
součinitel vzpěrnosti		
$k = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$	$k =$	0,76
$k_c = 1/(k + (k^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{0,5})$	$k_c =$	0,93
návrhové napětí v tlaku		
$\bar{\sigma}_{c,0,d} = N_d/A$	$\bar{\sigma}_{c,0,d} =$	1,85 MPa
podmínka spolehlivosti		
$\bar{\sigma}_{c,0,d}/k_c f_{c,0,d}$	0,11	\leq 1,0

b) z roviny nosníku

	$\beta =$	1
délka vaznice	$L_s =$	1,00 m
vzpěrná délka prutu		
$L_{cr,z} = L\beta$	$L_{cr,z} =$	1,00 m
kritická štíhlost		
$\lambda_z = L_{cr,z}/i_z$	$\lambda_z =$	17,32
poměrná štíhlost		
$\lambda_{rel,z} = \lambda_z/\pi(f_{c,0,k}/E_{0,05})^{0,5}$	$\lambda_{rel,z} =$	0,28
pro rostlé dřevo	$\beta_c =$	0,20
součinitel vzpěrnosti		
$k = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$	$k =$	0,54
$k_c = 1/(k + (k^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{0,5})$	$k_c =$	1,00
návrhové napětí v tlaku		
$\bar{\sigma}_{c,0,d} = N_d/A$	$\bar{\sigma}_{c,0,d} =$	1,85 MPa
podmínka spolehlivosti		
$\bar{\sigma}_{c,0,d}/k_c f_{c,0,d}$	0,11	\leq 1,0

vliv klopení:

	$L_{eff} = 4,00 \text{ m}$	
kritické napětí v ohybu		
$\sigma_{m,crit} = (0,78 b^2) / (h L_{eff}) E_{0,05}$	$\sigma_{m,crit} = 163,31 \text{ MPa}$	
poměrná štíhlost v ohybu		
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0,5}$	$\lambda_{rel,m} = 0,37$	
součinitel příčné a torzní stability		
$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m}$	$k_{crit} = 1,28 > 1,0$	KLOPENÍ NENASTANE
kritické napětí za ohybu		
$\sigma_{m,crit} = (\pi b^2 E_{0,05}) / (I_{eff} h) (G_{mean} / E_{0,mean})^{0,5}$	$\sigma_{m,crit} = 229,91 \text{ MPa}$	
poměrná štíhlost v ohybu		
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0,5}$	$\lambda_{rel,m} = 0,31 \leq 0,75$	
podmínka spolehlivosti	$k_{crit} = 1,00$	
$\sigma_{m,d} / k_{crit} f_{m,d}$	$0,25 \leq 1,0$	VYHOVUJE

kombinace vzpěru s ohybem:

$\sigma_{c,0,d} = N_d / A$	$\sigma_{c,0,d} = 1,85 \text{ MPa}$
$\sigma_{m,y,d} = M_{y,d} / W_y$	$\sigma_{m,y,d} = 4,32 \text{ MPa}$
$\sigma_{m,z,d} = M_{z,d} / W_z$	$\sigma_{m,z,d} = 5,59 \text{ MPa}$
ověření podmínky spolehlivosti	
součinitel (obdélníkový průřez)	$k_m = 0,7$
$\sigma_{c,0,d} / k_{cy} f_{c,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + k_m \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} \leq 1,0$	$0,59 \leq 1,0$
$\sigma_{c,0,d} / k_{cz} f_{c,0,d} + k_m \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} \leq 1,0$	$0,60 \leq 1,0$

kombinace klopení a tlaku:

$\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d} + \sigma_{m,y,d} / k_{crit} f_{m,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} \leq 1,0$	$0,68 \leq 1,0$
--	-----------------

kombinace klopení a vzpěru:

$\sigma_{c,0,d} / k_{cy} f_{c,0,d} + (\sigma_{m,y,d} / k_{crit} f_{m,d})^2 \leq 1,0$	$0,18 \leq 1,0$
--	-----------------

kombinace tahu s ohybem:

návrhová pevnost v tahu II s vlákny $f_{t,0,d} = k_{mod}$	
$f_{t,0,k} / \gamma_m$	$f_{t,0,d} = 9,00 \text{ MPa}$
$\sigma_{t,0,d} = N_d / A$	$\sigma_{t,0,d} = 1,78 \text{ MPa}$
ověření podmínky spolehlivosti	
$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} / f_{m,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,d} \leq 1,0$	$0,77 \leq 1,0$

smyk:

návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d} = k_{mod} f_{vk} / \gamma_m$	$f_{v,d} = 1,94 \text{ MPa}$
$V_{y,d} / b h$	$\tau_{y,d} = 3/2$	$\tau_{y,d} = 0,33 \text{ MPa}$

$V_{z,d}/b h$	$\tau_{z,d}=3/2$	$\tau_{z,d}=$	0,28 MPa
ověření podmínky spolehlivosti			
$(\tau_{y,d}/f_{v,d})^2 + (\tau_{z,d}/f_{v,d})^2 \leq 1,0$		0,05	\leq 1,0

5.3 Horní pás vazníku

Horní pás příhradového vazníku je navržen jako složený průřez s průběžnou vložkou. Profil prvku je tedy 2x100/160 + 100/160 mm. Je navržen z jehličnatého dřeva třídy C22. Spoje ve styčnicích jsou řešeny pomocí vkládaných tenkých plechů tl. 1,5 mm, spojených pomocí hřebíků průměru 4,0 mm délky 90,00 mm. Návrh celkové konstrukce vazníku je řešen jako dvě konstrukce, které jsou k sobě připojeny skrz průběžné vložky v horním a dolním pásu, k jejichž statickému propojení a zajištění jsou navrženy svorníky průměru 20,00 mm.

Jehličnaté dřevo pevnostní třídy C22

(dle ČSN EN 338 a ČSN EN 1194)

pevnostní vlastnosti [$MPa=N/mm^2$]

Ohyb	$f_{m,k} =$	22 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k} =$	13 MPa
Tah kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} =$	0,5 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k} =$	20 MPa
Tlak kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} =$	2,4 MPa
Smyk	$f_{v,k} =$	2,4 MPa

tuhostní vlastnosti [$GPa=kN/mm^2$]

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean} =$	10 GPa
5% kvantil modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05} =$	6,7 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean} =$	0,33 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{mean} =$	0,63 GPa

hustota [kg/m^3]

Hustota	$\rho_k =$	340 kg/m^3
Průměrná hodnota hustoty	$\rho_{mean} =$	410 kg/m^3
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu [-]	$\gamma_m =$	1,3

vstupní údaje:

Stálé (vlastní tíha)		
třída trvání zatížení	trvalé	
modifikační součinitel	$K_{mod} =$	0,6
Nahodilé (sníh, vítr)		
třída trvání zatížení	krátkodobé	
modifikační součinitel	$K_{mod} =$	0,9
dílčí součinitel vlastnosti materiálu	$\gamma_m =$	1,3

Vnitřní síly:

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]
B1650	horní pás sl - 2+1 El.plné	26,122	CO1/6	-129,83	-0,09	5,52
B1640	horní pás sl - 2+1 El.plné	26,122	CO9/1	98,25	-0,82	-4,17
B1657	horní pás sl - 2+1 El.plné	0,000	CO5/5	7,69	-2,01	0,91
B1658	horní pás sl - 2+1 El.plné	0,000	CO3/2	-5,89	1,90	1,41
B1639	horní pás sl - 2+1 El.plné	26,122	CO9/1	94,84	0,05	-4,49

$$N_{ed,max-} = 129,83 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max+} = 98,25 \text{ kN}$$

návrhové pevnosti:

modifikační součinitel

$$K_{mod} = 0,9$$

návrhová pevnost v tahu II s vlákny

$$f_{t,0,d} = K_{mod}(f_{t,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{t,0,d} = 9,00 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost v tlaku II s vlákny

$$f_{c,0,d} = K_{mod}(f_{c,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{c,0,d} = 13,85 \text{ MPa}$$

průřezové charakteristiky:

$$h_1 = 180 \text{ mm}$$

$$h_2 = 180 \text{ mm}$$

$$h_3 = 180 \text{ mm}$$

$$b_1 = 100 \text{ mm}$$

$$b_2 = 100 \text{ mm}$$

$$b_3 = 100 \text{ mm}$$

$$A = 54000 \text{ mm}^2$$

osový tah:

$$A = 32000 \text{ mm}^2$$

návrhové napětí v tahu

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

$$\sigma_{t,0,d} = 3,0703125 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

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

$$0,34 \leq 1,0$$

osový tlak - vliv vzpěru:**a) v rovině nosníku (ve směru osy Z)**

$$E_1 = E_2 = E_3 = E_{0,05} = 6700 \text{ MPa}$$

$$\beta = 1,0$$

$$L_s = 5802 \text{ mm}$$

kritická vzpěrná délka

$$L_{cr,y} = 5802,00 \text{ mm}$$

poloměr setrvačnosti

$$i_y = ((1/12b_1h_1^3 + 1/12b_2h_2^3 + 1/12b_3h_3^3)/(b_1h_1 + b_2h_2 + b_3h_3))^{0,5}$$

$$i_y = 51,96 \text{ mm}$$

kritická štíhlost

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

$$\lambda_y = 111,66$$

kritické napětí

$$\sigma_{c,crit,y} = (\pi^2 E_{0,05}) / \lambda_y^2$$

$$\sigma_{c,crit,y} = 5,30 \text{ MPa}$$

relativní štíhlost

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

$$\lambda_{rel,y} = 1,94 > 0,5$$

pro rostlé dřevo

$$\beta_c = 0,20$$

součinitel vzpěrnosti

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

$$k_y = 2,55$$

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

$$k_{c,y} = 0,24$$

návrhové napětí v tlaku

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

$$\sigma_{c,0,d} = 2,40 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{c,0,d} / k_c f_{c,0,d}$$

$$0,73 \leq 1,0$$

b) z roviny nosníku (ve směru osy Y) kolmo na nehmotnou osu

$$\beta = 1,0$$

$$L_s = 5802 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 5802 \text{ mm}$$

$$A_1 = 18000 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 18000 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = 18000 \text{ mm}^2$$

$$A = 54000 \text{ mm}^2$$

moment setrvačnosti

$$I_i = 1/12 b_i^3 h_i$$

$$I_1 = 15000000 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = 15000000 \text{ mm}^4$$

$$I_3 = 15000000 \text{ mm}^4$$

průměr

$$= 20,00 \text{ mm}$$

$$\text{délka} = 300,00 \text{ mm}$$

svorník

$$\rho_k = 340,00 \text{ kg/m}^3$$

charakteristická hodnota hustoty

okamžitý modul prokluzu

$$K_{ser} = \rho_k^{1,5} d / 23$$

$$K_{ser} = 5451,56 \text{ N/mm}$$

okamžitý modul prokluzu pro mezní stav únosnosti

$$K_u = 2/3 K_{ser}$$

$$K_u = 3634,37 \text{ N/mm}$$

$$e = 250,00 \text{ mm}$$

rozteč svorníků při 1 řadě

$$s_1 = 250,00 \text{ mm}$$

redukční koeficient poddajnosti

$$\gamma_2 = \gamma_3 = (k_1 l^2) / (k_1 l^2 + \pi^2 E_{0,05} A_1 S_1)$$

$$\gamma_2 = \gamma_3 = 0,29$$

$$\gamma_1 = 1,00$$

moment setrvačnosti

$$I_{ef} = 149888470,03 \text{ mm}^4$$

$$a_1 = 0,00 \text{ mm}$$

$$a_2 = 100,00 \text{ mm}$$

	$a_3 =$	100,00 mm
poloměr setrvačnosti	$i_{ef} =$	52,69 mm
$i_{ef} = (I_{ef}/A)^{0,5}$		
štíhlost	$\lambda_{ef} =$	110,13
$\lambda_{ef} = L_{cr}/i_{ef}$		
kritické napětí	$\sigma_{c,crit,z} =$	5,45 MPa
$\sigma_{c,crit,z} = (\pi^2 E_{0,05})/\lambda_{ef}^2$		
relativní štíhlost	$\lambda_{rel,z} =$	1,92 >0,5
$\lambda_{rel,z} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z})^{0,5}$		
pro rostlé dřevo	$\beta_c =$	0,20
součinitel vzpěrnosti	$k_z =$	2,50
$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$		
$k_{c,z} = 1/(k_z + (k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{0,5})$	$k_{c,z} =$	0,24
návrhové napětí v tlaku	$\sigma_{c,0,d} =$	2,40 MPa
$\sigma_{c,0,d} = N_{cd}/A$		
podmínka spolehlivosti		
$\sigma_{c,0,d}/k_c f_{c,0,d}$	0,71	<= 1,0

5.4 Dolní pás vazníku

Dolní pás příhradového vazníku je navržen jako složený průřez s průběžnou vložkou. Profil prvku je tedy 2x160/2600 + 40/260 mm. Je navržen z jehličnatého dřeva třídy C22. Spoje ve styčnicích jsou řešeny pomocí vkládaných tenkých plechů tl. 1,5 mm, spojených pomocí hřebíků průměru 5,6 mm délky 140,00 mm. Návrh celkové konstrukce vazníku je řešen jako dvě konstrukce, které jsou k sobě připojeny skrz průběžné vložky v horním a dolním pásu, k jejichž statickému propojení a zajištění jsou navrženy svorníky průměru 20,00 mm.

