

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2018**

**JAKUB ŠEJNA**



## **SEZNAM DOKUMENTACE**

- **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**
- **ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ**
- **POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ**
- **PŘÍLOHA Č. 1 – VÝPOČET NORMOVÉ  
PARAMETRICKÉ TEPLOTNÍ KŘIVKY**
- **PŘÍLOHA Č. 2 – ZÓNOVÉ MODELY**
- **PŘÍLOHA Č. 3 – VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU  
TEPLA VYBRANÝCH KONSTRUKCÍ**
- **PŘÍLOHA Č. 4 – SCIA REPORT**
- **PŘÍLOHA Č. 5 – NÁVRH HLAVNÍCH NOSNÝH PRVKŮ**
- **VÝKRESOVÁ ČÁST**





## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šejna	Jméno: Jakub	Osobní číslo: 438381
Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Požární bezpečnost staveb		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Posouzení konstrukčních systémů výrobní haly za účinku požáru

Název bakalářské práce anglicky: Construction systems assessment of manufacturing hall by fire analysis


Pokyny pro vypracování:  
Posouzení skutečného návrhu, zhodnocení materiálových variant, posouzení konstrukce za požárních scénářů, zpracování PBŘ stavby.


Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Lukáš Velebil

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

  
Podpis vedoucího práce

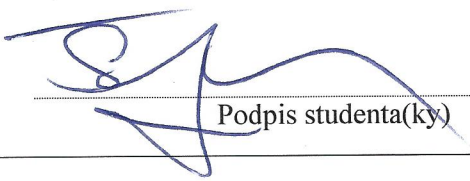
  
Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

20.2.2018

Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta(ky)

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH  
SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA  
ÚČINKŮ POŽÁRU**

**ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ**

**2018**

**JAKUB ŠEJNA**

## I. Obsah

II.	Preambule.....	4
III.	Seznam zkratk.....	6
IV.	Seznam použité dokumentace.....	6
V.	Harmonogram zpracování.....	7
VI.	Úvod.....	7
VII.	Popis území, stavby, staveniště a bližšího okolí a popis skutečného provedení.....	7
	Popis území.....	7
	Popis stavby, staveniště a bližšího okolí.....	8
	Stávající ochranná a bezpečnostní pásma.....	8
	Popis skutečného provedení stavby.....	8
	Základní rozměry.....	8
	Charakteristika technických a technologických zařízení.....	8
VIII.	Konstrukční varianty.....	10
	Původní statické schéma.....	10
	Nové navrhované varianty.....	12
	Možné navrhované varianty.....	13
	Dřevěné sloupy s dřevěnou příhradovinou.....	13
	Dřevěný rám tuhý.....	13
	Dřevěný rám trojkloubový.....	16
	Dřevěný rám se zakřivenou střednicí, tuhý.....	19
	Dřevěný rám se zakřivenou střednicí, trojkloubový.....	21
	Závěrečné posouzení nových návrhů.....	25
IX.	Stanovení možných požárních scénářů, možné zdroje zapálení a teplotní analýza požárních úseků.....	25
	Stanovení možných požárních scénářů.....	25
	Požární scénář – Místnost kanceláře.....	26
	Požární scénář – lokálně uložené palety (pracoviště brusiče).....	28
	Požární scénář – linka autogenu.....	30
	Požární scénář – manipulační vozík.....	31
	Závěr z požárních scénářů.....	32

Teplotní analýza požárního úseku .....	32
Normová teplotní křivka .....	32
Parametrická teplotní křivka.....	34
Lokální modely .....	34
Porovnání teplotních křivek.....	35
Závěr teplotní analýzy požárního úseku .....	35
X. Návrh hlavních nosných konstrukcí za běžné teploty.....	35
Navržení skutečného tvaru výrobní haly .....	36
Schéma dřevěného rámu.....	36
Statický model – 3D .....	36
Výpočet zatížení na konstrukci a vnitřních sil působící v konstrukci .....	40
Volba zatížení – zatěžovací stavy .....	40
Zatížení stálé: .....	41
Zatížení užité: .....	42
Výpočet zatížení sněhem: .....	42
Výpočet zatížení větrem: .....	45
Kombinace zatěžovacích stavů: .....	47
Výsledné maximální zatížení:.....	48
Návrh hlavních konstrukčních prvků.....	48
Navrhované konstrukční rozměry:.....	48
Posouzení hlavních nosných prvků .....	49
XI. Posouzení konstrukcí za účinků požáru, návrh protipožárních řešení zlepšujících požární odolnost konstrukce .....	51
Posouzení konstrukcí za účinků požáru .....	51
Posouzení hlavních nosných prvků .....	51
Výpočet únosnosti ztužidla za požáru:.....	52
Návrh protipožárních řešení zlepšujících požární odolnost konstrukce .....	53
XII. Porovnání jednotlivých návrhů, vyjmenování krizových oblastí konstrukce .....	53
Porovnání jednotlivých návrhů.....	53
Vyjmenování krizových oblastí konstrukce.....	54
XIII. Závěr části „Zhodnocení návrhů“ .....	54

## II. Preambule

Tato bakalářská práce slouží jako dokázání komplexního zvládnutí výuky bakalářského studia na Fakultě Stavební Českého vysokého učení technického v Praze ve studijním programu Stavební inženýrství, studijní obor Požární bezpečnost staveb. Pro vypracování této bakalářské práce jsou využity všechny znalosti, kterých jsem jako student získal studiem Českého vysokého učení technického v Praze, odborných praxí, které jsem vykonával během studia a znalosti získané samostudiem, a to buď pomocí technických listů výrobců a jejich technických postupů při realizaci, ale i při absolvování odborných seminářů zejména v oblasti požární ochrany.

Bakalářská práce je vypracována v souladu s předpisy platnými k datu odevzdání práce, samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou konzultací v rámci Českého vysokého učení technického v Praze.

V rámci této bakalářské práce bude posouzení skutečného konstrukčního stavu výrobní haly Autogen Slatiňany, která je navržena jako ocelová hala se sloupy HEA a příhradovinami z trubkových profilů. Jako obvodové stěny jsou navrženy sendvičové panely KINGSPAN. Předmětem bakalářské práce je alternativní řešení materiálové varianty nosné konstrukce, kdy je původní ocelová konstrukce nahrazena dřevěnou konstrukcí. Práce zahrnuje možná konstrukční řešení z lepeného či rostlého dřeva. Na závěr bude porovnán výsledný návrh se skutečným stavem a posoudím výhody a nevýhody jednotlivých návrhů.

---

This bachelor thesis serves as a comprehensive proof of mastering the teaching of a bachelor's study at the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague in the study program Civil Engineering, study branch Fire Safety of Buildings. All the knowledge I obtained as a student through the study of the Czech Technical University in Prague, the professional practices that I did during my studies and the self-study knowledge were used for this bachelor thesis, either through the technical sheets of the manufacturers and their technical procedures in the implementation, but also during professional seminars, especially in the area of fire protection.

The bachelor's thesis is elaborated in accordance with current regulations (valid as of 27. 5. 2018), independently, without foreign

interventions, except for consultations within the Czech Technical University in Prague.

In the framework of this bachelor thesis will be the assessment of the actual construction state of the production hall Autogen Slatiňany, which is designed as a steel hall with HEA columns and joinery beams. Outside walls are designed with KINGSPAN sandwich panels. In this bachelor thesis I will deal with what happened if the hall was realized not from a steel structure but from a wooden structure. I will deal with possible design solutions from glued laminated timber and solid timber in different systems. Then compare the possibilities of the proposals with the actual situation and consider the advantages and disadvantages of individual proposals.

### III. Seznam zkratk

DSP	= Dokumentace skutečného provedení
EPS	= Elektrická požární signalizace
PBŘ	= Požárně bezpečnostní řešení stavby
PNP	= Požárně nebezpečný prostor
PTCH	= Požárně technické charakteristiky
RHR <sub>f</sub>	= Rychlost uvolňování tepla
SDK	= Sádrukartonová deska bez specifikace
SSHZ	= Samočinné stabilní hasicí zařízení

### IV. Seznam použité literatury

- [1] OZV č. 4/2006 města Slatiňany, Územní plán obce Slatiňany
- [2] Požárně technické charakteristiky a technické informace pro potřeby ZPP, Ministerstvo Vnitra, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015
- [3] ISO 834-11:2014
- [4] ČSN EN 1991-1-2, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru
- [5] ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Zatížení sněhem
- [6] ČSN EN 1995-1-1, Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla pro pozemní stavby, 2006
- [7] ČSN EN 1995-1-2, Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru, 2006

## V. Harmonogram zpracování

- 1) Sepsání Preambule, Úvodu a detailní popis stavby, jejího okolí a zaměření se na skutečnosti, které mohou ovlivňující realizaci stavby
- 2) Zhodnocení skutečného provedení stavby (ocelová konstrukce)
- 3) Navržení možných jiných konstrukčních řešení z dřevěných materiálů, návrh hlavních nosných prvků
- 4) Stanovení možných požárních scénářů, teplotní analýza požárních úseků
- 5) Návrh hlavních nosných konstrukcí za běžné teploty
- 6) Posouzení konstrukcí za účinků požáru, návrh protipožárních řešení zlepšujících požární odolnost konstrukce
- 7) Porovnání jednotlivých návrhů, vyjmenování krizových oblastí konstrukce
- 8) Závěr části „Zhodnocení návrhů“

*Poznámka:*

*Souběžně bude zpracováváno Požárně bezpečnostní řešení stavby (dále PBŘ), na které se bude tato část odvolávat.*

## VI. Úvod

V části „Zhodnocení návrhů“ bude posouzena ocelová halová konstrukce, kterou jsem získal ve stavu Dokumentace skutečného provedení (dále DSP). Jelikož se jedná o kompletní stav, na který byla zhotovena „studená“ statika nebude tolik věnováno pozornosti této konstrukci za studena a za požáru. Následně budou navrženy možné varianty, kdyby byla tato hala byla provedena ze dřeva. Následně bude vybrána konečná varianta, která bude posouzena za běžné teploty, ale i za požáru, budou provedeny detailnější analýzy průběhu požáru a porovná přístupů z hlediska teplotních křivek a požárních scénářů.