Jehličnaté dřevo pevnostní třídy C22

(dle ČSN EN 338 a ČSN EN 1194)

pevnostní vlastnosti [$MPa=N/mm^2$]

Ohyb	$f_{m,k} =$	22 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k} =$	13 MPa
Tah kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} =$	0,5 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k} =$	20 MPa
Tlak kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} =$	2,4 MPa
Smyk	$f_{v,k} =$	2,4 MPa

tuhostní vlastnosti [$GPa=kN/mm^2$]

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean} =$	10 GPa
5% kvantil modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05} =$	6,7 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean} =$	0,33 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{mean} =$	0,63 GPa

hustota [kg/m^3]

Hustota	$\rho_k =$	340 kg/m^3
Průměrná hodnota hustoty	$\rho_{mean} =$	410 kg/m^3
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu [-]	$\gamma_m =$	1,3

vstupní údaje:

Stálé (vlastní tíha)		
třída trvání zatížení	trvalé	
modifikační součinitel	$K_{mod} =$	0,6
Nahodilé (sníh, vítr)		
třída trvání zatížení	krátkodobé	
modifikační součinitel	$K_{mod} =$	0,9
dílčí součinitel vlastnosti materiálu	$\gamma_m =$	1,3

Vnitřní síly:

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]
B208	dolní pás sl - 2+1 El.plné	0,000	CO1/6	-426,46	0,07	-16,06
B1	dolní pás sl - 2+1 El.plné	0,000	CO9/1	259,52	0,19	10,64
B1	dolní pás sl - 2+1 El.plné	0,000	CO1/6	-63,13	-0,88	-2,76
B42	dolní pás sl - 2+1 El.plné	24,517	CO1/6	-63,21	0,88	2,76
B240	dolní pás sl - 2+1 El.plné	24,517	CO1/6	-426,44	0,02	16,06

$$N_{ed,max-} = 426,46 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max+} = 259,52 \text{ kN}$$

návrhové pevnosti:

modifikační součinitel

$$K_{mod} = 0,9$$

návrhová pevnost v tahu II s vlákny

$$f_{t,0,d} = K_{mod}(f_{t,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{t,0,d} = 9,00 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost v tlaku II s vlákny

$$f_{c,0,d} = K_{mod}(f_{c,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{c,0,d} = 13,85 \text{ MPa}$$

průřezové charakteristiky:

$$h_1 = 260 \text{ mm}$$

$$h_2 = 260 \text{ mm}$$

$$h_3 = 260 \text{ mm}$$

$$b_1 = 40 \text{ mm}$$

$$b_2 = 160 \text{ mm}$$

$$b_3 = 160 \text{ mm}$$

$$A = 93600 \text{ mm}^2$$

osový tah:

$$A = 76800 \text{ mm}^2$$

návrhové napětí v tahu

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

$$\sigma_{t,0,d} = 3,38 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

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

$$0,38 \leq 1,0$$

osový tlak - vliv vzpěru:**a) v rovině nosníku (ve směru osy Z)**

$$E_1 = E_2 = E_3 = E_{0,05} = 6700 \text{ MPa}$$

$$\beta = 1,0$$

$$L_s = 5390 \text{ mm}$$

kritická vzpěrná délka

$$L_{cr,y} = 5390 \text{ mm}$$

poloměr setrvačnosti $i_y =$

$$\left(\frac{1}{12} b_1 h_1^3 + \frac{1}{12} b_2 h_2^3 + \frac{1}{12} b_3 h_3^3 \right) / (b_1 h_1 + b_2 h_2 + b_3 h_3)^{0,5}$$

$$i_y = 75,06 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = 71,81$$

kritická štíhlost

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

kritické napětí

$$\sigma_{c,crit,y} = (\pi^2 E_{0,05}) / \lambda_y^2$$

relativní štíhlost

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

pro roslé dřevo

součinitel vzpěrnosti

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

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

návrhové napětí v tlaku

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

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{c,0,d} / k_c f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{c,crit,y} = 12,82 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = 1,25$$

$$\beta_c = 0,20$$

$$k_y = 1,37$$

$$k_{c,y} = 0,51$$

$$\sigma_{c,0,d} = 4,56 \text{ MPa}$$

$$0,64 \leq 1,0$$

b) z roviny nosníku (ve směru osy Y) kolmo na nehmotnou osu

$$\beta = 1,0$$

$$L_s = 5390,00$$

$$L_{cr,z} = 5390,00$$

$$A_1 = 10400,00$$

$$A_2 = 41600,00$$

$$A_3 = 41600,00$$

$$A = 93600,00$$

moment setrvačnosti

$$I_i = 1/12 b_i^3 h_i$$

$$I_1 = 1386666,67$$

$$I_2 = 88746666,67$$

$$I_3 = 88746666,67$$

průměr

$$= 20,00$$

$$\text{délka} = 320,00$$

$$\rho_k = 340,00$$

charakteristická hodnota hustoty

okamžitý modul prokluzu

$$K_{ser} = \rho_k^{1,5} d / 23$$

$$K_{ser} = 5451,56$$

okamžitý modul prokluzu pro mezní stav únosnosti

$$K_u = 2/3 K_{ser}$$

$$K_u = 3634,37$$

$$e = 200,00$$

rozteč svorníků při 1 řadách

$$s_1 = 200,00$$

redukční koeficient poddajnosti $\gamma_2 = \gamma_3 = (k_1 l^2) / (k_1 l^2 + \pi^2 E_{0,05} A_2 s_1)$

$$\gamma_2 = \gamma_3 = 0,16$$

$$\gamma_1 = 1,00$$

moment setrvačnosti

$$I_{ef} = 312843649,79$$

$$a_1 = 0,00$$

$$a_2 = 100,00$$

$$a_3 = 100,00$$

poloměr setrvačnosti

$$i_{ef} = (I_{ef}/A)^{0,5}$$

$$i_{ef} = 57,81$$

štíhlost

$$\lambda_{ef} = L_{cr}/i_{ef}$$

$$\lambda_{ef} = 93,23$$

kritické napětí

$$\sigma_{c,crit,z} = (\pi^2 E_{0,05}) / \lambda_{ef}^2$$

$$\sigma_{c,crit,z} = 7,61$$

relativní štíhlost

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

$$\lambda_{rel,z} = 1,62$$

pro rostlé dřevo

$$\beta_c = 0,20$$

součinitel vzpěrnosti

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

$$k_z = 1,95$$

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

$$k_{c,z} = 0,33$$

návrhové napětí v tlaku

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

$$\sigma_{c,0,d} = 4,56$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{c,0,d} / k_c f_{c,0,d}$$

$$0,90 \leq$$

5.5 Diagonála vazníku

Diagonály vazníku jsou navrženy jako centricky tažené/tlačené pruty. Jedná se o průřezy z jehličnatého dřeva třídy C22. Profily jsou vždy dva, jeden v každé vazbě vazníku. Průřez jedné diagonály je 100/180 mm. K hornímu respektive hornímu pásu jsou prvky připojeny pomocí styčnickových vkládaných plechů tl. 1,5 mm a připojeny hřebíky průměru 4,0 mm délky 90,00 mm.

Jehličnaté dřevo pevnostní třídy C22

(dle ČSN EN 338 a ČSN EN 1194)

pevnostní vlastnosti [$MPa=N/mm^2$]

Ohyb	$f_{m,k} =$	22 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k} =$	13 MPa
Tah kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} =$	0,5 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k} =$	20 MPa
Tlak kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} =$	2,4 MPa
Smyk	$f_{v,k} =$	2,4 MPa

tuhostní vlastnosti [$GPa=kN/mm^2$]

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean} =$	10 GPa
5% kvantil modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05} =$	6,7 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean} =$	0,33 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{mean} =$	0,63 GPa

hustota [kg/m^3]

Hustota	$\rho_k =$	340 kg/m^3
Průměrná hodnota hustoty	$\rho_{mean} =$	410 kg/m^3
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu [-]	$\gamma_m =$	1,3

vstupní údaje:

Stálé (vlastní tíha)	trvalé	
třída trvání zatížení		
modifikační součinitel	$K_{mod} =$	0,6
Nahodilé (sníh, vítr)	krátkodobé	
třída trvání zatížení		
modifikační součinitel	$K_{mod} =$	0,9
dílčí součinitel vlastnosti materiálu	$\gamma_m =$	1,3

Vnitřní síly:

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]
B224	diagonála 2x - 2 Obdel	3,442	CO1/6	-99,46	0,00	-0,08
B23	diagonála 2x - 2 Obdel	3,446	CO9/1	97,30	-0,30	-0,01
B29	diagonála 2x - 2 Obdel	0,000	CO9/1	17,87	-4,57	0,13
B32	diagonála 2x - 2 Obdel	0,000	CO4/3	-15,89	4,45	0,22
B26	diagonála 2x - 2 Obdel	3,443	CO1/12	3,65	-0,03	-0,28
B26	diagonála 2x - 2 Obdel	0,000	CO1/6	16,82	0,11	0,28

$$N_{ed,max-} = 99,46 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max+} = 97,3 \text{ kN}$$

návrhové pevnosti:

modifikační součinitel

$$K_{mod} = 0,9$$

návrhová pevnost v tahu II s vlákny

$$f_{t,0,d} = K_{mod}(f_{t,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{t,0,d} = 9,00 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost v tlaku II s vlákny

$$f_{c,0,d} = K_{mod}(f_{c,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{c,0,d} = 13,85 \text{ MPa}$$

průřezové charakteristiky:

$$2x \quad h = 180 \text{ mm}$$

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

$$A = 18000 \text{ mm}^2$$

osový tah:

návrhové napětí v tahu

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

$$\sigma_{t,0,d} = 2,70 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

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

$$0,30 \leq 1,0$$

osový tlak - vliv vzpěru:**a) v rovině nosníku**

moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 1/12bh^3$$

$$I_y = 48600000 \text{ mm}^4$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose y

$$i_y = (I_y/A)^{0,5}$$

$$i_y = 51,96 \text{ mm}^3$$

$$\beta = 1,0$$

délka prutu

$$L_s = 3440 \text{ mm}$$

vzpěrná délka prutu

$$L_{cr,y} = L\beta$$

$$L_{cr,y} = 3440 \text{ mm}$$

kritická štíhlost

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

$$\lambda_y = 66,20$$

kritické napětí

$$\sigma_{c,crit,y} = (\pi^2 E_{0,05})/\lambda_y^2$$

$$\sigma_{c,crit,y} = 15,09 \text{ MPa}$$

relativní štíhlost

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

$$\lambda_{rel,y} = 1,15 > 0,5$$

pro rostlé dřevo

$\beta_c = 0,20$

součinitel vzpěrnosti

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

$k_y = 1,25$

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

$k_{c,y} = 0,58$

návrhové napětí v tlaku

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

$\sigma_{c,0,d} = 2,76 \text{ MPa}$

podmínka spolehlivosti

$\sigma_{c,0,d} / k_c f_{c,0,d}$

$0,35 \leq 1,0$

b) z roviny nosníku

moment setrvačnosti průřezu k ose z

$I_z = 1/12 b^3 h$

$I_z = 15000000 \text{ mm}^4$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose z

$i_z = (I_z / A)^{0,5}$

$i_z = 28,87 \text{ mm}^3$

$\beta = 1,0$

délka prutu

$L_s = 3440 \text{ mm}$

vzpěrná délka prutu

$L_{cr,z} = L \beta$

$L_{cr,z} = 3440$

kritická štíhlost

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

$\lambda_z = 119,17$

kritické napětí

$\sigma_{c,crit,z} = (\pi^2 E_{0,05}) / \lambda_z^2$

$\sigma_{c,crit,z} = 4,66$

relativní štíhlost

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

$\lambda_{rel,z} = 2,07 > 0,5$

pro rostlé dřevo

$\beta_c = 0,20$

součinitel vzpěrnosti

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

$k_z = 2,82$

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

$k_{c,z} = 0,21$

návrhové napětí v tlaku

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

$\sigma_{c,0,d} = 2,76 \text{ MPa}$

podmínka spolehlivosti

$\sigma_{c,0,d} / k_c f_{c,0,d}$

$0,95 \leq 1,0$

5.6 Podporová svislíce

Podporové svislíce vazníku jsou navrženy jako centricky tažené/tlačené pruty. Jedná se o průřezy z jehličnatého dřeva třídy C22. Profily jsou vždy dva, jeden v každé vazbě vazníku. Průřez jedné svislíce je 200/160 mm. K hornímu respektive dolnímu pásu jsou prvky připojeny pomocí styčnickových vkládaných plechů tl. 1,5 mm a zajištěny hřebíky průměru 5,6 mm délky 140,00 mm. Podporová svislíce je navržena samostatně z důvodu přenosu větších vnitřních sil a kotvení do patního kloubu. Přenos sil do kloubového čepu v podpoře je navržen jako jednostřížný kolíkový spoj s přiloženou ocelovou deskou S235 tl. 30mm, která je připojena ke kloubovému čepu pomocí koutového svaru o účinné výšce 5,0 mm. Svorníky jsou průměru 28,00 mm délky 160,00 mm.