Závěrem této části bude kompletní souhrn navržených řešení, jejich výhody a nevýhody a doporučení nevhodnějšího řešení.

Nedílnou částí bakalářské práce bude PBŘ, které bude přiloženo v samostatné „složce“.

## VII. Popis území, stavby, staveniště a bližšího okolí a popis skutečného provedení

### Popis území

Výrobní hala Autogen Slatiňany bude realizována ve městě Slatiňany na Chrudimsku (4 km od okresního města Chrudim). Historie města Slatiňany



sahá až do let 1294 a za dobu své existence si vybudovalo pověst důležitého města v okolí, do kterého lidé směřují za prací. Okolí města Slatiňany nabízí významné památky, a to nejen Státní zámek Slatiňany nebo Hřebčín Slatiňany (pobočka hřebčína Kladruby), ale i například rozhlednu Na Chlumu.

Město Slatiňany s katastrální výměrou 15,60 km<sup>2</sup> s počtem obyvatel 4206 obyvatel se nachází ve výšce 268 m. n. m. Městem Slatiňany protéká řeka Chrudimka, která je ve vzdálenosti 36,3 m (měřeno na osu z katastru nemovitostí), šířka říčního koryta je cca 21,8 m.

### **Popis stavby, staveniště a bližšího okolí**

Výrobní hala Autogen Slatiňany se nachází v průmyslové zóně města Slatiňany, konkrétněji v areálu sběrného dvora na recyklovatelné materiály společnosti Recycling – kovové odpady a.s. a bude sloužit pro potřeby sběrného dvora. Realizace a provoz stavby neovlivní negativně okolí ani provoz okolních objektů. Stavbou výrobní haly Autogen Slatiňany nedojde k záboru zemědělské půdy.

### **Stávající ochranná a bezpečnostní pásma**

Pozemek stavby je v zátopovém území řeky Chrudimka, není v památkové rezervaci ani památkové zóně, není poddolován ani ohrožen sesuvem. Na pozemek nezasahují žádná ochranná pásma (silnice, plynovody, elektřina, atd.).

### **Popis skutečného provedení stavby**

Objekt výrobní haly Autogen Slatiňany je navržený jako typový montovaný objekt s nosnou konstrukcí z ocelových profilů. Opláštění a výplňové konstrukce včetně střešní jsou navrženy z kovových sendvičových panelů KINGSPAN. Uvnitř haly je navržený mostový jeřáb a souprava autogenové řezací linky systémového řešení výrobce. Výrobní hala bude založena na betonových pasech a patkách z betonu C 20/25, betonové patky jsou navrženy pod každým sloupem pro zamezení sedání stavby.

### **Základní rozměry**

Výrobní hala bude mít délku 18 350 mm a šířku 12 500 mm. Zastavěná plocha haly bude 230 m<sup>2</sup> s celkovým obestavěným prostorem 1 741,4 m<sup>3</sup>. Světlá výška haly bude 5,15 m a výška hřebene bude 7,02 m.

### **Charakteristika technických a technologických zařízení**

#### ***a) technické řešení***

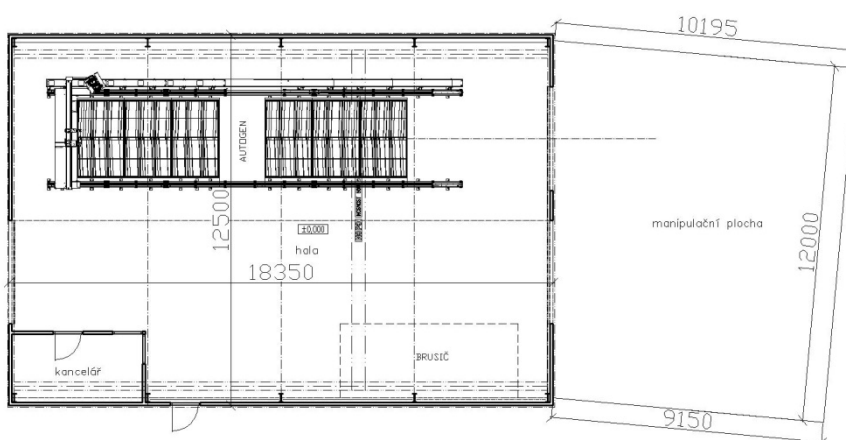
V areálu probíhá zámečnická a strojní výroba.

- způsob provozu = celodenní

- elektrický příkon stávající
- vytápění = lokální teplovzdušné
- větrání = nucené
- počet zaměstnanců = 5 osob
- účel stavby = strojní výroba

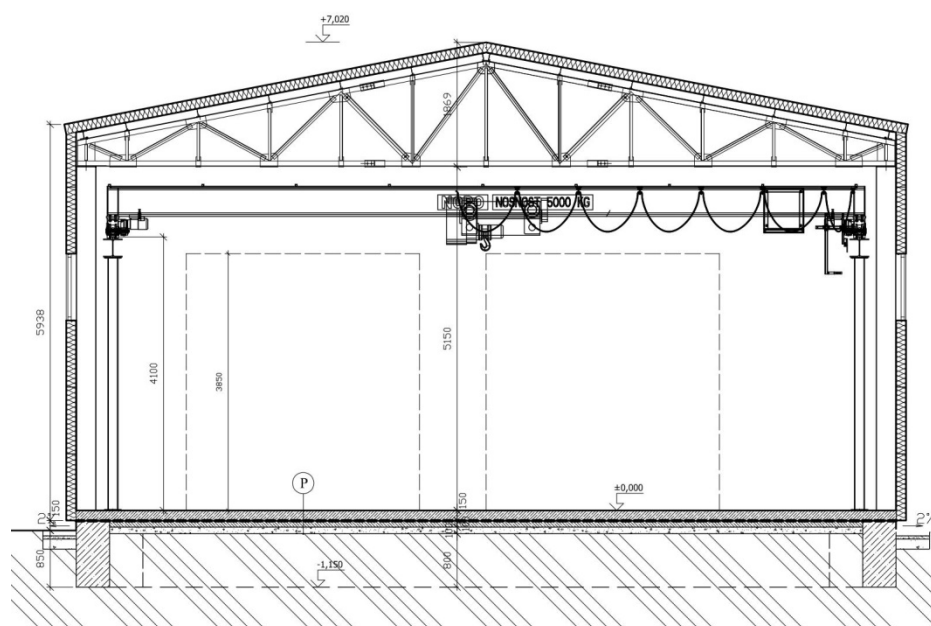
**b) výčet technických a technologických zařízení**

- technická zařízení = mostový jeřáb<sup>1</sup>
- výrobní zařízení = autogenová řezací linka



Obrázek 1 – Základní rozměry výrobní haly – Půdorys [kótováno v mm]

<sup>1</sup>Mostový jeřáb bude mít vlastní samostatnou nosnou konstrukci nezávislou na konstrukčním systému objektu



Obrázek 2 – Základní rozměry výrobní haly – Řez [kótováno v mm]

## VIII. Konstrukční varianty

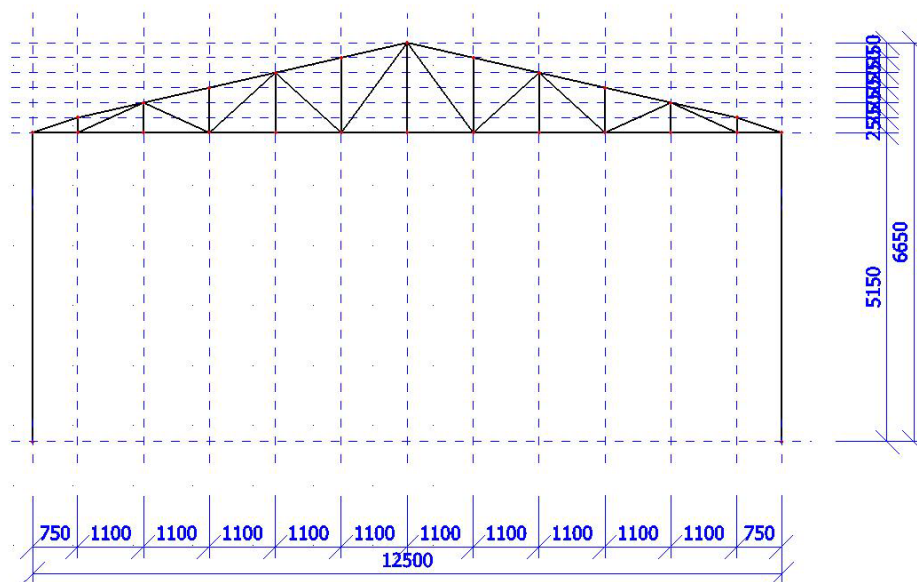
V této části bakalářské práce budou navrženy možné návrhy, které by mohly „nahradit“ navrženou ocelovou halu. Hlavní myšlenka tohoto kroku je, co by se stalo, kdyby objekt nebyl navržen z ocelových sloupů, ocelové příhradoviny a kovových sendvičových panelů KINGSPAN. Hlavním materiálem, kterému se budu věnovat bude lepené dřevo v kombinaci rostlého dřeva. Jako obvodové konstrukce budou uvažovány sloupkové konstrukce z rostlého dřeva s opláštěním ze sádkartonových desek vyplněné tepelnou izolací.

Další změnou oproti stávajícímu stavu bude navržení statického schématu, ideálně odlišného od stávajícího.

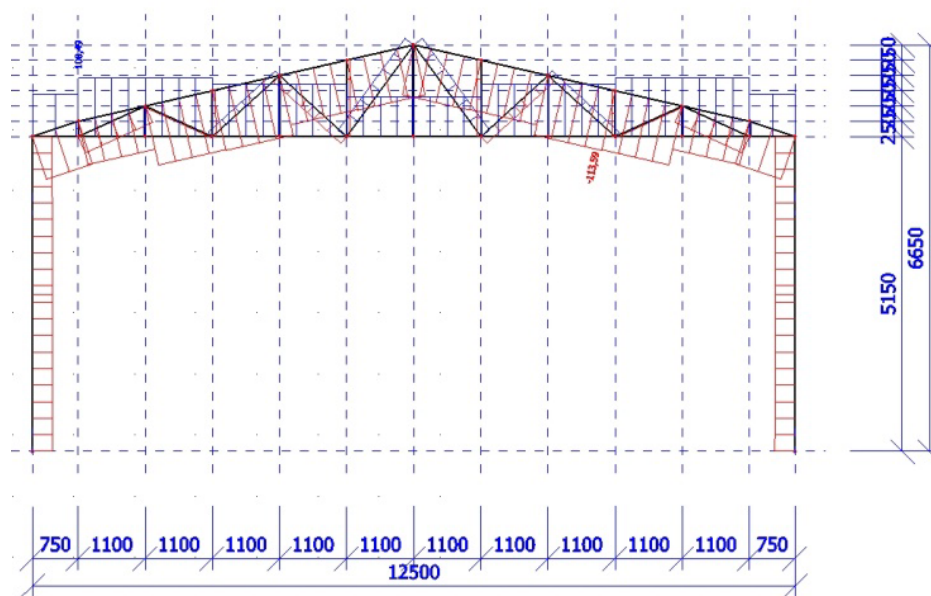
### Původní statické schéma

Při návrhu statického schématu pro ocelovou konstrukci se vychází z montované konstrukce, kdy sloupy jsou přes kotvení patky vetknuty do základových patek, následně je příhradovina uložena kloubově na hlavách sloupů.

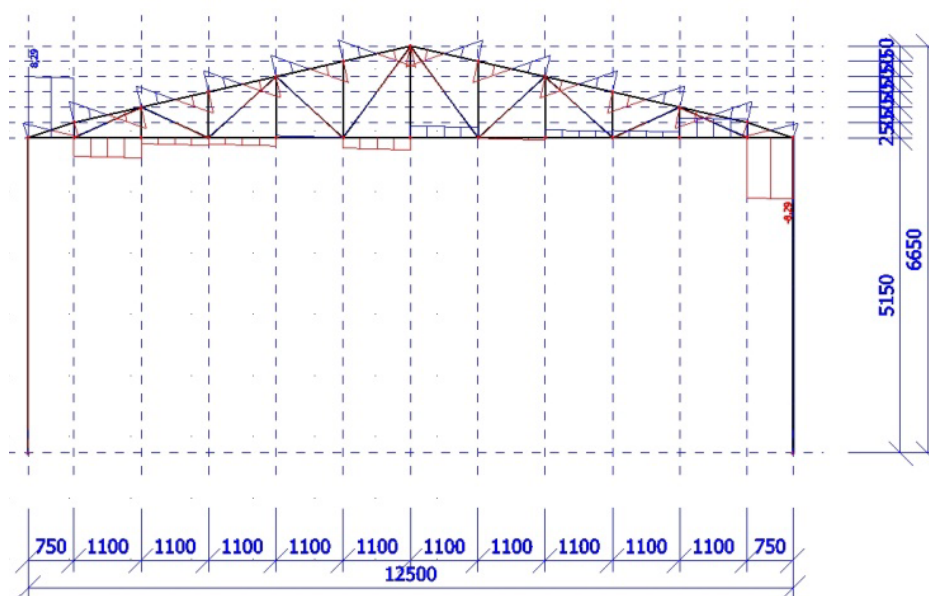
Pro orientační stanovení odhadu průběhu vnitřních sil bylo uvažováno působení vlastní váhy konstrukce v kombinaci se svislým zatížením 5 kN/mb. Blíže zatížení specifikováno nebylo. Dále tyto schémata slouží pouze pro porovnáním různých variant mezi sebou a vytipování kritických míst, která se mohla významným dílem podílet na náročnosti realizace konstrukce.



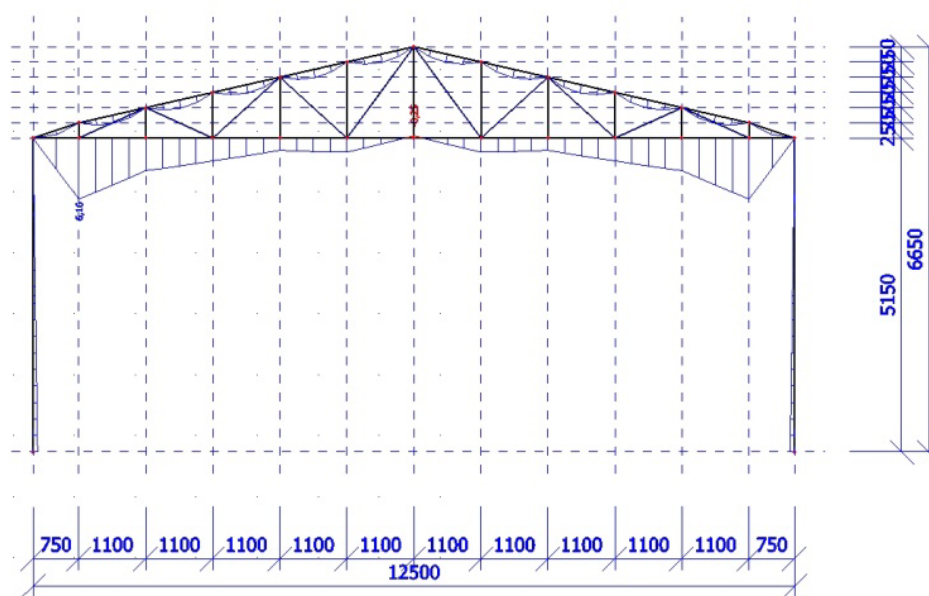
Obrázek 3 – OCEL příhradová konstrukce - statické schéma



Obrázek 4 – OCEL příhradová konstrukce - průběh normálové síly



Obrázek 5 – OCEL příhradová konstrukce - průběh posouvací síly



Obrázek 6 – OCEL příhradová konstrukce - průběh ohybového momentu

### Nové navrhované varianty

Jako nový konstrukční materiál bylo zvoleno dřevo, a to nejen dřevo rostlé, ale i dřevo lepené. V následujících schématech není rozlišováno mezi jednotlivými materiály. Schémata mají pouze za úkol vykreslit přibližný

průběh vnitřních sil působících na konstrukci, a tím usnadnit volbu mezi jednotlivými konstrukčními řešeními a odhalit možná kritická místa, která by byla komplikací při návrhu konstrukce.

#### **Uvažované varianty**

- Dřevěné sloupy s dřevěnou příhradovou konstrukcí
- Dřevěný rám, tuhý
- Dřevěný rám, trojkloubový
- Dřevěný rám se zakřivenou střednicí, tuhý
- Dřevěný rám se zakřivenou střednicí, trojkloubový

#### **Dřevěné sloupy s dřevěnou příhradovou konstrukcí**

V tomto navrhovaném konstrukčním řešení dochází do stejné situace jako při „typickém“ systémovém řešení z ocele. Příhradový vazník je uvažován jako plně kloubový a kloubově uložený na dřevěných sloupech.

Velká variabilita se dá najít při určení spojovacích systémů při montáži dřevěné příhradové konstrukce. Zde se nabízí využití přítlačných profilovaných přílozek systému „Gangnail“, ale mohli bychom narazit na nízkou požární odolnost tohoto řešení (příložky se vlivem působení požáru prohýbají a nedokáží zajistit požadované předepsané spojení v rámci spoje), nebo by šlo využít klasického montovaného styčnicku přes ocelové příložky, kde nehrozí vyšší riziko možného selhání spoje.