Jehličnaté dřevo pevnostní třídy C22

(dle ČSN EN 338 a ČSN EN 1194)

pevnostní vlastnosti [$MPa=N/mm^2$]

Ohyb	$f_{m,k} =$	22 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k} =$	13 MPa
Tah kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} =$	0,5 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k} =$	20 MPa
Tlak kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} =$	2,4 MPa
Smyk	$f_{v,k} =$	2,4 MPa

tuhostní vlastnosti [$GPa=kN/mm^2$]

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean} =$	10 GPa
5% kvantil modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05} =$	6,7 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean} =$	0,33 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{mean} =$	0,63 GPa

hustota [kg/m^3]

Hustota	$\rho_k =$	340 kg/m^3
Průměrná hodnota hustoty	$\rho_{mean} =$	410 kg/m^3
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu [-]	$\gamma_m =$	1,3

vstupní údaje:

Stálé (vlastní tíha)		
třída trvání zatížení	trvalé	
modifikační součinitel	$K_{mod} =$	0,6
Nahodilé (sníh, vítr)		
třída trvání zatížení	krátkodobé	
modifikační součinitel	$K_{mod} =$	0,9
dílčí součinitel vlastnosti materiálu	$\gamma_m =$	1,3

vnitřní síly:

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]
B209	podporová svislice 2x - 2 Obdel	0,000	CO2/8	-137,83	-0,72	8,08
B374	podporová svislice 2x - 2 Obdel	3,680	CO5/5	64,04	2,96	0,20
B44	podporová svislice 2x - 2 Obdel	3,680	CO9/1	-120,89	-10,49	-8,84
B2	podporová svislice 2x - 2 Obdel	3,680	CO3/2	33,58	5,61	4,82
B45	podporová svislice 2x - 2 Obdel	0,000	CO5/5	-52,10	-1,20	-9,84
B45	podporová svislice 2x - 2 Obdel	3,680	CO5/5	-46,77	-7,82	11,54

$$N_{ed,max-} = 137,03 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max+} = 64,04 \text{ kN}$$

návrhové pevnosti:

modifikační součinitel	$K_{mod} =$	0,9
návrhová pevnost v tahu II s vlákný $f_{t,0,d} = K_{mod}(f_{t,0,k}/\gamma_m)$	$f_{t,0,d} =$	9,00 MPa
návrhová pevnost v tlaku II s vlákný $f_{c,0,d} = K_{mod}(f_{c,0,k}/\gamma_m)$	$f_{c,0,d} =$	13,85 MPa

průřezové charakteristiky:

2x	h =	200 mm
	b =	160 mm
	A =	32000 mm²

Osový tah:

návrhové napětí v tahu $\sigma_{t,0,d} = N_{td}/A$	$\sigma_{t,0,d} =$	2,00 MPa
podmínka spolehlivosti $\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	0,22	$\leq 1,0$

osový tlak - vliv vzpěru:**a) v rovině nosníku**

moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 1/12bh^3$$

$$I_y = 106666667 \text{ mm}^4$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose y

$$i_y = (I_y/A)^{0,5}$$

$$i_y = 57,74 \text{ mm}^3$$

	$\beta =$	1,00	
délka prutu	$L_s =$	3680,00	mm
vzpěrná délka prutu			
$L_{cr,y} = L\beta$	$L_{cr,y} =$	3680,00	mm
kritická štíhlost			
$\lambda_y = L_{cr,y}/i_y$	$\lambda_y =$	63,74	
kritické napětí			
$\sigma_{c,crit,y} = (\pi^2 E_{0,05})/\lambda_y^2$	$\sigma_{c,crit,y} =$	16,28	MPa
relativní štíhlost			
$\lambda_{rel,y} = (f_{c,0,k}/\sigma_{c,crit,y})^{0,5}$	$\lambda_{rel,y} =$	2,07	>0,5
pro rostlé dřevo	$\beta_c =$	0,20	
součinitel vzpěrnosti			
$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$	$k_y =$	2,82	
$k_{c,y} = 1/(k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{0,5})$	$k_{c,y} =$	0,21	
návrhové napětí v tlaku			
$\sigma_{c,0,d} = N_{cd}/A$	$\sigma_{c,0,d} =$	2,14	MPa
podmínka spolehlivosti			
$\sigma_{c,0,d}/k_c f_{c,0,d}$	0,73	<=	1,0

b) z roviny nosníku

moment setrvačnosti průřezu k ose z

$$I_z = 1/12 b^3 h$$

$$I_z = 68266666,7 \text{ mm}^4$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose z

$$i_z = (I_z/A)^{0,5}$$

$$i_z = 46,19 \text{ mm}^3$$

$$\beta = 1,00$$

délka prutu

$$L_s = 1226,67 \text{ mm}$$

vzpěrná délka prutu

$$L_{cr,z} = L\beta$$

$$L_{cr,z} = 1226,67 \text{ mm}$$

kritická štíhlost

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

$$\lambda_z = 26,56$$

kritické napětí

$$\sigma_{c,crit,z} = (\pi^2 E_{0,05})/\lambda_z^2$$

$$\sigma_{c,crit,z} = 93,75$$

relativní štíhlost

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

$$\lambda_{rel,z} = 0,46 > 0,5$$

pro rostlé dřevo

$$\beta_c = 0,20$$

součinitel vzpěrnosti

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

$$k_z = 0,62$$

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

$$k_{c,z} = 0,96$$

návrhové napětí v tlaku

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

$$\sigma_{c,0,d} = 2,14 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{c,0,d}/k_c f_{c,0,d}$$

$$0,16 <= 1,0$$

5.7 Svislice vazníku

Svislice vazníku jsou navrženy jako centricky tažené/tlačené pruty. Jedná se o průřezy z jehličnatého dřeva třídy C22. Profily jsou vždy dva, jeden v každé vazbě vazníku. Průřez jedné svislice je 100/120 mm. K hornímu respektive dolnímu pásu jsou prvky připojeny pomocí styčnickových vkládaných plechů tl. 1,5 mm a připojeny hřebíky průměru 4,0 mm délky 90,00 mm.

Jehličnaté dřevo pevnostní třídy C22

(dle ČSN EN 338 a ČSN EN 1194)

pevnostní vlastnosti [$MPa=N/mm^2$]

Ohyb	$f_{m,k} =$	22 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k} =$	13 MPa
Tah kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} =$	0,5 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k} =$	20 MPa
Tlak kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} =$	2,4 MPa
Smyk	$f_{v,k} =$	2,4 MPa

tuhostní vlastnosti [$GPa=kN/mm^2$]

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean} =$	10 GPa
5% kvantil modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05} =$	6,7 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean} =$	0,33 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{mean} =$	0,63 GPa

hustota [kg/m^3]

Hustota	$\rho_k =$	340 kg/m^3
Průměrná hodnota hustoty	$\rho_{mean} =$	410 kg/m^3
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu [-]	$\gamma_m =$	1,3

vstupní údaje:

Stálé (vlastní tíha)

třída trvání zatížení

trvalé

modifikační součinitel

$K_{mod} =$

0,6

Nahodilé (sníh, vítr)

třída trvání zatížení

krátkodobé

modifikační součinitel

$K_{mod} =$

0,9

dílčí součinitel vlastnosti materiálu

$\gamma_m =$

1,3

Vnitřní síly:

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]
B386	svislíce 2x1 - 2 Obdel	2,020	CO5/5	-33,46	-0,41	-0,06
B221	svislíce 2x1 - 2 Obdel	0,000	CO9/1	61,86	-0,76	0,06
B13	svislíce 2x1 - 2 Obdel	0,000	CO4/3	23,81	-10,55	0,01
B12	svislíce 2x1 - 2 Obdel	0,000	CO4/3	21,69	11,17	0,01
B412	svislíce 2x1 - 2 Obdel	0,000	CO4/3	-1,48	-0,10	-16,82
B214	svislíce 2x1 - 2 Obdel	0,000	CO1/6	2,93	0,01	6,50

$$N_{ed,max-} = 33,46 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max+} = 61,86 \text{ kN}$$

návrhové pevnosti:

modifikační součinitel

$$K_{mod} = 0,9$$

návrhová pevnost v tahu II s vlákny

$$f_{t,0,d} = K_{mod}(f_{t,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{t,0,d} = 9,00 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost v tlaku II s vlákny

$$f_{c,0,d} = K_{mod}(f_{c,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{c,0,d} = 13,85 \text{ MPa}$$

průřezové charakteristiky:

$$2x \quad h = 120 \text{ mm}$$

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

$$A = 12000 \text{ mm}^2$$

osový tah:

návrhové napětí v tahu

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

$$\sigma_{t,0,d} = 2,58 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

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

$$0,29 \leq 1,0$$

osový tlak - vliv vzpěru:**a) v rovině nosníku**

moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 1/12bh^3$$

$$I_y = 14400000,00 \text{ mm}^4$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose y

$$i_y = (I_y/A)^{0,5}$$

$$i_y = 34,64 \text{ mm}^3$$

$$\beta = 1,00$$

délka prutu

$$L_s = 2000,00 \text{ mm}$$

vzpěrná délka prutu

$$L_{cr,y} = L\beta$$

$$L_{cr,y} = 2000,00 \text{ mm}$$

kritická štíhlost

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

$$\lambda_y = 57,74$$

kritické napětí

$$\sigma_{c,crit,y} = (\pi^2 E_{0,05})/\lambda_y^2$$

$$\sigma_{c,crit,y} = 19,84 \text{ MPa}$$

relativní štíhlost

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

pro rostlé dřevo

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

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

návrhové napětí v tlaku

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

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{c,0,d} / k_c f_{c,0,d}$$

$$\lambda_{rel,y} = 1,00 > 0,5$$

$$\beta_c = 0,20$$

$$k_y = 1,07$$

$$k_{c,y} = 0,69$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,39 \text{ MPa}$$

$$0,15 \leq 1,0$$

b) z roviny nosníku

moment setrvačnosti průřezu k ose z

$$I_z = 1/12 b^3 h$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose z

$$i_z = (I_z / A)^{0,5}$$

délka prutu

vzpěrná délka prutu

$$L_{cr,z} = L \beta$$

kritická štíhlost

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

kritické napětí

$$\sigma_{c,crit,z} = (\pi^2 E_{0,05}) / \lambda_z^2$$

relativní štíhlost

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

pro rostlé dřevo

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

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

návrhové napětí v tlaku

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

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{c,0,d} / k_c f_{c,0,d}$$

$$I_z = 10000000,00 \text{ mm}^4$$

$$i_z = 28,87 \text{ mm}^3$$

$$\beta = 1,00$$

$$L_s = 2000,00 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 2000,00 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = 69,28$$

$$\sigma_{c,crit,z} = 13,78$$

$$\lambda_{rel,z} = 1,20 > 0,5$$

$$\beta_c = 0,20$$

$$k_z = 1,32$$

$$k_{c,z} = 0,54$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,39 \text{ MPa}$$

$$0,19 \leq 1,0$$

5.8 Příčné ztužidlo

Příčné ztužidlo vazníku je navrženo jako dřevěný centricky tlačný/tažený prut z jehličnatého dřeva třídy C22. Ztužidlo je v úrovni horního pásu vazníku. Přípoj ve styčnicku je pomocí ocelových prvků. Dimenze prvku jsou 180/180 mm.

Jehličnaté dřevo pevnostní třídy C22

(dle ČSN EN 338 a ČSN EN 1194)

pevnostní vlastnosti [$\text{MPa}=\text{N}/\text{mm}^2$]

Ohyb	$f_{m,k} =$	22 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k} =$	13 MPa
Tah kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} =$	0,5 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k} =$	20 MPa
Tlak kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} =$	2,4 MPa
Smyk	$f_{v,k} =$	2,4 MPa

tuhostní vlastnosti [$\text{GPa}=\text{kN}/\text{mm}^2$]

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,\text{mean}} =$	10 GPa
5% kvantil modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05} =$	6,7 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,\text{mean}} =$	0,33 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{\text{mean}} =$	0,63 GPa

hustota [kg/m^3]

Hustota	$\rho_k =$	340 kg/m^3
Průměrná hodnota hustoty	$\rho_{\text{mean}} =$	410 kg/m^3
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu [-]	$\gamma_m =$	1,3

vstupní údaje:

Stálé (vlastní tíha)

třída trvání zatížení

trvalé

modifikační součinitel

$K_{\text{mod}} =$

0,6

Nahodilé (sníh, vítr)

třída trvání zatížení

krátkodobé

modifikační součinitel

$K_{\text{mod}} =$

0,9

dílčí součinitel vlastnosti materiálu

$\gamma_m =$

1,3

Vnitřní síly:

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]
B2701	ztužidlo vazník příčné - OBDEL	0,000	CO3/2	-105,63	0,12	0,26
B2702	ztužidlo vazník příčné - OBDEL	4,941	CO3/2	101,61	-0,06	-0,26
B2688	ztužidlo vazník příčné - OBDEL	0,000	CO4/3	-78,08	-0,31	0,36
B2715	ztužidlo vazník příčné - OBDEL	0,000	CO5/5	-95,37	0,35	0,27
B2678	ztužidlo vazník příčné - OBDEL	4,941	CO1/12	1,43	0,02	-0,39
B2678	ztužidlo vazník příčné - OBDEL	0,000	CO1/12	1,41	0,02	0,39

$$N_{ed,max-} = 105,63 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max+} = 101,61 \text{ kN}$$

návrhové pevnosti:

modifikační součinitel

$$K_{mod} = 0,9$$

návrhová pevnost v tahu II s vlákny

$$f_{t,0,d} = K_{mod}(f_{t,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{t,0,d} = 9,00 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost v tlaku II s vlákny

$$f_{c,0,d} = K_{mod}(f_{c,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{c,0,d} = 13,85 \text{ MPa}$$

průřezové charakteristiky:

$$h = 180 \text{ mm}$$

$$b = 180 \text{ mm}$$

$$A = 32400 \text{ mm}^2$$

osový tah:

návrhové napětí v tahu

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

$$\sigma_{t,0,d} = 3,14 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

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

$$0,35 \leq 1,0$$

osový tlak - vliv vzpěru:**a) v rovině nosníku**

moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 1/12bh^3$$

$$I_y = 87480000,00 \text{ mm}^4$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose y

$$i_y = (I_y/A)^{0,5}$$

$$i_y = 51,96 \text{ mm}^3$$

$$\beta = 1,00$$

délka prutu

$$L_s = 4940,00 \text{ mm}$$

vzpěrná délka prutu

$$L_{cr,y} = L\beta$$

$$L_{cr,y} = 4940,00 \text{ mm}$$

kritická štíhlost

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

$$\lambda_y = 95,07$$

kritické napětí

$$\sigma_{c,crit,y} = (\pi^2 E_{0,05})/\lambda_y^2$$

$$\sigma_{c,crit,y} = 7,32 \text{ MPa}$$

relativní štíhlost

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

$$\lambda_{rel,y} = 1,65 > 0,5$$

pro rostlé dřevo

$\beta_c = 0,20$

součinitel vzpěrnosti

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

$k_y = 2,00$

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

$k_{c,y} = 0,32$

návrhové napětí v tlaku

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

$\sigma_{c,0,d} = 3,26 \text{ MPa}$

podmínka spolehlivosti

$\sigma_{c,0,d} / k_c f_{c,0,d}$

$0,74 \leq 1,0$

b) z roviny nosníku

moment setrvačnosti průřezu k ose z

$I_z = 1/12 b^3 h$

$I_z = 87480000,00 \text{ mm}^4$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose z

$i_z = (I_z / A)^{0,5}$

$i_z = 51,96 \text{ mm}^3$

$\beta = 1,00$

délka prutu

$L_s = 4940,00 \text{ mm}$

vzpěrná délka prutu

$L_{cr,z} = L \beta$

$L_{cr,z} = 4940,00 \text{ mm}$

kritická štíhlost

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

$\lambda_z = 95,07$

kritické napětí

$\sigma_{c,crit,z} = (\pi^2 E_{0,05}) / \lambda_z^2$

$\sigma_{c,crit,z} = 7,32$

relativní štíhlost

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

$\lambda_{rel,z} = 1,65 > 0,5$

pro rostlé dřevo

$\beta_c = 0,20$

součinitel vzpěrnosti

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

$k_z = 2,00$

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

$k_{c,z} = 0,32$

návrhové napětí v tlaku

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

$\sigma_{c,0,d} = 3,26 \text{ MPa}$

podmínka spolehlivosti

$\sigma_{c,0,d} / k_c f_{c,0,d}$

$0,74 \leq 1,0$

5.9 Podélné ztužidlo

Podélné ztužidlo vazníku je navrženo jako dřevěný centricky tlačенý/tažený prut z jehličnatého dřeva třídy C22. Ztužidlo je v úrovni dolního pásu vazníku. Přípoj ve styčnicku je pomocí ocelových prvků. Dimenze prvku jsou 120/120 mm.

Jehličnaté dřevo pevnostní třídy C22

(dle ČSN EN 338 a ČSN EN 1194)

pevnostní vlastnosti [MPa=N/mm²]

Ohyb	$f_{m,k} =$	22 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k} =$	13 MPa
Tah kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} =$	0,5 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k} =$	20 MPa
Tlak kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} =$	2,4 MPa
Smyk	$f_{v,k} =$	2,4 MPa

tuhostní vlastnosti [GPa=kN/mm²]

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean} =$	10 GPa
5% kvantil modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05} =$	6,7 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean} =$	0,33 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{mean} =$	0,63 GPa

hustota [kg/m³]

Hustota	$\rho_k =$	340 kg/m ³
Průměrná hodnota hustoty	$\rho_{mean} =$	410 kg/m ³
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu [-]	$\gamma_m =$	1,3

vstupní údaje:

Stálé (vlastní tíha)

třída trvání zatížení

trvalé

modifikační součinitel

$K_{mod} =$

0,6

Nahodilé (sníh, vítr)

třída trvání zatížení

krátkodobé

modifikační součinitel

$K_{mod} =$

0,9

dílčí součinitel vlastnosti materiálu

$\gamma_m =$

1,3

Vnitřní síly:

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]
B3475	ztužidlo-vazník - OBDEL	0,000	CO9/1	-35,43	-0,55	0,23
B3365	ztužidlo-vazník - OBDEL	0,000	CO1/6	61,83	-0,35	0,32
B2697	ztužidlo-vazník - OBDEL	4,021	CO9/1	8,78	-7,13	5,32
B2697	ztužidlo-vazník - OBDEL	4,021	CO2/10	-5,70	4,46	-3,25
B3519	ztužidlo-vazník - OBDEL	4,021	CO3/2	9,17	-0,42	-14,68
B3520	ztužidlo-vazník - OBDEL	0,000	CO5/5	12,12	-0,40	14,45

$$N_{ed,max-} = 35,43 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max+} = 61,83 \text{ kN}$$

návrhové pevnosti:

modifikační součinitel

$$K_{mod} = 0,9$$

návrhová pevnost v tahu II s vlákny

$$f_{t,0,d} = K_{mod}(f_{t,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{t,0,d} = 9,00 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost v tlaku II s vlákny

$$f_{c,0,d} = K_{mod}(f_{c,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{c,0,d} = 13,85 \text{ MPa}$$

průřezové charakteristiky:

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$b = 120 \text{ mm}$$

$$A = 14400 \text{ mm}^2$$

osový tah:

návrhové napětí v tahu

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

$$\sigma_{t,0,d} = 4,29 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

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

$$0,48$$

$$\leq$$

$$1,0$$

osový tlak - vliv vzpěru:**a) v rovině nosníku**

moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 1/12bh^3$$

$$I_y = 17280000,00 \text{ mm}^4$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose y

$$i_y = (I_y/A)^{0,5}$$

$$i_y = 34,64 \text{ mm}^3$$

$$\beta = 1,00$$

délka prutu

$$L_s = 4000,00 \text{ mm}$$

vzpěrná délka prutu

$$L_{cr,y} = L\beta$$

$$L_{cr,y} = 4000,00 \text{ mm}$$

kritická štíhlost

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

$$\lambda_y = 115,47$$

kritické napětí

$$\sigma_{c,crit,y} = (\pi^2 E_{0,05})/\lambda_y^2$$

$$\sigma_{c,crit,y} = 4,96 \text{ MPa}$$

relativní štíhlost

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

$$\lambda_{rel,y} = 2,01 > 0,5$$

pro rostlé dřevo

$$\beta_c = 0,20$$

součinitel vzpěrnosti

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

$$k_y = 2,69$$

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

$$k_{c,y} = 0,22$$

návrhové napětí v tlaku

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

$$\sigma_{c,0,d} = 2,46 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{c,0,d} / k_c f_{c,0,d}$$

$$0,79 \leq 1,0$$

b) z roviny nosníku

moment setrvačnosti průřezu k ose z

$$I_z = 1/12 b^3 h$$

$$I_z = 17280000,00 \text{ mm}^4$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose z

$$i_z = (I_z / A)^{0,5}$$

$$i_z = 34,64 \text{ mm}^3$$

$$\beta = 1,00$$

délka prutu

$$L_s = 4000,00 \text{ mm}$$

vzpěrná délka prutu

$$L_{cr,z} = L \beta$$

$$L_{cr,z} = 4000,00 \text{ mm}$$

kritická štíhlost

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

$$\lambda_z = 115,47$$

kritické napětí

$$\sigma_{c,crit,z} = (\pi^2 E_{0,05}) / \lambda_z^2$$

$$\sigma_{c,crit,z} = 4,96$$

relativní štíhlost

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

$$\lambda_{rel,z} = 2,01 > 0,5$$

pro rostlé dřevo

$$\beta_c = 0,20$$

součinitel vzpěrnosti

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

$$k_z = 2,69$$

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

$$k_{c,z} = 0,22$$

návrhové napětí v tlaku

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

$$\sigma_{c,0,d} = 2,46 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{c,0,d} / k_c f_{c,0,d}$$

$$0,79 \leq 1,0$$

5.10 Podélné ztužidlo – diagonála

Podélné ztužidlo vazníku je navrženo jako dřevěný centricky tlačný/tažený prut z jehličnatého dřeva třídy C22. Ztužidlo je v úrovni dolního pásu vazníku kotveno do styčnicku a přípoj ve je pomocí ocelových prvků. Horní úroveň diagonály je kotvena do spodního líce vaznice pomocí ocelových profilů. Dimenze prvku jsou 120/120 mm.

Jehličnaté dřevo pevnostní třídy C22

(dle ČSN EN 338 a ČSN EN 1194)

pevnostní vlastnosti [$\text{MPa}=\text{N}/\text{mm}^2$]

Ohyb	$f_{m,k} =$	22 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k} =$	13 MPa
Tah kolmo na vlákna	$f_{t,90,k} =$	0,5 MPa
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k} =$	20 MPa
Tlak kolmo na vlákna	$f_{c,90,k} =$	2,4 MPa
Smyk	$f_{v,k} =$	2,4 MPa

tuhostní vlastnosti [$\text{GPa}=\text{kN}/\text{mm}^2$]

Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,\text{mean}} =$	10 GPa
5% kvantil modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05} =$	6,7 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,\text{mean}} =$	0,33 GPa
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	$G_{\text{mean}} =$	0,63 GPa

hustota [kg/m^3]

Hustota	$\rho_k =$	340 kg/m^3
Průměrná hodnota hustoty	$\rho_{\text{mean}} =$	410 kg/m^3
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu [-]	$\gamma_m =$	1,3

vstupní údaje:

Stálé (vlastní tíha)

třída trvání zatížení

trvalé

modifikační součinitel

$K_{\text{mod}} =$

0,6

Nahodilé (sníh, vítr)

třída trvání zatížení

krátkodobé

modifikační součinitel

$K_{\text{mod}} =$

0,9

dílčí součinitel vlastnosti materiálu

$\gamma_m =$

1,3

Vnitřní síly:

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]
B2773	ztužidlo podélné diagonála - OBDEL	0,000	CO1/6	-52,56	0,08	0,07
B2773	ztužidlo podélné diagonála - OBDEL	2,829	CO9/1	41,03	0,01	-0,05
B3503	ztužidlo podélné diagonála - OBDEL	0,000	CO1/6	-17,37	-0,35	0,08
B3391	ztužidlo podélné diagonála - OBDEL	0,000	CO1/6	-17,38	0,35	0,08
B2650	ztužidlo podélné diagonála - OBDEL	2,857	CO1/12	0,87	0,04	-0,09
B2650	ztužidlo podélné diagonála - OBDEL	0,000	CO1/6	2,49	0,12	0,09

$$N_{ed,max-} = 52,56 \text{ kN}$$

$$N_{ed,max+} = 41,03 \text{ kN}$$

návrhové pevnosti:

modifikační součinitel

$$K_{mod} = 0,9$$

návrhová pevnost v tahu II s vlákny

$$f_{t,0,d} = K_{mod}(f_{t,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{t,0,d} = 9,00 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost v tlaku II s vlákny

$$f_{c,0,d} = K_{mod}(f_{c,0,k}/\gamma_m)$$

$$f_{c,0,d} = 13,85 \text{ MPa}$$

průřezové charakteristiky:

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$b = 120 \text{ mm}$$

$$A = 14400 \text{ mm}^2$$

osový tah:

návrhové napětí v tahu

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

$$\sigma_{t,0,d} = 2,85 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

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

$$0,32 \leq 1,0$$

osový tlak - vliv vzpěru:**a) v rovině nosníku**

moment setrvačnosti průřezu k ose y

$$I_y = 1/12bh^3$$

$$I_y = 17280000,00 \text{ mm}^4$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose y

$$i_y = (I_y/A)^{0,5}$$

$$i_y = 34,64 \text{ mm}^3$$

$$\beta = 1,00$$

délka prutu

$$L_s = 3000,00 \text{ mm}$$

vzpěrná délka prutu

$$L_{cr,y} = L\beta$$

$$L_{cr,y} = 3000,00 \text{ mm}$$

kritická štíhlost

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

$$\lambda_y = 86,60$$

kritické napětí

$$\sigma_{c,crit,y} = (\pi^2 E_{0,05})/\lambda_y^2$$

$$\sigma_{c,crit,y} = 8,82 \text{ MPa}$$

relativní štíhlost

$$\lambda_{rel,y} = 1,51 > 0,5$$

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

pro rostlé dřevo

$$\beta_c = 0,20$$

součinitel vzpěrnosti

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

$$k_y = 1,75$$

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

$$k_{c,y} = 0,38$$

návrhové napětí v tlaku

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

$$\sigma_{c,0,d} = 3,65 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{c,0,d} / k_c f_{c,0,d}$$

$$0,70 \leq 1,0$$

b) z roviny nosníku

moment setrvačnosti průřezu k ose z

$$I_z = 1/12 b^3 h$$

$$I_z = 17280000,00 \text{ mm}^4$$

poloměr setrvačnosti průřezu k ose z

$$i_z = (I_z / A)^{0,5}$$

$$i_z = 34,64 \text{ mm}^3$$

$$\beta = 1,00$$

délka prutu

$$L_s = 3000,00 \text{ mm}$$

vzpěrná délka prutu

$$L_{cr,z} = L \beta$$

$$L_{cr,z} = 3000,00 \text{ mm}$$

kritická štíhlost

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

$$\lambda_z = 86,60$$

kritické napětí

$$\sigma_{c,crit,z} = (\pi^2 E_{0,05}) / \lambda_z^2$$

$$\sigma_{c,crit,z} = 8,82$$

relativní štíhlost

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

$$\lambda_{rel,z} = 1,51 > 0,5$$

pro rostlé dřevo

$$\beta_c = 0,20$$

součinitel vzpěrnosti

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

$$k_z = 1,75$$

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

$$k_{c,z} = 0,38$$

návrhové napětí v tlaku

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

$$\sigma_{c,0,d} = 3,65 \text{ MPa}$$

podmínka spolehlivosti

$$\sigma_{c,0,d} / k_c f_{c,0,d}$$

$$0,70 \leq 1,0$$

6 Spoje

Zastřešení objektu je navrženo jako trojkloubový obloukový dřevěný vazník. Připojení jednotlivých prutů je pomocí styčnickových vkládaných tenkých plechů tl. 1,5 mm. Spojení zajišťují hřebíky navržené jako dvojstrážné spoje s vnitřní tenkou deskou. Připojení ve vrcholu je pomocí kloubového čepu průměru 40,0 mm. Horní pás je připojen k čepu pomocí kolíkového spoje a přiložených ocelových desek tl. 30,00 mm z oceli S235. Kotvení je navrženo jako kloubový čep o průměru 80,00 mm. Z důvodu velkého rozměru konstrukce bylo nutné rozdělit prvek na montážní dílce. Spoje těchto dílců jsou řešeny jako kolíkové spoje s vloženým ocelovým plechem tl. 10,00 mm. Připojení krokvi na vaznice je pomocí ocelových prvků BV/ÚK. Taktéž je řešeno připojení vaznice na horní pás vazníku.