#### **Výhody řešení:**

- Snadná montáž na místě stavby
- Snadný převoz jednotlivých komponentů na místo stavby

#### **Nevýhody řešení:**

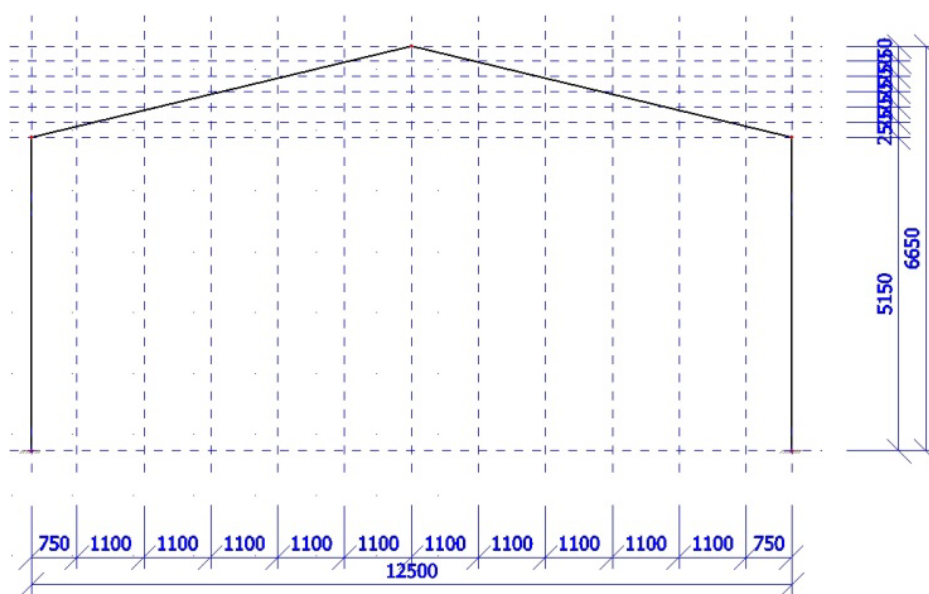
- Nízká požární odolnost styčnicků „Gangnail“
- Více míst pro možnou poruchu stavby (příhradová konstrukce)
- Snížení průjezdného profilu oproti ostatním navrhovaným variantám

Jelikož by se při volbě tohoto konstrukčního řešení neřešila změna konstrukčního systému jako taková, ale jednalo by se především o nahrazení materiálové varianty, nebude toto řešení uvažováno pro další možná řešení.

#### **Dřevěný rám tuhý**

První vážnější variantou pro realizaci této výrobní haly je uvažování rámu s plně tuhými rámovými rohy. Jako další specifikaci byl zvážěn pokus o úplné vetknutí sloupů do základové patky. V tomto řešení by bylo s nejvyšší pravděpodobností využito lepených dřevěných profilů.



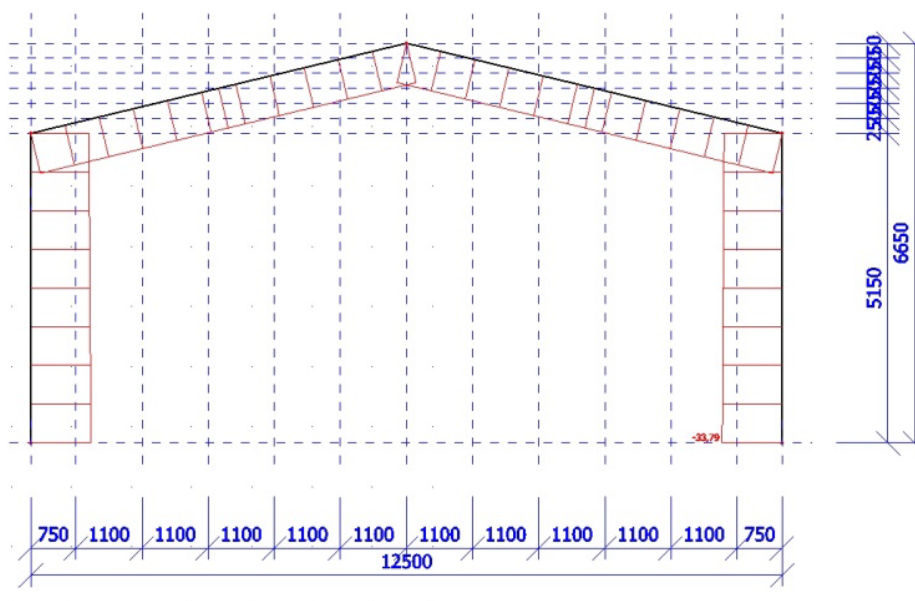


Obrázek 7 – DŘEVO rám tuhý - statické schéma

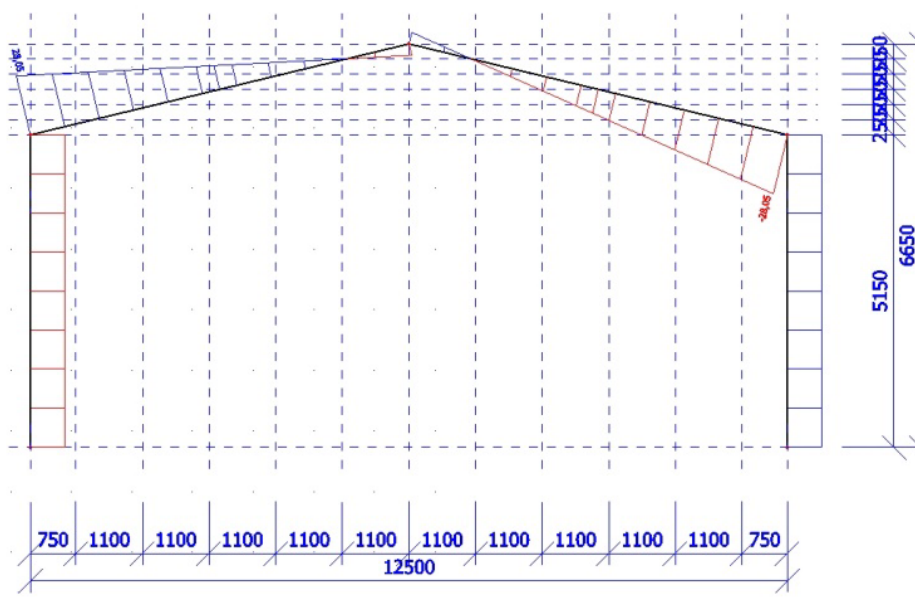
Pokud provedeme prvotní rychlou analýzu působení vnitřních sil na zcela tuhý rám s úplným vetknutím sloupů do základových patek, získáme rám, který je zcela tlačěný normálovou silou, sloupy namáhané posouvající silou v „jednom směru“ a ohybové momenty na sloupech v lineárním průběhu. První nevýhodou je vznik ohybových momentů v patkách sloupů, které nám mohou znesnadnit návrh.

Při prvotním rychlém výpočtu, kde jsme neuvažovali působení větru, dostaneme nejvyšší ohybový moment v rámových rozích sloup-vazník. Jako možné řešení spojení rámového rohu by šlo uvažovat využití ocelových kolíků rozmístěných v kruhu.

Největší komplikací, která je u tohoto řešení je zajištění dostatečného vetknutí v patce sloupu, které lze v praxi velmi obtížně dosáhnout. Pokud bychom uvažovali transport takového rámu z výroby na místo stavby, narazíme na jeho velikost. Velmi obtížně by se realizoval samotný transport po silnicích i se zajištěním proti poškození dřevěného rámu. Transportní výška je 6,6 m a délka přes 12,5 m.

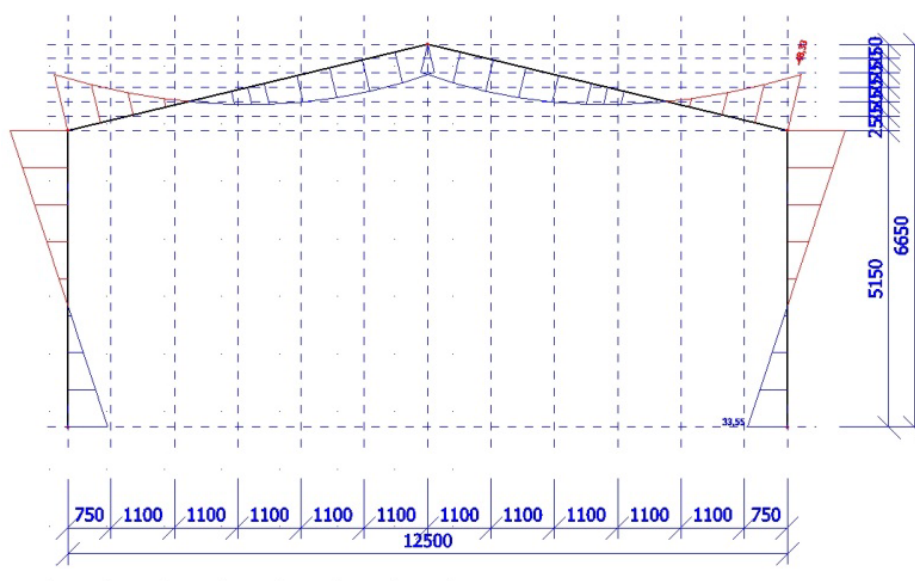


Obrázek 8 – DŘEVO rám tuhý - průběh normálové síly



Obrázek 9 – DŘEVO rám tuhý - průběh posouvací síly





Obrázek 10 – DŘEVO rám tuhý - průběh ohybového momentu

**Výhody tohoto řešení:**

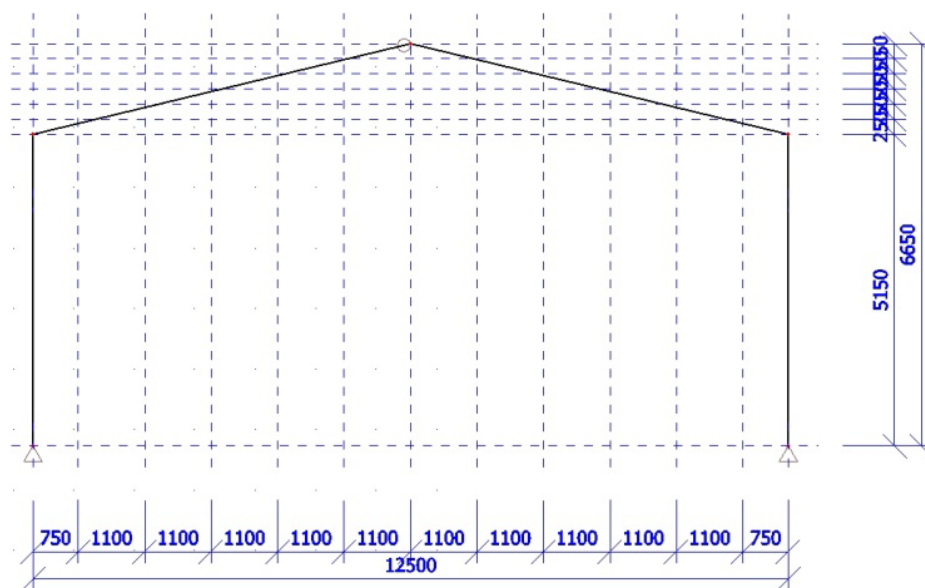
- Rám zcela tlačný
- Zvýšení průjezdného profilu
- Využití lepeného dřeva
- Možnost kompletní realizace na místě stavby nebo využití částečné prefabrikace

**Nevýhody tohoto řešení:**

- Při použití rostlého dřeva může nastat nepřekonatelné rozpětí
- Ohybový moment v patkách sloupů
- Složitost zajištění potřebného vetknutí v patkách sloupu
- Transportní rozměry ve smontovaném stavu
- Cena transportu

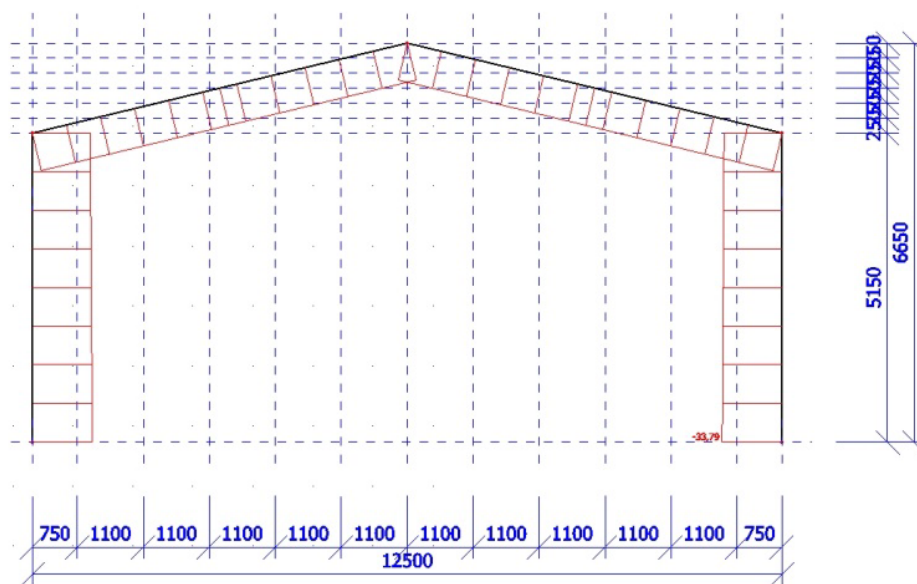
**Dřevěný rám trojkloubový**

Oproti předchozí variantě tu dochází k nahrazení tuhého styčnicku ve vrcholu konstrukce kloubovým spojením a vetknutí sloupů do základové konstrukce je zde provedeno skrze kloubový mechanismus, který eliminuje ohybové momenty v patkách sloupů.

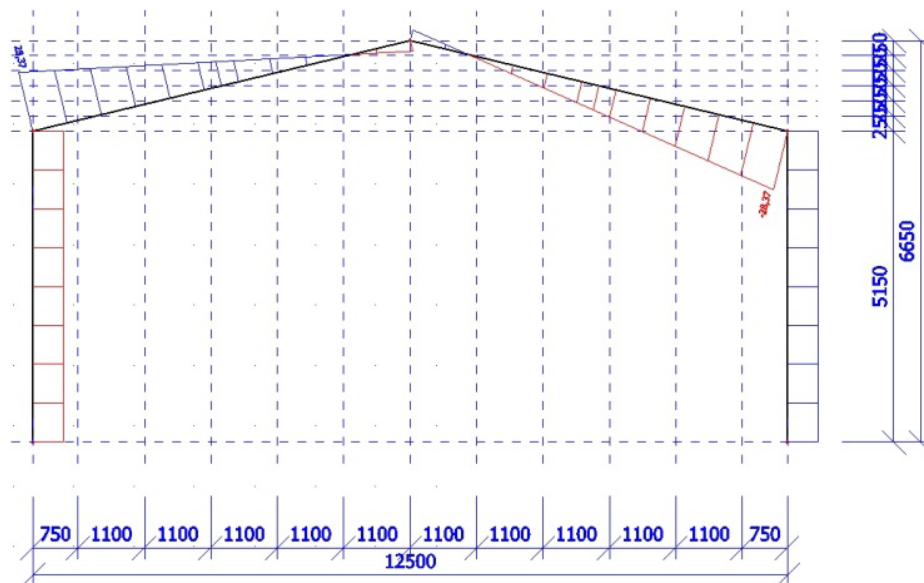


Obrázek 11 – DŘEVO rám trojkloubový - statické schéma

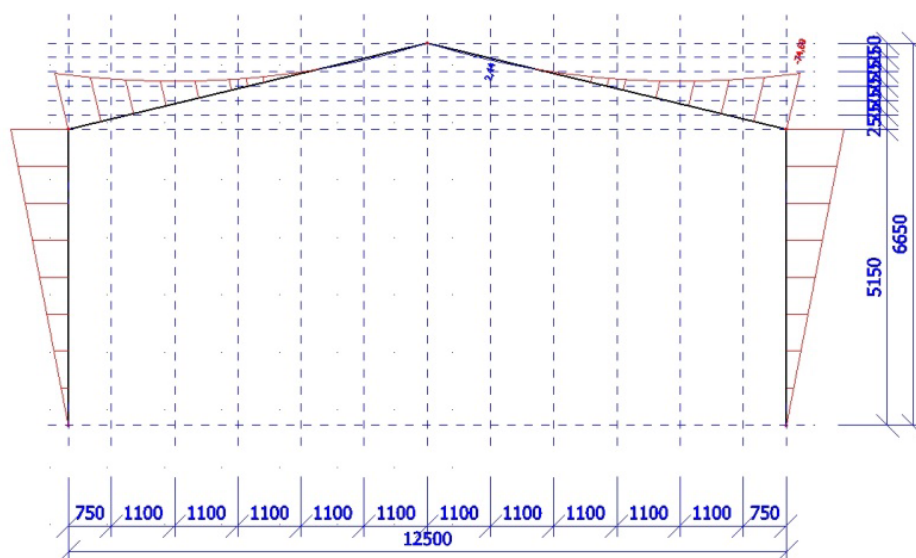
Při rychlém vypočtení průběhu vnitřních sil se jasně ukáže, že změny nastávají pouze právě v průběhu ohybového momentu. Normálové a posouvající síly se takřka nemění.



Obrázek 12 – DŘEVO rám trojkloubový – průběh normálové síly



Obrázek 13 – DŘEVO rám trojkloubový - průběh posouvací síly



Obrázek 14 – DŘEVO rám trojkloubový – průběh ohybového momentu

**Výhody tohoto řešení:**

- Rám zcela tlačný
- Zvýšení průjezdného profilu
- Využití lepeného dřeva
- Možnost kompletní realizace na místě stavby nebo využití částečné prefabrikace
- Možnost rozložení na menší kusy pro transport

**Nevýhody tohoto řešení:**

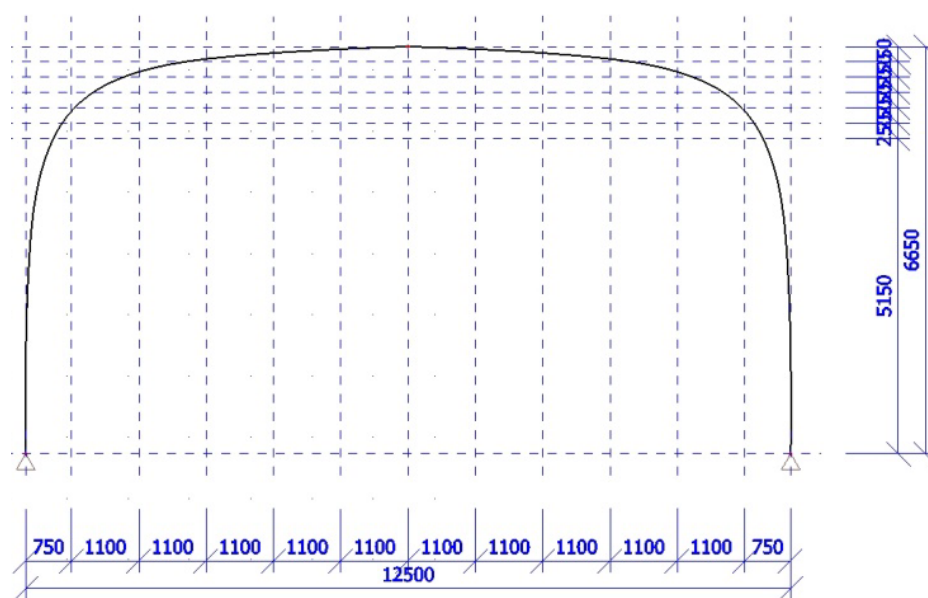
- Vyšší požadavky na kloubové připojení za požáru

**Dřevěný rám se zakřivenou střednicí, tuhý**

První zajímavou variantou při řešení průběhu vnitřních sil, ale i z pohledu architektonického se nabízí využití rámu se zakřivenou střednicí. U tohoto řešení získáme vyšší průjezdnou výšku v objektu, ale i tvar se bude vymykat oproti klasickým konvenčním tvarům konstrukce. U tohoto typu konstrukčního řešení lze využít výhod lepeného dřeva, využití možného návrhu vyšší výšky nosníku a využít estetiky samotného lepeného dřeva.