6.1 Kotvení vazníku – podporový čep

V patě vazníku je navrženo kloubové uložení pomocí čepu průměru 80,00 mm. Střední plech tloušťky 54,00 mm je navržen z oceli S235 a je přivařen k ocelové desce ve styčnicku koutovým svarem účinné výšky 5,0 mm. Krajiní desky čepového spoje mají tloušťku 30,00 mm a jsou přivařeny k patní desce tl. 30,00 mm pomocí koutového svaru účinné výšky 5,0 mm. Patní deska je kotvena do betonových základů C20/25 pomocí chemicky lepených kotev Hilti HVA 4x27 HAS – E. Smyková síla je přenášena účinkem třecí síly mezi patním plechem rozměru 600x700 mm a betonem. Připojení podporové svislíce a dolního pásu vazníku do styčnicku je pomocí jednostřížného kolíkového spoje s přiloženou deskou tl. 30,00 mm. Průměr kolíků je 28,00 mm.

Reakce:

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn1/N1	CO9/1	-143,25	-46,00	-343,84	0,00	0,00	0,00
Sn23/N373	CO1/6	107,28	2,31	171,65	0,00	0,00	0,00
Sn25/N406	CO3/2	68,71	-52,59	266,30	0,00	0,00	0,00
Sn2/N3	CO1/6	-33,90	11,70	93,22	0,00	0,00	0,00
Sn3/N43	CO4/3	80,27	-50,96	357,31	0,00	0,00	0,00
Sn1/N1	CO1/12	12,82	2,94	38,19	0,00	0,00	0,00

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn14/N209	CO1/6	-226,63	-0,01	334,19	0,00	0,00	0,00
Sn13/N208	CO1/6	226,64	0,07	334,19	0,00	0,00	0,00
Sn6/N77	CO3/9	25,35	-1,92	-32,85	0,00	0,00	0,00
Sn6/N77	CO2/10	-121,45	0,46	212,24	0,00	0,00	0,00
Sn12/N176	CO1/6	-225,71	-0,02	334,32	0,00	0,00	0,00
Sn5/N76	CO1/12	52,73	0,19	103,04	0,00	0,00	0,00

vnitřní síly: (kombinace maximálních účinků)

reakce do podpor

svislá reakce

$R_z = 357,31 \text{ kN}$

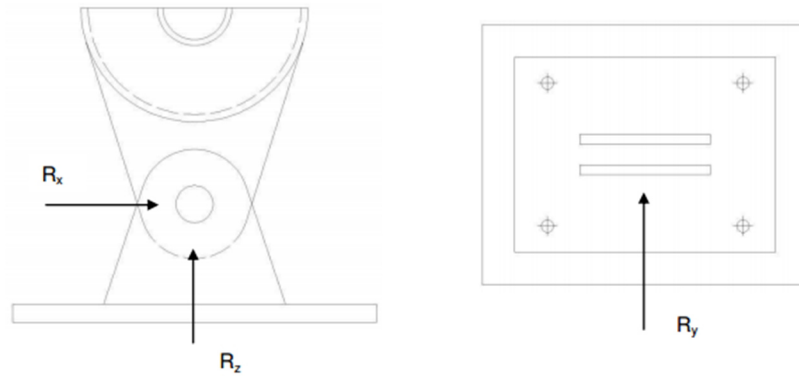
vodorovné reakce

$R_x = 226,64 \text{ kN}$

výslednice na čep

$F_{ed} = (R_x^2 + R_z^2)^{0,5}$

$F_{ed} = 423,13 \text{ kN}$

**ocel S235**

mez kluzu

$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$

pevnost v tahu

$f_u = 360 \text{ MPa}$

geometrie čepu:

tloušťka	$t \geq (F_{ed} \gamma_{M2} / f_y)^{0,5}$	$t \geq 0,047 \text{ m}$
----------	---	--------------------------

průměr čepu	$d_b \leq 2,5t$	$d_b = 135,00 \text{ mm}$
-------------	-----------------	---------------------------

průměr otvoru pro čep	$d_0 = d + 1 \text{ mm}$	$d_0 = 81,00 \text{ mm}$
-----------------------	--------------------------	--------------------------

EC3 tab.

3.9	$a \geq (F_{ed} \gamma_{M0}) / (2f_y) + (2d_0) / 3$	$a = 70,67 \text{ mm}$
-----	---	------------------------

	$c \geq (F_{ed} \gamma_{M0}) / (2f_y) + (d_0) / 3$	$c = 43,67 \text{ mm}$
--	--	------------------------

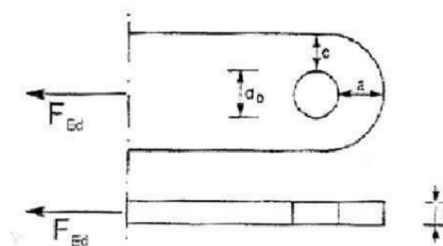
plocha čepu	$A = \pi d^2 / 4$	$A = 5026,55 \text{ mm}^2$
-------------	-------------------	----------------------------

$t = 54 \text{ mm}$

$d_b = 80 \text{ mm}$

$a = 100 \text{ mm}$

$c = 60 \text{ mm}$



Posouzení čepu na stříh

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

$$F_{v,Rd} = 0,6 A_f u / \gamma_{M2}$$

podmínka spolehlivosti

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$$

$$F_{v,Rd} = 868,59 \text{ kN}$$

$$0,49 \leq 1,0$$

Posouzení únosnosti plechu a čepu v otláčení

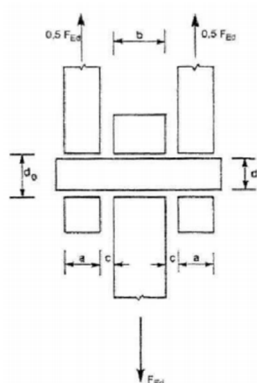
$$F_{b,Rd} = 1,5 t d f_y / \gamma_{M0}$$

podmínka spolehlivosti

$$F_{b,Ed} / F_{b,Rd}$$

$$F_{b,Rd} = 1522,80 \text{ kN}$$

$$0,28 \leq 1,0$$

Posouzení únosnosti čepu v ohybu

$$W_{el} = \pi d^3 / 32$$

$$d_b = 80,00 \text{ mm}$$

$$d_0 = 81,00 \text{ mm}$$

$$c = 1,00 \text{ mm}$$

$$a = 30,00 \text{ mm}$$

$$b = 54,00 \text{ mm}$$

$$F_{Ed} = 423,13 \text{ kN}$$

$$0,5 F_{Ed} = 211,56 \text{ kN}$$

$$W_{el} = 0,0000502655 \text{ m}^3$$

$$M_{Ed} = (F_{v,Ed} / 8)(b + 4c + 2a)$$

$$M_{Ed} = 6,24 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 1,5 W_{el} f_y / \gamma_{M0}$$

podmínka spolehlivosti

$$M_{Ed} / M_{Rd}$$

$$M_{Rd} = 17,72 \text{ kNm}$$

$$0,35 \leq 1,0$$

Posouzení únosnosti čepu v kombinaci stříhu a ohybu

podmínka spolehlivosti

$$(M_{Ed} / M_{Rd})^2 + (F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^2$$

$$0,36 \leq 1,0$$

Posouzení svarů (přivaření styčnickových plechů k podkladní pásovině)

přivaření bude provedeno ovařením okolo plechu koutovým svarem

svislá deska

$$t_l = 30,00 \text{ mm}$$

síly působící na svar

$$N_{ed} / 2 = 178,655 \text{ kN}$$

$$V_{ed} / 2 = 113,32 \text{ kN}$$

korelační součinitel (pro ocel S235)

$$\beta_w = 0,80$$

účinná výška svaru

$$a = 5,00 \text{ mm}$$

délka desky

$$l_1 = 200,00 \text{ mm}$$

účinná délka svaru

$$l = 190,00 \text{ mm}$$

účinná plocha dvou svarů

$$A_w = 2 a l$$

$$A_w = 1900 \text{ mm}^2$$

	$\bar{\sigma}_\perp = \tau_\perp = N_{ed} / (2^{0,5} A_w)$	$\bar{\sigma}_\perp = \tau_\perp =$	66,49	MPa
	f_u / γ_{M2}	$f_u / \gamma_{M2} =$	288	MPa
podmínka spolehlivosti	$\bar{\sigma}_\perp \leq f_u / \gamma_{M2} =$	0,23	<=	1,0
(EC3 vztah 4.1)	$\tau_{II} = V_{ed} / A_w$	$\tau_{II} =$	59,64	MPa
	$(\bar{\sigma}_\perp^2 + 3\tau_\perp^2 + 3\tau_{II}^2)^{0,5}$		168,39	MPa
podmínka spolehlivosti	$f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$	$f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) =$	360	MPa
$(\bar{\sigma}_\perp^2 + 3\tau_\perp^2 + 3\tau_{II}^2)^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$		0,47	<=	1,0
Posouzení svislých plechů				
"dolní" deska (2x)				
		tl=	30,00	mm
		$A_{net} =$	3600,00	mm ²
tah v místě oslabení: (dolní)				
Návrhová únosnost	$N_{Rd} = A_{net} f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{Rd} =$	846	kN
podmínka spolehlivosti	N_{Ed} / N_{Rd}	0,21	<=	1,0
smyk v místě oslabení: (dolní)				
Návrhová únosnost	$V_{pl,Rd} = A_v / 3^{0,5} f_{yk} / \gamma_{M0}$	$V_{pl,Rd} =$	488,44	kN
podmínka spolehlivosti	$V_{Ed} / V_{pl,Rd}$	0,23	<=	1,0
"horní" deska				
		tl=	54,00	mm
		$A_{net} =$	6480,00	mm ²
tah v místě oslabení: (horní)				
Návrhová únosnost	$N_{Rd} = A_{net} f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{Rd} =$	1522,8	kN
podmínka spolehlivosti	N_{Ed} / N_{Rd}	0,23	<=	1,0
smyk v místě oslabení: (horní)				
Návrhová únosnost	$V_{pl,Rd} = A_v / 3^{0,5} f_{yk} / \gamma_{M0}$	$V_{pl,Rd} =$	879,19	kN
podmínka spolehlivosti	$V_{Ed} / V_{pl,Rd}$	0,26	<=	1,0
Posouzení kotevních šroubů (K1)				
chemická lepená kotva HILTI HVA 4xM27 HAS-E				
chemická patrona				
HVU M27x240				
průměr vrtáku		$d_v =$	27	mm
hloubka otvoru		$h_{ef} = h_0$		
		=	240	mm
kotevní šroub				
HAS-E M27x240				
průměr šroubu		$d =$	27	mm
délka kotvy		$l =$	300	mm
průměr vrtáku		$d_v =$	30	mm

kotevní hloubka	l=	240 mm
min tloušťka betonu		300 mm
materiál		8.8
povrchová úprava		galvanizované 5 μ m
dov namáhání v tahu pro jednu kotvu dle výrobce	N_{rec} =	95,2 kN
dov namáhání ve střihu pro jednu kotvu dle výrobce	V_{rec} =	35,7 kN
počet šroubů	n=	4 ks
min osové vzdálenosti (mezi sebou, od okrajů)	s=c=	130 mm

Únosnost v tahu (při přetržení šroubu)

návrhová únosnost	$F_{t,Rd}=n N_{rec}$	$F_{t,Rd}$ =	380,8 kN
návrhová tahová síla	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Ed}$ =	357,31 kN
podmínka spolehlivosti	$F_{t,Ed}/F_{t,Rd}$	0,94	\leq 1,0

Únosnost ve střihu

návrhová únosnost	$V_{rd}=n V_{rec}$	V_{rd} =	142,80 kN
návrhová smyková síla	V_{Ed}	V_{Ed} =	52,59 kN
podmínka spolehlivosti	V_{Ed}/V_{Rd}	0,37	\leq 1,0

Posouzení patního plechu

patní plech ocel S235	a=	600,00 mm
	b=	700,00 mm
betonová patka C20/25	A=	1200,00 mm
	B=	1200,00 mm
tloušťka patního plechu	t=	30,00 mm
výška podlití $\leq 0,2 \min(a,b)$	t_p =	120,00 \Rightarrow
tolerance výrobního provedení základů ± 10 mm		
t_p =		30,00 mm
součinitel koncentrace napětí		
$k_j=((A B)/(a b))^{0,5}$	k_j =	1,85
návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku		
$f_{j,Rd}=0,67 k_j f_{c,k}/\gamma_c$	$f_{j,Rd}$ =	16,54 Mpa
vzdálenost kraje efektivní plochy od hrany průřezu		
$c=t_p (f_y/(3 f_{j,Rd} \gamma_{M0}))^{0,5}$	c=	65,28 mm
efektivní plocha	A_{eff} =	509131,79 mm ²

Posouzení únosnosti betonové patky

návrhová únosnost	$N_{Rd}=A_{eff} f_{j,Rd}$	N_{Rd} =	30779,39 kN
podmínka spolehlivosti	N_{Ed}/N_{Rd}	0,01	\leq 1,0

Patní zarážka

součinitel tření mezi ocelí a betonem	$\mu =$	0,2	
maximální smyková síla	$V_{ed, \max} =$	52,59 kN	
výslednice tlakových sil podmínka spolehlivosti	$N_{ed, \max} =$	372,49 kN	
$F_{ed, \max}$	$N_{ed, \max} \mu \geq$	74,50 kN	> 52,6 kN