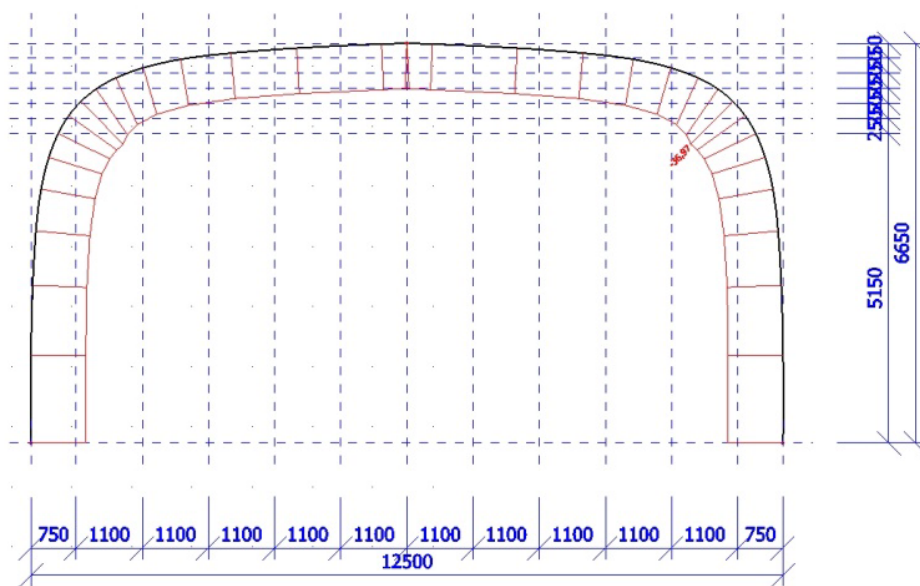
U tohoto řešení však neeliminujeme problémy s transportními rozměry a nutností zajištění dostatečného vetknutí v patkách sloupů, které by nám zajistili spolehlivý přenos ohybového omentu do základů.

Možnost jak zmenšit transportní rozměry je vložení montážního styku ve vrcholu konstrukce, ale tím opět vzniká problém s návrhem dostatečného vetknutí, které by zajistilo přenos ohybového momentu ve vrcholu konstrukce. Pokud bychom i přes to k tomuto řešení přistoupili, že navržený montážní styk by značným podílem zvětšil výšku průřezu, což by bylo nežádoucí.

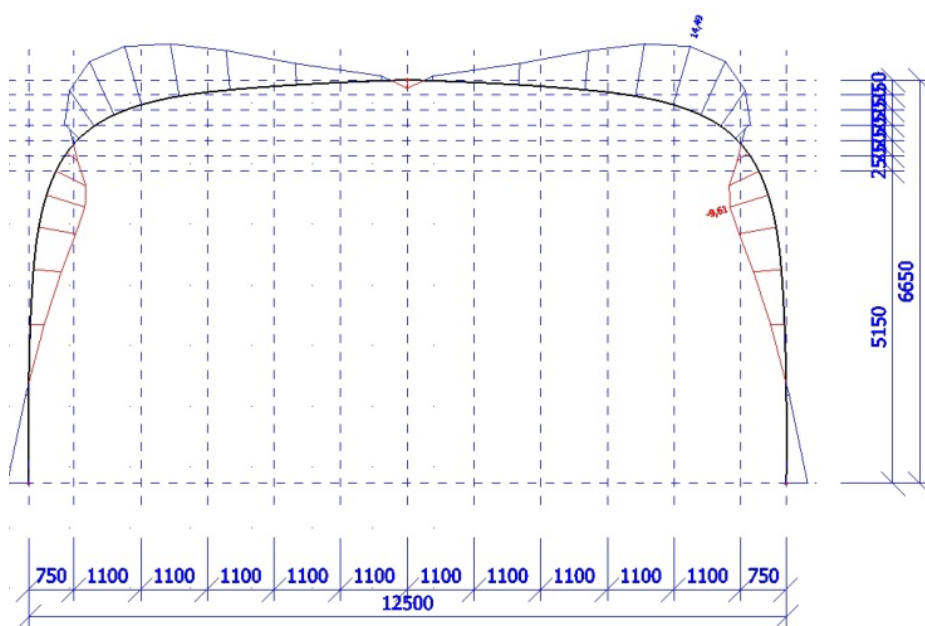


Obrázek 15 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí - statické schéma<sup>2</sup>

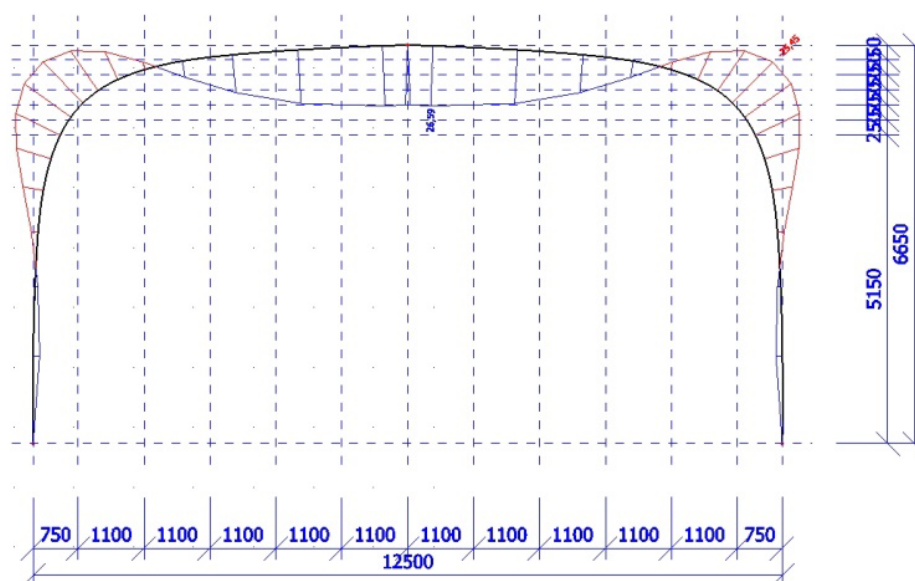
<sup>2</sup> Znáznorněný tvar konstrukce je pouze obecný. Pokud by toto konstrukční řešení bylo zvoleno, byl by tvar konstrukce navržen detailněji.



Obrázek 16 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí - průběh normálové síly



Obrázek 17 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí - průběh posouvací síly



Obrázek 18 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí - průběh ohybového momentu

**Výhody tohoto řešení:**

- Rám zcela tlačný
- Zvýšení průjezdného profilu
- Architektonicko-estetické ztvárnění
- Možnost kompletní realizace na místě stavby nebo využití částečné prefabrikace
- Využití výhod lepeného dřeva

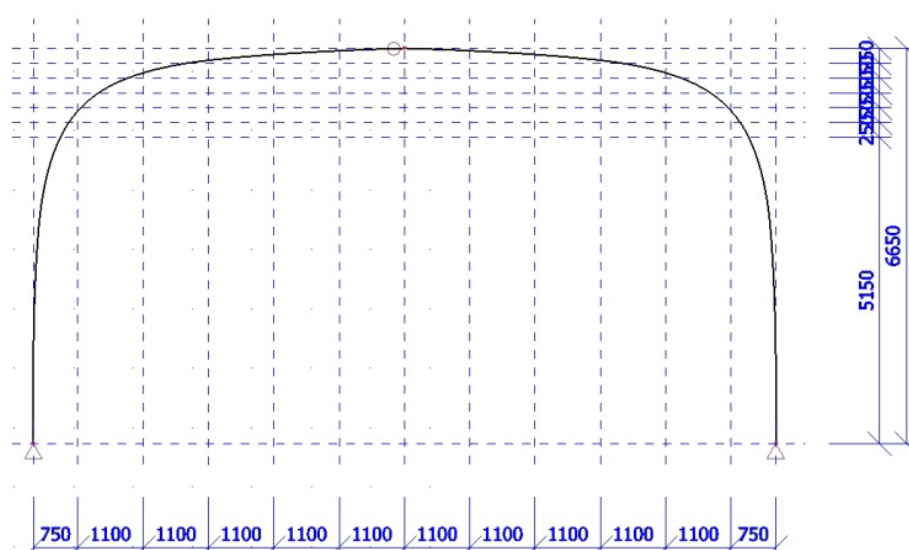
**Nevýhody tohoto řešení:**

- Ohybový moment v patkách sloupů
- Nereálnost zajištění potřebného vetknutí v patkách sloupu
- Transportní rozměry
- Cena transportu
- Nezbytný tuhý montážní styk

**Dřevěný rám se zakřivenou střednicí, trojkloubový**

Tato varianta je nejvíce zajímavá ze všech výše zmíněných. Nejenže při návrhu dřevěného rámu se zakřivenou střednicí v trojkloubovém provedení je eliminován ohybový moment v patkách sloupů, ale je i vyřešen problém transportní velikosti vložení kloubového montážního styku do vrcholu rámu.



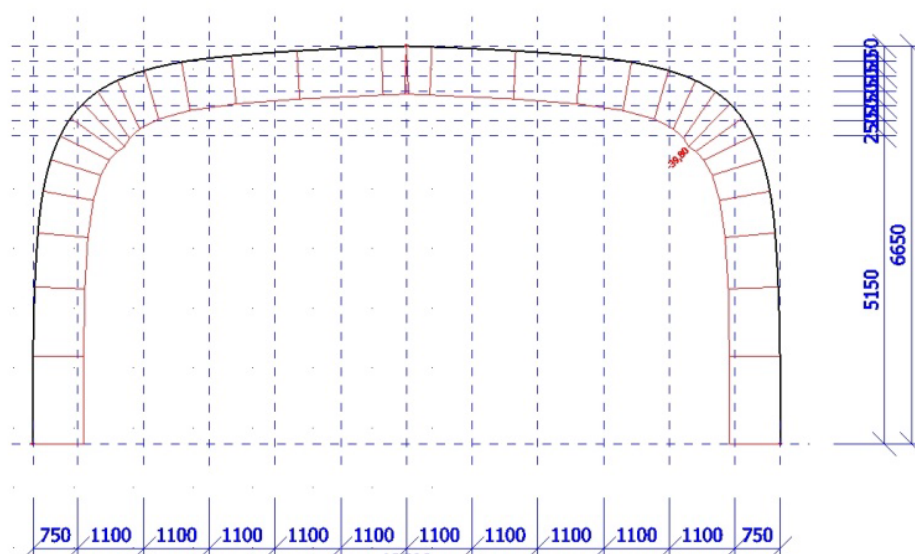


Obrázek 19 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí trojkloubový - statické schéma<sup>3</sup>

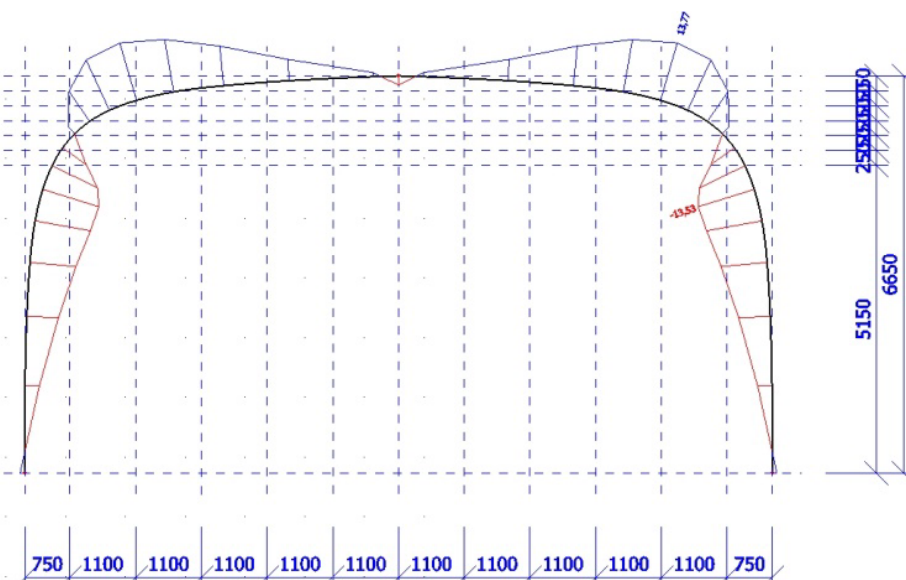
Dále se stále otvírá možnost využití průjezdného profilu celou halou, a tím otevření nových možností při využití haly nebo dokonce k možnému snížení výšky samotné haly, a tím zmenšení potřebného množství stavebního materiálu a konečné ceny za stavbu.

Velká variabilita se otvírá při řešení již zmiňovaného kloubového uložení ve vrcholu rámu. Nastávají dvě možnosti řešení vrcholového kloubu, buť bude uvažováno jako skrytý nebo příznaný kloub.

<sup>3</sup> Znárodněný tvar konstrukce je pouze obecný. Pokud by toto konstrukční řešení bylo zvoleno, bude by tvar konstrukce navržen detailněji.

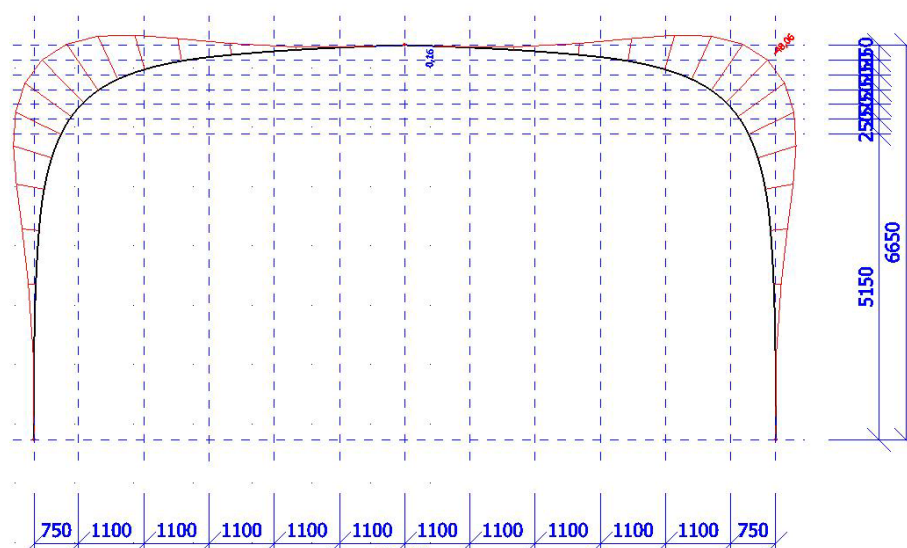


Obrázek 20 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí trojkloubový - průběh normálové síly



Obrázek 21 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí trojkloubový - průběh posouvací síly





Obrázek 22 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí trojkloubový - průběh ohybového momentu

**Výhody tohoto řešení:**

- Rám zcela tlačný
- Zvýšení průjezdného profilu
- Architektonicko-estetické ztvárnění
- Možnost při detailnějším návrhu snížení výšky stavby, a tím ušetřené materiálu
- Využití vlastností lepeného dřeva
- Kloubový spoj může být zároveň dekorací

**Nevýhody tohoto řešení:**

- Selhání kloubového spoje za požáru

## Závěrečné posouzení nových návrhů

Tabulka 1 – Porovnání jednotlivých kritérií

Posuzovaná vlastnost	ohybový moment v patkách	Transport	Architektonický vzhled	Cenové řešení	Variabilita v řešení detailů	Průjezdny profil	Efektivní využití lepeného dřeva	Možnost prefabrikace
Sloupy s příhradovinou	x	o	x	o	o	x	x	o
Rám tuhý	x	x	x	x	x	o	o	o
Rám trojkloubový	o	o	x	x	x	o	o	o
Rám se zakřivenou střednicí	x	x	o	x	x	o	o	o
Rám se zakřivenou střednicí trojkloubový	o	o	o	x	o	o	o	o

*Poznámka:*

x = negativum

o = pozitivum

Na základě Tabulky 1 jsem vybral jako vhodné nové řešení konstrukčního systému haly **dřevěný rám se zakřivenou střednicí v trojkloubovém provedení**. V dalších částech této bakalářské práce bude toto řešení rozpracováno a posouzeno v PBŘ.

## IX. Stanovení možných požárních scénářů, možné zdroje zapálení a teplotní analýza požárních úseků

V této části bakalářské práce je uvedeno porovnání jednotlivých možných přístupů v řešení požárních scénářů, výběr teplotní křivky pro stanovení průběhu teplot ve výrobní hale a následně detailnější teplotní analýza požárního úseku.

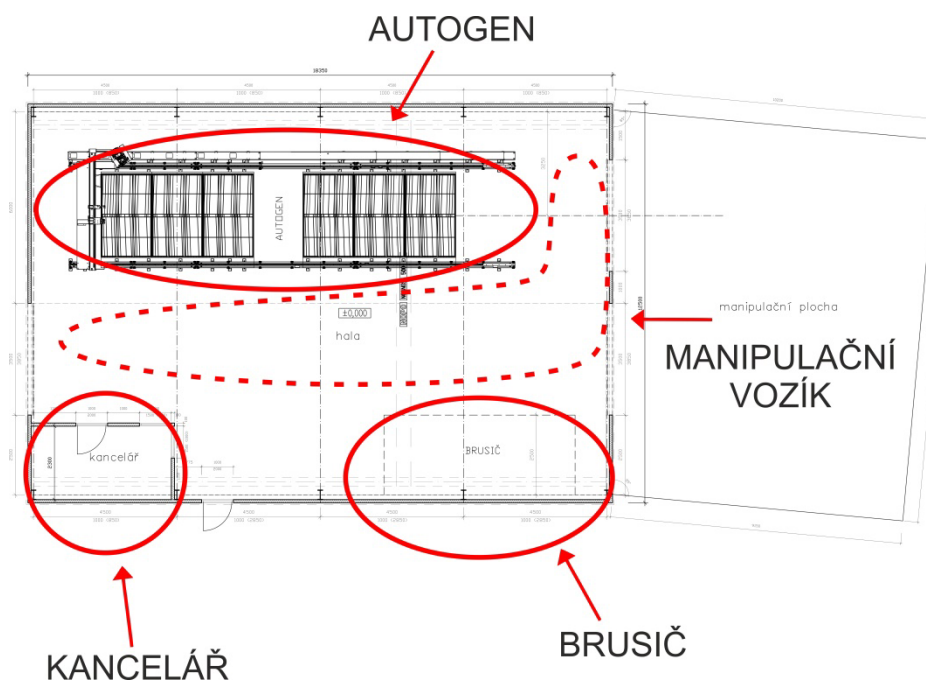
### Stanovení možných požárních scénářů

Ve výrobní hale se nachází 3 – 4 místa, ve kterých je pravděpodobnější vznik požáru, jeho rozvoj a případné rozšíření na celý objekt. Jsou zde podrobněji definovány možné příčiny požáru, možný průběh požáru a následně tyto scénáře porovnat a vybrat ten nejpravděpodobnější nebo ten s nejhoršími následky.