=> BEZ KOTEVNÍ ZARÁŽKY

Spoj vazníku a čepu (ocel-dřevo) - podpora

kolík	průměr =	28 mm
	délka =	160 mm
charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k =$	340 kg/m ³
okamžitý modul prokluzu $K_{ser} = \rho_k^{1,5} d / 23$	$K_{ser} =$	7632,18 N/mm
okamžitý modul prokluzu pro mezní stav únosnosti $K_u = 2/3 K_{ser}$	$K_u =$	5088,12 N/mm
charakteristická pevnost v otláčení $f_{h,0,k} = 0,082(1-0,01d)\rho_k$	$f_{h,0,k} =$	20,0736 N/mm ²
charakteristická pevnost v otláčení $f_{h,\alpha,k} = f_{h,0,k} / k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha$	$f_{h,\alpha,k} =$	13,02 N/mm ²
pro měkké dřevo $k_{90} = 1,35 + 0,015d$	$k_{90} =$	1,77
charakteristická pevnost v tahu S355 plastický moment únosnosti $M_{y,k} = 0,8 f_{u,k} d^3 / 6$	$f_{u,k} =$	510 N/mm ²
návrhová pevnost v otláčení $f_{h,d} = k_{mod} f_{h,k} / \gamma_m$	$M_{y,k} =$	1492736 Nmm
návrhová hodnota plastického momentu únosnosti $M_{y,d} = M_{y,k} / \gamma_m$	$f_{h,d} =$	10,19 N/mm ²
Návrhová únosnost jednoho svorníku (pro tlustou ocelovou desku jednostřížně namáhanou) R_d	$M_{y,d} =$	1298031,30 Nmm
	$R_d =$	29513,00 N
		45653,92 N
		29513,00 N
		44263,88 N
Nutný min počet kolíků	$n =$	7,17 ks
minimální osové vzdálenosti kolíků		
ve směru vláken $(3+4\cos\alpha)d$	$a_1 =$	196,00 mm
kolmo k vláknům $3d$	$a_2 =$	84,00 mm
od konce $7d$	$a_{3t} =$	196,00 mm
od kraje $3d$	$a_{4c} =$	84,00 mm
od konce $(2+2\sin\alpha)d$	$a_{4t} =$	48,97 mm

6.2 Kotvení sloupů čelní stěny

Sloupy čelní stěny jsou navrženy z ocelových profilů HEB 300 oceli S235. Přenos sil do základů je prostřednictvím přivařené patní desky tl. 30,00 mm z oceli S235. Patní deka je kotvena do základů chemickou lepenou kotvou HILTI HVA 2xM20 HAS-E. Podlití patky je navrženo v tl. 30,00 mm. Přenos smykových sil je zabezpečen navrženou patní zarážkou z profilu HEB 120 délky 100 mm.

Posouzení kotevních šroubů (K2)

chemická lepená kotva HILTI HVA 2xM20 HAS-E

chemická patrona

HVU M20x170

průměr vrtáku

$d_v = 20$ mm

hloubka otvoru

$h_{ef} = h_0 = 170$ mm

kotevní šroub

HAS-E M20x170/108

průměr šroubu

$d = 20$ mm

délka kotvy

$l = 170$ mm

průměr vrtáku

$d_v = 24$ mm

kotevní hloubka

$l = 170$ mm

min tloušťka betonu

270 mm

materiál

5.8

galvanizované
5 μ m

povrchová úprava

dov namáhání v tahu pro jednu kotvu dle výrobce

$N_{rec} = 53,3$ kN

dov namáhání ve střihu pro jednu kotvu dle výrobce

$V_{rec} = 32$ kN

počet šroubů

$n = 2$ ks

min osové vzdálenosti (mezi sebou, od okrajů)

$s = c = 90$ mm

Únosnost v tahu (při přetržení šroubu)

návrhová únosnost

$F_{t,rd} = n N_{rec}$

$F_{t,rd} = 106,6$ kN

návrhová tahová síla

$F_{t,Ed}$

$F_{t,Ed} = 85,92$ kN

podmínka spolehlivosti

$F_{t,Ed}/F_{t,Rd}$

0,81 <= 1,0

Únosnost ve střihu

návrhová únosnost

$V_{rd} = n V_{rec}$

$V_{rd} = 64,00$ kN

návrhová smyková síla

V_{Ed}

$V_{Ed} = 29,77$ kN

podmínka spolehlivosti

V_{Ed}/V_{Rd}

0,47 <= 1,0

Posouzení patního plechu

patní plech ocel S235

$a = 500,00$ mm

$b = 500,00$ mm

betonová patka C20/25

$A = 1000,00$ mm

	B=	1000,00 mm
tloušťka patního plechu	t=	30,00 mm
výška podlití $\leq 0,2 \min(a,b)$	$t_p=$	100,00 \Rightarrow
tolerance výrobního provedení základů $\pm 10\text{mm}$	$t_p=30,00$	mm
součinitel koncentrace napětí	$k_j=$	2,00
$k_j=((A B)/(a b))^{0,5}$		
návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku	$f_{j,Rd}=$	17,87 MPa
$f_{j,Rd}=0,67 k_j f_{c,k}/\gamma_c$		
vzdálenost kraje efektivní plochy od hrany průřezu	c=	62,82 mm
$c=t_p (f_y/(3 f_{j,Rd} \gamma_{M0}))^{0,5}$		
efektivní plocha	$A_{eff}=$	148447,27 mm ²

Posouzení únosnosti betonové patky

návrhová únosnost	$N_{Rd}=A_{eff} f_{j,Rd}$	$N_{Rd}=$	8308,62 kN	
podmínka spolehlivosti	N_{Ed}/N_{Rd}	0,01	\leq	1,0

Patní zarážka

součinitel tření mezi ocelí a betonem	$\mu=$	0,2		
maximální smyková síla	$V_{ed,max}=$	29,77 kN		
výslednice sil	$N_{ed,max}=$	85,92 kN		
podmínka spolehlivosti	$N_{ed,max} \mu \geq F_{ed,max}$ nutný zarážky	17,18 kN	$<$	29,77

Geometrie patní zarážky

HEB 120 S235

$f_y=$	235 MPa
$\gamma_{M0}=$	1,0

průřezové charakteristiky:

plocha	A=	3400 mm ²
průřezový modul	$W_{el,y}=$	144000 mm ³
	$W_{el,z}=$	52900 mm ³
délka zarážky	l=	100 mm

posouzení

smyková síla	V_{Ed}	$V_{Edx}=$	4,60 kN	
		$V_{Edy}=$	29,77 kN	
	$M_{Edx}=V_{edx} l$	$M_{Edx}=$	460000 Nmm	
	$M_{Edy}=V_{edy} l$	$M_{Edy}=$	2977000 Nmm	
	$M_{Edx}=W_x f_y/\gamma_{M0}$	$M_{Rdx}=$	33840000 Nmm	
	$M_{Edy}=W_y f_y/\gamma_{M0}$	$M_{Rdy}=$	12431500 Nmm	
podmínka spolehlivosti	M_{Edx}/M_{Rdx}	0,01	\leq	1,0
podmínka spolehlivosti	M_{Edy}/M_{Rdy}	0,24	\leq	1,0

6.3 Kloubový čep – vrchol

Navržená konstrukce je řešena jako trojkloubový vazník s kloubovým čepem ve vrcholu konstrukce. Na účinky zatížení je zde navržen kloubový čep průměru 40,00 mm z oceli S235. Osový prvek čepu je z ocelové desky (S235) tl. 30,00 mm. Dva krajní prvky na protilehlém segmentu jsou z ocelových desek tl. 20,00 mm. Tyto ocelové prvky jsou přivařeny k čelním deskám tl. 20,00 mm, které zároveň slouží pro kotvení vaznice v místě styčnicku. Horní pás a diagonála jsou staticky zajištěny do kloubového spoje pomocí kolíkového spoje, který je jednostřížně namáhán – spoj ocel dřevo (tlustá ocelová deska). Připojení ocelových prvků je řešeno pomocí koutových svarů účinné výšky 5,0 mm.

KLOUB (vrcholový čep)

ocel S235

mez kluzu

$$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$$

pevnost v tahu

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

vnitřní síly:

výslednice na čep

$$F_{Ed} = 138,28 \text{ kN}$$

geometrie čepu:

tloušťka

$$t \geq (F_{Ed} \gamma_{M2} / f_y)^{0,5}$$

$$t \geq 27,12 \text{ mm}$$

průměr čepu

$$d_b \leq 2,5t$$

$$d_b = 75,00 \text{ mm}$$

průměr otvoru pro čep

$$d_0 = d + 1 \text{ mm}$$

$$d_0 = 41,00 \text{ mm}$$

EC3 tab.

3.9

$$a \geq (F_{Ed} \gamma_{M0}) / (2t f_y) + (2d_0) / 3$$

$$a = 37,14 \text{ mm}$$

$$c \geq (F_{Ed} \gamma_{M0}) / (2t f_y) + (d_0) / 3$$

$$c = 23,47 \text{ mm}$$

plocha čepu

$$A = \pi d^2 / 4$$

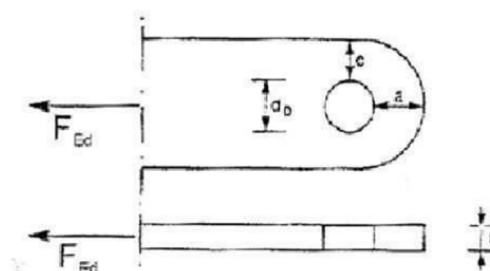
$$A = 1256,64 \text{ mm}^2$$

$$t = 30 \text{ mm}$$

$$d_b = 40 \text{ mm}$$

$$a = 40 \text{ mm}$$

$$c = 30 \text{ mm}$$

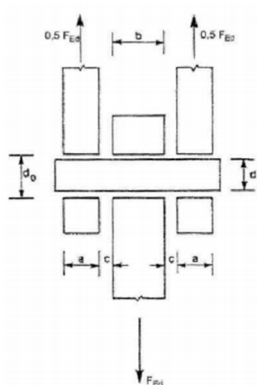


Posouzení čepu na stříh

		$\gamma_{M2} =$	1,25
		$\gamma_{M0} =$	1
	$F_{V,Rd} = 0,6 A_f f_u / \gamma_{M2}$	$F_{V,Rd} =$	217,15 kN
podmínka spolehlivosti	$F_{V,Ed} / F_{V,Rd}$	0,64	\leq 1,0

Posouzení únosnosti plechu a čepu v otláčení

	$F_{b,Rd} = 1,5 t d f_y / \gamma_{M0}$	$F_{b,Rd} =$	423,00 kN
podmínka spolehlivosti	$F_{b,Ed} / F_{b,Rd}$	0,33	\leq 1,0

Posouzení únosnosti čepu v ohybu

		$d_b =$	40,00 mm
		$d_0 =$	41,00 mm
		$c =$	1,00 mm
		$a =$	20,00 mm
		$b =$	30,00 mm
		$F_{Ed} =$	138,28 kN
		$0,5 F_{Ed} =$	69,14 kN
	$W_{el} = \pi d^3 / 32$	$W_{el} =$	6283,19 m ³
	$M_{Ed} = (F_{V,Ed} / 8)(b + 4c + 2a)$	$M_{Ed} =$	1,28 kNm
	$M_{Rd} = 1,5 W_{el} f_y / \gamma_{M0}$	$M_{Rd} =$	2,21 kNm
podmínka spolehlivosti	M_{Ed} / M_{Rd}	0,58	\leq 1,0

Posouzení únosnosti čepu v kombinaci stříhu a ohybu

podmínka spolehlivosti	$(M_{Ed} / M_{Rd})^2 + (F_{V,Ed} / F_{V,Rd})^2$	0,74	\leq 1,0
------------------------	---	------	------------

Posouzení svarů (přivaření styčnickových plechů k podkladní pásovině)

přivaření bude provedeno ovařením okolo plechu koutovým svarem

svislá deska

 $t_l =$ 20,00 mm

síly působící na svar

 $N_{ed} =$ 69,14 kN $V_{ed} =$ 6,34 kN

korelační součinitel (pro ocel S235)

 $\beta_w =$ 0,8

účinná výška svaru

 $a =$ 5 mm

délka desky

 $l_1 =$ 200

účinná délka svaru

 $l =$ 190 mm

účinná plocha dvou svarů

 $A_w = 2 a l$ $A_w =$ 1900 mm² $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = N_{ed} / (2^{0,5} A_w)$ $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} =$ 25,73 MPa f_u / γ_{M2} $f_u / \gamma_{M2} =$ 288,00 MPa

podmínka spolehlivosti	$\bar{\sigma}_\perp \leq f_u / \gamma_{M2} =$	0,09	\leq	1,0
(EC3 vztah 4.1)	$\tau_{II} = V_{ed} / A_w$ $(\bar{\sigma}_\perp^2 + 3\tau_\perp^2 + 3\tau_{II}^2)^{0,5}$	$\tau_{II} =$		3,34 MPa
				51,79 MPa
podmínka spolehlivosti	$f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) =$			360,00
$(\bar{\sigma}_\perp^2 + 3\tau_\perp^2 + 3\tau_{II}^2)^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$		0,14	\leq	1,0
Posouzení svislých plechů				
"dolní" deska (2x)		tl =		20,00 mm
		$A_{net} =$		1200,00 mm ²
tah v místě oslabení: (pravý)				
Návrhová únosnost	$N_{Rd} = A_{net} f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{Rd} =$		282,00 kN
podmínka spolehlivosti	N_{Ed} / N_{Rd}	0,25	\leq	1,0
smyk v místě oslabení: (pravý)				
Návrhová únosnost	$V_{pl,Rd} = A_v / 3^{0,5} f_{yk} / \gamma_{M0}$	$V_{pl,Rd} =$		162,81 kN
podmínka spolehlivosti	$V_{Ed} / V_{pl,Rd}$	0,04	\leq	1,0
"horní" deska		tl =		30,00 mm
		$A_{net} =$		1800,00 mm ²
tah v místě oslabení: (levý)				
Návrhová únosnost	$N_{Rd} = A_{net} f_{yk} / \gamma_{M0}$	$N_{Rd} =$		423,00 kN
podmínka spolehlivosti	N_{Ed} / N_{Rd}	0,33	\leq	1,0
smyk v místě oslabení: (levý)				
Návrhová únosnost	$V_{pl,Rd} = A_v / 3^{0,5} f_{yk} / \gamma_{M0}$	$V_{pl,Rd} =$		244,22 kN
podmínka spolehlivosti	$V_{Ed} / V_{pl,Rd}$	0,05	\leq	1,0
Spoj vazníku a kloubu (ocel-dřevo) - vrchol				
kolík		průměr =		20,00 mm
		délka =		100,00 mm
charakteristická hodnota hustoty		$\rho_k =$		340,00 kg/m ³
okamžitý modul prokluzu $K_{ser} = \rho_k^{1,5} d / 23$		$K_{ser} =$		5451,56 N/mm
okamžitý modul prokluzu pro mezní stav únosnosti $K_u = 2 / 3 K_{ser}$		$K_u =$		3634,37 N/mm
charakteristická pevnost v otláčení $f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d) \rho_k$		$f_{h,0,k} =$		22,30 N/mm ²
charakteristická pevnost v otláčení $f_{h,\alpha,k} = f_{h,0,k} / k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha$ pro měkké dřevo $k_{90} = 1,35 + 0,015d$		$f_{h,\alpha,k} =$		14,32 N/mm ²
charakteristická pevnost v tahu		$f_{u,k} =$		510,00 N/mm ²

plastický moment únosnosti

$$M_{y,k}=0,8f_{u,k}d^3/6$$

$$M_{y,k}= 544000,00 \text{ Nmm}$$

návrhová pevnost v otláčení

$$f_{h,d}=k_{mod}f_{hk}/\gamma_m$$

$$f_{h,d}= 11,21 \text{ N/mm}^2$$

návrhová hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,d}=M_{y,k}/\gamma_m$$

$$M_{y,d}= 473043,48 \text{ Nmm}$$

Návrhová únosnost jednoho svorníku (spoje s tlustou ocelovou deskou) R_d

$$R_d= 15385,68 \text{ N}$$

$$15385,68 \text{ N}$$

$$23681,94 \text{ N}$$

$$22411,86 \text{ N}$$

$$n= 4,22 \text{ ks}$$

Nutný minimální počet kolíků

minimální osové vzdálenosti kolíků

ve směru vláken $(3+4\cos\alpha)d$

$$a_1= 140,00 \text{ mm}$$

kolmo k vláknům $3d$

$$a_2= 60,00 \text{ mm}$$

od konce $7d$

$$a_{3t}= 140,00 \text{ mm}$$

od kraje $3d$

$$a_{4c}= 60,00 \text{ mm}$$

od konce $(2+2\sin\alpha)d$

$$a_{4t}= 25,51 \text{ mm}$$

6.4 Přípoj vaznice ve vrcholu

Přípoj vaznice ve vrcholu v místě kloubu je řešen jako jednostřížný kolíkový spoj s tlustou ocelovou deskou. Vaznice z lepeného dřeva GL24h je kotvena k čelní ocelové desce čepového spoje. Kolíky průměru 10,00 mm a délky 220 mm jsou z oceli S355. Je zde navržena ocel vyšší pevnosti z důvodu omezení roztečí a tudíž i průměru prvků.

Přípojení vaznice na horní pás (ocel-dřevo) - kloub

maximální návrhová osová síla		$N_{ed,max+} =$	113,69 kN
kolík		průměr =	10,00 mm
		délka =	200,00 mm
charakteristická hodnota hustoty		$\rho_k =$	7837,42 kg/m ³
charakteristická pevnost v tahu S355		$f_{u,k} =$	510,00 N/mm ²
charakteristická pevnost v otláčení		$f_{h,0,k} =$	578,40 N/mm ²
$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k$			
plastický moment únosnosti		$M_{y,k} =$	68000,00 Nmm
$M_{y,k} = 0,8f_{u,k}d^3/6$			
návrhová pevnost v otláčení		$f_{h,d} =$	452,66 N/mm ²
$f_{h,d} = k_{mod}f_{hk}/\gamma_m$			
návrhová hodnota plastického momentu únosnosti		$M_{y,d} =$	59130,43 Nmm
$M_{y,d} = M_{y,k}/\gamma_m$			
Návrhová únosnost jednoho kolíku (jednostřížný spoj s tlustou deskou po stranách) R_d		$R_d =$	37628,81664 N
			203698,0591 N
			77081,66593 N
			37628,81664 N
nutný počet kolíků		n =	4 ks
minimální osové vzdálenosti kolíků			
ve směru vláken	$(3+4\cos\alpha)d$	$a_1 =$	70 mm
kolmo k vláknům	3d	$a_2 =$	30 mm
od konce	7d	$a_{3t} =$	70 mm
od kraje	3d	$a_{4c} =$	30 mm
od konce	$(2+2\sin\alpha)d$	$a_{4t} =$	20 mm

6.5 Přípoj vaznice na horní pás

Vaznice navržené z lepeného lamelového dřeva jsou připojeny do horního pásu u horního povrchu – leží na horním pásu. Přípoj je pomocí ocelových prvků BV/ÚK z obou stran. Spojení je zajištěno prostřednictvím jednostřížně namáhaného hřebíkového spoje. Průměr hřebíku je 4,00 mm, délka 90,00 mm. Vaznice jednotlivých polí k sobě nejsou navzájem připojeny. Prvek vždy končí v ose vazníku.

Hřebíky

pevnost v tahu

charakteristická pevnost v otláčení (bez předvrtaných otvorů) $f_{h,k}=0,082\rho_k d^{-0,3}$

plastický moment únosnosti

$$M_{y,k}=0,3f_u d^{2,6}$$

návrhová pevnost v otláčení

$$f_{h,d}=k_{mod}f_{hk}/\gamma_m$$

návrhová hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,d}=M_{y,k}/\gamma_m$$

Návrhová únosnost jednoho hřebíku (spoj se středním prvkem z oceli) R_d

pro tenkou ocelovou desku jednostřížně namáhanou

průměr = 4,00 mm

délka = 100,00 mm

$t_1 = 98,00$ mm

$\rho_k = 340,00$ kg/m³

$f_u = 600,00$ N/mm²

$f_{h,k} = 18,39$ N/mm²

$M_{y,k} = 6616,50$ Nmm

$f_{h,d} = 14,40$ MPa

$M_{y,d} = 5753,48$ Nmm

$R_d = 1134,74$ N

2257,18 N

1134,74 N

$$R_d = \min. \begin{cases} 0,4 f_{h,d} t_1 d \\ 1,1 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,d} d} \end{cases}$$

nutný počet hřebíků

n = 50 ks

6.6 Připojení krokve na vaznici

Krokve navržené z jehličnatého dřeva C22 jsou kotveny při horním okraji do vaznic z lepeného lamelového dřeva GL24h. Osová vzdálenost krokví činí 1,0 m. Přípoj je prostřednictvím jednostranně přiloženého ocelového prvku BV/ÚK spojen jednostřížnými hřebíky průměru 4,0 mm délky 90,00 mm. Jednotlivé krokve jsou k sobě navzájem připojeny.

hřebíky

	průměr =	4,00 mm
	délka =	100,00 mm
	$t_1 =$	98,00 mm
	$\rho_k =$	340,00 kg/m ³
	$f_u =$	600,00 N/mm ²
pevnost v tahu		
charakteristická pevnost v otláčení (bez předvrtaných otvorů) $f_{h,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3}$	$f_{h,k} =$	18,39 N/mm ²
plastický moment únosnosti		
$M_{y,k} = 0,3 f_u d^{2,6}$	$M_{y,k} =$	6616,50 Nmm
návrhová pevnost v otláčení		
$f_{h,d} = k_{mod} f_{h,k} / \gamma_m$	$f_{h,d} =$	14,40 MPa
návrhová hodnota plastického momentu únosnosti		
$M_{y,d} = M_{y,k} / \gamma_m$	$M_{y,d} =$	5753,48 Nmm
Návrhová únosnost jednoho hřebíku (spoje se středním prvkem z oceli) R_d	$R_d =$	1134,74 N
pro tenkou ocelovou desku jednostřížně namáhanou		2257,18 N
		1134,74 N

$$R_d = \min. \begin{cases} 0,4 f_{h,d} t_1 d \\ 1,1 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,d} d} \end{cases}$$

nutný počet hřebíků

n= 38 ks

6.7 Styčnickové spoje

Řešená konstrukce obloukového vazníku je navržena jako příhradový vazník. Jednotlivé pruty vazníku jsou k sobě připojeny vkládanými tenkými plechy tl. 1,5 mm. Spoj je zajištěn hřebíky průměru 4,0 a 5,6 mm s ohledem na navržený profil a působící sílu. V každém prvku jsou vždy dva styčnickové plechy, to znamená čtyři plechy ve styčnicku. Plechy se vkládají do vyfrézovaných drážek bez předvrtaných otvorů. Při změně tloušťky plechu nebo průměru spojovacích prostředků musí být uvážena podmínka max. tloušťky plechu, která nesmí přesáhnout 0,5 násobek průměru hřebíku.

Svislice - připojení styčnicků: (hřebíkové spoje dřevo-ocel)

hřebíky	průměr =	4,00 mm
	délka =	90,00 mm
	$t_1 =$	30,00 mm
	$\rho_k =$	340,00 kg/m ³
pevnost v tahu	$f_u =$	600,00 N/mm ²
charakteristická pevnost v otláčení (bez předvrtaných otvorů) $f_{h,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3}$	$f_{h,k} =$	18,39 N/mm ²
plastický moment únosnosti $M_{y,k} = 0,3 f_u d^{2,6}$	$M_{y,k} =$	6616,50 Nmm
návrhová pevnost v otláčení $f_{h,d} = k_{mod} f_{hk} / \gamma_m$	$f_{h,d} =$	14,40 MPa
návrhová hodnota plastického momentu únosnosti $M_{y,d} = M_{y,k} / \gamma_m$	$M_{y,d} =$	5753,48 Nmm
Návrhová únosnost jednoho hřebíku (spoje se středním prvkem z oceli) R_d	$R_d =$	1070,48 N
		1900,17 N
		1070,48 N
		1220,99 N
nutný minimální počet hřebíků	n =	15 ks
osové vzdálenosti hřebíků		
ve směru vláken $(5+5\cos\alpha)d$	$a_1 =$	40,00 mm
kolmo k vláknům $5d$	$a_2 =$	20,00 mm
od konce $(10+5\cos\alpha)d$	$a_{3t} =$	60,00 mm
od kraje $5d$	$a_{4c} =$	20,00 mm
od konce $(5+5\sin\alpha)d$	$a_{4t} =$	23 mm

$$R_d = \min. \begin{cases} 1,1 f_{h,1,d} t_1 d \\ 1,1 f_{h,1,d} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,d}}{f_{h,1,d} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 1,5 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,1,d} d} \end{cases}$$

Diagonála- připojení styčnicku: (hřebíkové spoje dřevo-ocel)

hřebíky

průměr = 4,0 mm

délka = 90,0 mm

 $t_1 = 30$ mm $\rho_k = 340$ kg/m³ $f_u = 600$ N/mm²

pevnost v tahu

charakteristická pevnost v otláčení (bez předvrtaných otvorů) $f_{h,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3}$ $f_{h,k} = 18,39$ N/mm²

plastický moment únosnosti

 $M_{y,k} = 0,3 f_u d^{2,6}$ $M_{y,k} = 6616,50$ Nmm

návrhová pevnost v otláčení

 $f_{h,d} = k_{mod} f_{h,k} / \gamma_m$ $f_{h,d} = 14,40$ MPa

návrhová hodnota plastického momentu únosnosti

 $M_{y,d} = M_{y,k} / \gamma_m$ $M_{y,d} = 5753,48$ NmmNávrhová únosnost jednoho hřebíku (spoje se středním prvkem z oceli) R_d

$$R_d = \min. \begin{cases} 1,1 f_{h,d} t_1 d \\ 1,1 f_{h,d} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,d}}{f_{h,d} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 1,5 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,d} d} \end{cases}$$

 $R_d = 1070,48$ N

1900,17 N

1070,48 N

1323,83 N

nutný minimální počet hřebíků

 $n = 23$ ks**osové vzdálenosti hřebíků**ve směru vláken $(5+5\cos\alpha)d$ $a_1 = 40,00$ mmkolmo k vláknům $5d$ $a_2 = 20,00$ mmod konce $(10+5\cos\alpha)d$ $a_{3t} = 60,00$ mmod kraje $5d$ $a_{4c} = 20,00$ mmod konce $(5+5\sin\alpha)d$ $a_{4t} = 23$ mm

Horní pás - připojení styčníku: (hřebíkové spoje dřevo-ocel)

hřebíky

průměr =	4 mm
délka =	90 mm
$t_1 =$	30 mm
$\rho_k =$	340 kg/m ³
$f_u =$	600 N/mm ²
$f_{h,k} =$	18,39 N/mm ²
$M_{y,k} =$	6616,50 Nmm
$f_{h,d} =$	14,40 MPa
$M_{y,d} =$	5753,48 Nmm
$R_d =$	1070,48 N
	1900,17 N
	1070,48 N
	1220,99 N
n =	31 ks

pevnost v tahu

charakteristická pevnost v otláčení (bez předvrtaných otvorů)

$$f_{h,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3}$$

plastický moment únosnosti

$$M_{y,k} = 0,3 f_u d^{2,6}$$

návrhová pevnost v otláčení

$$f_{h,d} = k_{mod} f_{hk} / \gamma_m$$

návrhová hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,d} = M_{y,k} / \gamma_m$$

Návrhová únosnost jednoho hřebíku (spoje se středním prvkem

z oceli) R_d

$$R_d = \min. \begin{cases} 1,1 f_{h,d} t_1 d \\ 1,1 f_{h,d} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,d}}{f_{h,d} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 1,5 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,d} d} \end{cases}$$

Nutný minimální počet hřebíků

osové vzdálenosti hřebíků

ve směru vláken (5+5cos α)d

kolmo k vláknům 5d

od konce (10+5cos α)d

od kraje 5d

od konce (5+5sin α)d

$a_1 =$	40,00 mm
$a_2 =$	20,00 mm
$a_{3t} =$	60,00 mm
$a_{4c} =$	20,00 mm
$a_{4t} =$	20,00 mm

Dolní pás - připojení příložek: (hřebíkové spoje dřevo-ocel)

hřebíky

pevnost v tahu

charakteristická pevnost v otláčení (bez předvrtaných otvorů)

$$f_{h,k}=0,082\rho_k d^{-0,3}$$

plastický moment únosnosti

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

návrhová pevnost v otláčení

$$f_{h,d}=k_{mod}f_{hk}/\gamma_m$$

návrhová hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,d}=M_{y,k}/\gamma_m$$

Návrhová únosnost jednoho hřebíku (spoje se středním prvkem z oceli) R_d

$$R_d = \min. \begin{cases} 1,1 f_{h,d} t_1 d \\ 1,1 f_{h,d} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,d}}{f_{h,d} d t_1^2}} - 1 \right] \\ 1,5 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,d} d} \end{cases}$$

nutný počet hřebíků

osové vzdálenosti hřebíků

ve směru vláken $(5+7\cos\alpha)d$

kolmo k vláknům $5d$

od konce $(10+5\cos\alpha)d$

od kraje $5d$

od konce $(5+5\sin\alpha)d$

průměr =	5,60 mm
délka =	140,00 mm
$t_1=$	40,00 mm
$\rho_k=$	340,00 kg/m ³
$f_u=$	600,00 N/mm ²
$f_{h,k}=$	16,63 N/mm ²
$M_{y,k}=$	15869,43 Nmm
$f_{h,d}=$	13,01 MPa
$M_{y,d}=$	13799,51 Nmm
$R_d=$	2127,27 N 3206,43 N 3708,67 N 2127,27 N
n=	31 ks

$a_1=$ 67,20 mm

$a_2=$ 28,00 mm

$a_{3t}=$ 84,00 mm

$a_{4c}=$ 28,00 mm

$a_{4t}=$ 49,76 mm

6.8 Montážní spoje

Konstrukce příhradového vazníku je z důvodu dopravy na stavenišťe rozdělena na montážní dílce. Jedním z montážních spojů je díky kloubovému spojení ve vrcholu navržený čep. Je potřeba konstrukci ještě rozdělit na čtvrtinu a to je navrženo pomocí kolíkových spojů s vkládanou ocelovou deskou tl. 10 mm. Průměr kolíku je 10 mm, použitá ocel je pevnosti S355.

Montážní spoj (ocel-dřevo) – diagonála

maximální návrhová osová síla		$N_{ed,max+} =$	97,3 kN
kolík		průměr =	10,00 mm
		délka =	100,00 mm
charakteristická hodnota hustoty		$\rho_k =$	340,00 kg/m ³
charakteristická pevnost v tahu S355		$f_{u,k} =$	510,00 N/mm ²
charakteristická pevnost v otláčení		$f_{h,0,k} =$	25,09 N/mm ²
$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k$			
plastický moment únosnosti		$M_{y,k} =$	68000,00 Nmm
$M_{y,k} = 0,8f_{u,k}d^3/6$			
návrhová pevnost v otláčení		$f_{h,d} =$	19,64 N/mm ²
$f_{h,d} = k_{mod}f_{hk}/\gamma_m$			
návrhová hodnota plastického momentu únosnosti		$M_{y,d} =$	59130,43 Nmm
$M_{y,d} = M_{y,k}/\gamma_m$			
Návrhová únosnost jednoho kolíku (dvojstřížný spoj s		$R_d =$	5177,564321 N
vkládanou ocelovou deskou) R_d			8836,747826 N
			5177,564321 N
			7837,424067 N
nutný počet kolíků		n =	8 ks
minimální osové vzdálenosti kolíků			
ve směru vláken	$(3+4\cos\alpha)d$	$a_1 =$	70 mm
kolmo k vláknům	3d	$a_2 =$	30 mm
od konce	7d	$a_{3t} =$	70 mm
od kraje	3d	$a_{4c} =$	30 mm
od konce	$(2+2\sin\alpha)d$	$a_{4t} =$	20 mm

Montážní spoj (ocel-dřevo) - horní pás

maximální návrhová osová síla

kolík

charakteristická hodnota hustoty

charakteristická pevnost v tahu S355

charakteristická pevnost v otláčení

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

plastický moment únosnosti

 $M_{y,k}=0,8f_{u,k}d^3/6$

návrhová pevnost v otláčení

 $f_{h,d}=k_{mod}f_{hk}/\gamma_m$

návrhová hodnota plastického momentu únosnosti

 $M_{y,d}=M_{y,k}/\gamma_m$ Návrhová únosnost jednoho kolíku (dvojstřížný spoj s
vkládanou ocelovou deskou) R_d

$N_{ed,max+}=$	98,25 kN
průměr =	10,00 mm
délka =	100,00 mm
$\rho_k=$	340,00 kg/m ³
$f_{u,k}=$	510,00 N/mm ²
$f_{h,0,k}=$	25,09 N/mm ²
$M_{y,k}=$	68000,00 Nmm
$f_{h,d}=$	19,64 N/mm ²
$M_{y,d}=$	59130,43 Nmm
$R_d=$	5177,564321 N
	8836,747826 N
	5177,564321 N
	7837,424067 N
n=	12 ks

nutný počet kolíků**minimální osově vzdálenosti kolíků**ve směru vláken $(3+4\cos\alpha)d$

kolmo k vláknům 3d

od konce 7d

od kraje 3d

od konce $(2+2\sin\alpha)d$

$a_1=$	70 mm
$a_2=$	30 mm
$a_{3t}=$	70 mm
$a_{4c}=$	30 mm
$a_{4t}=$	20 mm

Montážní spoj (ocel-dřevo) - dolní pás

maximální návrhová osová síla

kolík

charakteristická hodnota hustoty

charakteristická pevnost v tahu S355

charakteristická pevnost v otláčení

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

plastický moment únosnosti

 $M_{y,k}=0,8f_{u,k}d^3/6$

návrhová pevnost v otláčení

 $f_{h,d}=k_{mod}f_{hk}/\gamma_m$

návrhová hodnota plastického momentu únosnosti

 $M_{y,d}=M_{y,k}/\gamma_m$ Návrhová únosnost jednoho kolíku (dvojstřížný spoj s
vkládanou ocelovou deskou) R_d

$N_{ed,max+}=$	259,52 kN
průměr =	10,00 mm
délka =	100,00 mm
$\rho_k=$	340,00 kg/m ³
$f_{u,k}=$	510,00 N/mm ²
$f_{h,0,k}=$	25,09 N/mm ²
$M_{y,k}=$	68000,00 Nmm
$f_{h,d}=$	19,64 N/mm ²
$M_{y,d}=$	59130,43 Nmm
$R_d=$	5177,564321 N
	8836,747826 N
	5177,564321 N
	7837,424067 N

nutný počet kolíků**n= 34 ks****minimální osově vzdálenosti kolíků**ve směru vláken (3+4cos α)d $a_1= 70$ mm

kolmo k vláknům 3d

 $a_2= 30$ mm

od konce 7d

 $a_{3t}= 70$ mm

od kraje 3d

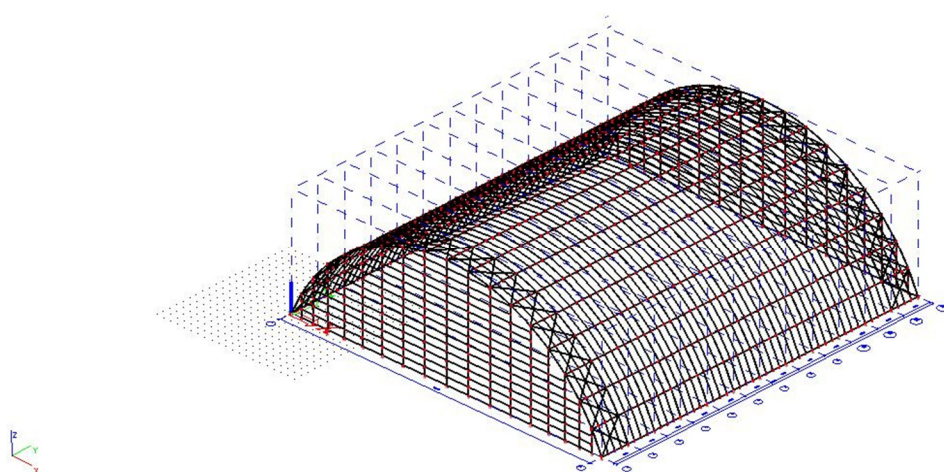
 $a_{4c}= 30$ mmod konce (2+2sin α)d $a_{4t}= 20$ mm

7 Varianta 2

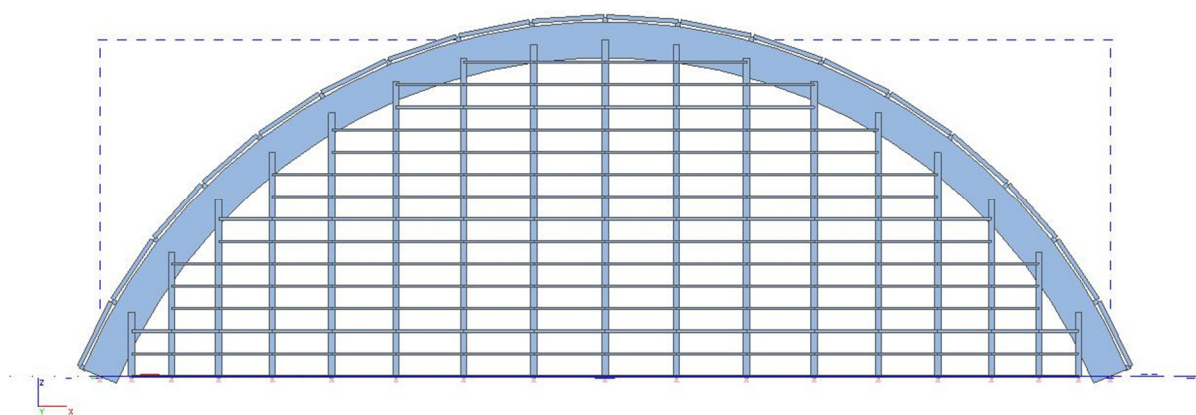
Druhá varianta posouzení konstrukce o stejných dispozičních rozměrech, geometrii a osových vzdálenostech příčných vazeb byla navržena jako plnostěnný obloukový vazník z lepeného lamelového dřeva GL24h. Rozměr žebra byl navržen o rozměrech 240/1600 mm. Kloubové uložení je uvažováno kloubovým čepem. Je zde použit stejný systém vaznic, krokví a skladba střešního pláště jako u varianty 1. Příčná ztužidla jsou navržena jako ocelové tažené trubky. Zatížení je uvažováno stejné jako ve variantě 1.

7.1 Axonometrie

Výpočtový model softwaru Scia Engineer 2014.



7.2 Pohled čelní stěna



7.3 Pohled boční



7.4 Deformace žebra

Prvek	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]	Výslednice [mm]
B7	24,417	CO2/1	-7,3	0,0	-0,7	0,0	0,8	0,0	7,3
B7	25,478	CO9/2	11,0	13,0	1,0	-2,8	-1,1	0,3	17,1
B1	11,677	CO1/3	-0,5	-0,8	-0,2	-0,7	0,1	0,0	1,0
B1	28,663	CO3/4	0,2	28,3	7,3	11,4	0,0	-0,2	29,2
B7	11,677	CO9/2	5,2	6,4	-16,9	-1,3	0,1	0,6	18,8
B7	38,217	CO9/2	6,0	10,7	13,2	-2,3	0,2	-0,5	18,0
B11	28,663	CO3/4	-0,1	14,3	-6,5	-4,2	0,0	0,1	15,7
B1	28,663	CO9/2	0,4	28,1	9,5	14,5	0,0	0,2	29,7
B7	0,000	CO2/1	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,5	0,0	0,0
B7	0,000	CO9/2	0,0	0,0	0,0	-1,4	2,2	0,4	0,0
B1	40,340	CO4/5	-1,8	16,5	2,6	5,7	0,7	-1,8	16,8
B1	16,986	CO4/5	3,0	18,1	2,9	7,4	-0,7	1,8	18,6

7.5 Vnitřní síly žebra

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B13	žebro - OBDEL	0,000	CO5/6	-438,12	-0,74	-48,34	-0,19	-11,79	2,39
B1	žebro - OBDEL	3,185	CO9/2	758,34	2,48	-10,43	0,74	141,14	7,16
B1	žebro - OBDEL	19,109	CO9/2	308,16	-8,21	13,50	-3,61	-50,27	2,12
B1	žebro - OBDEL	35,032	CO9/2	265,58	8,69	35,99	5,81	-75,04	-22,90
B2	žebro - OBDEL	0,000	CO5/6	-244,77	1,47	-67,52	0,06	11,44	-0,44
B1	žebro - OBDEL	0,000	CO9/2	749,03	2,48	90,19	0,32	13,88	-0,68
B1	žebro - OBDEL	19,109	CO4/5	317,67	-6,74	-42,24	-5,66	-59,28	-20,60
B1	žebro - OBDEL	38,217	CO2/7	283,46	6,42	43,56	5,98	-32,80	-18,53
B4	žebro - OBDEL	7,431	CO1/3	-358,15	-0,03	4,62	0,03	-203,66	0,04
B7	žebro - OBDEL	9,554	CO9/2	101,50	-1,36	-3,51	0,12	242,73	3,26
B1	žebro - OBDEL	22,293	CO9/2	308,47	-8,21	-31,15	-5,01	-78,34	-23,49
B13	žebro - CBDEL	3,185	CO9/2	77,78	-5,72	6,36	-0,30	4,16	10,85