*Možná místa vzniku požáru:*

- Místnost kanceláře
- Lokálně uložené palety (pracoviště brusiče)

- Pracovní linka autogenu
- Prostor haly – vzplanutí vysokozdvížného vozíku

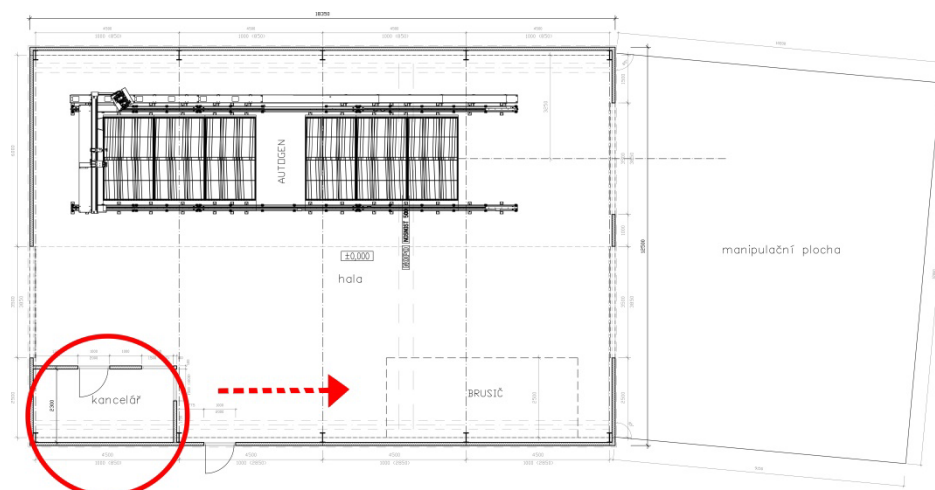


Obrázek 23 – Zákres míst pravděpodobného vzniku požáru

### **Požární scénář – Místnost kanceláře**

Při tomto požárním scénáři vzniká požár v místnosti kanceláře, kde dohází k zapálení výkresové dokumentace formou nepozornosti či nedbalosti. Z hlediska zákazu kouření, vylučují možnost inicializace požáru vlivem kouření, nedopalku či manipulace s otevřeným zdrojem plamene.

Detailnějším pohledem možného rozšíření požáru je uvažováno přenesení požáru pomocí prachu na pracoviště brusiče, kde by mohl být zapálen prach z ocelových okují a brousící emulze.



 PRAVDĚPODOBNÝ SMĚR ŠÍŘENÍ POŽÁRU

Obrázek 24 - Rozšíření požáru z prostoru kanceláře

*Výskyt hořlavých materiálů:*

- Dřevo
- Papír

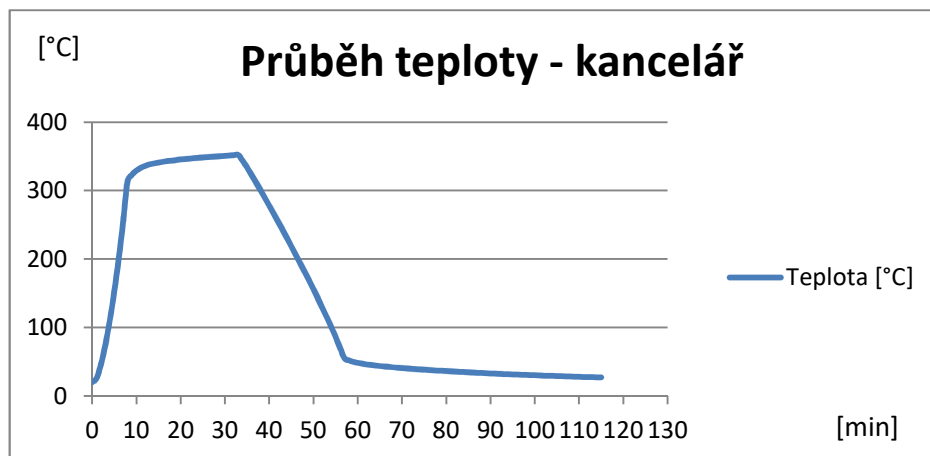
*Požárně technické charakteristiky (PTCH):*

Tabulka 2 – PTCH kanceláře

Název výrobku	vzplanutí	Teplota [°C] vznícení	žhnutí
<b>Papír grafický, bezdřevý</b>	<b>340</b>	<b>430</b>	<b>340</b>
<b>Dřevo smrkové</b>	<b>340</b>	<b>440</b>	-

Při výpočtu pomocí programu Ozone dostáváme průběh teplot v tomto požárním scénáři:

Rovnice 1 – Průběh teploty požáru – Kancelář



U požárního scénáře Místnosti kanceláře neuvažují rozšíření požáru mimo kancelář, a to z toho důvodu, že ohraničující konstrukce budou podobné skladby jako obvodový plášť výrobní haly ( $t_{REQ} = 15$  min, stěna obložená 1x SDK tl. 12,5 mm, ČSN EN 1995-1-2 [7]). Na příčce mezi kanceláři a výrobní nejsou kladené požadavky na požární odolnost, ale příčka bude systémovým řešením RIGISP<sup>4</sup> s požární odolností 60 minut.

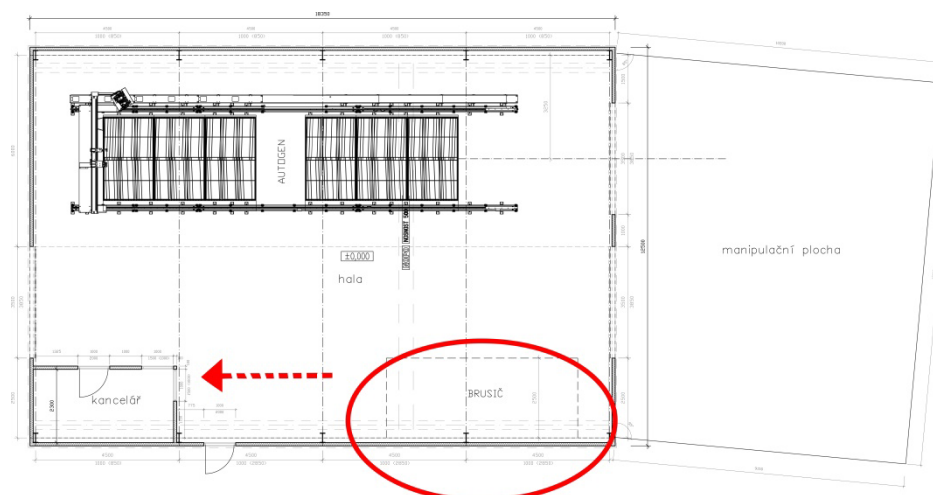
Tabulka 3 – Teploty v požadovaných časech - Místnost kanceláře

Teploty v požadovaných časech	
$\tau_e$ [min]	$t$ [°C]
21,2	347
30	351
60	48,3

### Požární scénář – lokálně uložené palety (pracoviště brusiče)

U tohoto požárního scénáře je předpokladem materiál, který bude potřeba pro výrobní linku autogenu nebo pro drobnou práci brusiče bude přiváženo na dřevěných paletách. Při předpokladu, že bude porušen pracovní řád na pracovišti a v prostoru budou uskladňovány již prázdné palety. Předpokládáno je uložení 18 palet (3x 3 kusy na sobě).

<sup>4</sup> RIGIPS 4.70.11a (viz dále)



→ PRAVDĚPODOBNÝ SMĚR ŠÍŘENÍ POŽÁRU

Obrázek 25 - Rozšíření požáru z prostoru pracoviště brusiče

#### Výskyt hořlavých materiálů:

- Prach v minimální vrstvě 1mm znečištěný olejem
- Kovové okuje, jemné částičky
- Dřevo smrkové

#### Požárně technické charakteristiky (PTCH):

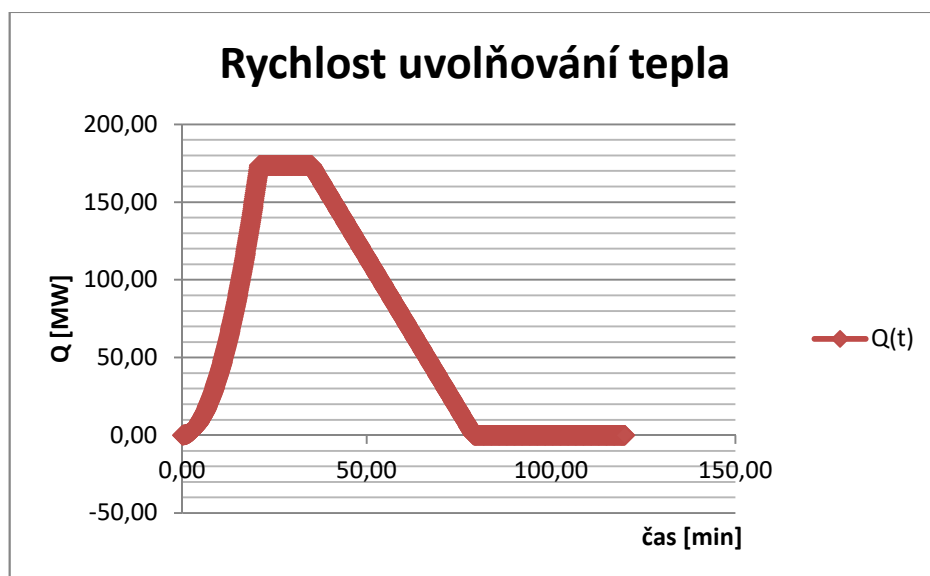
Tabulka 4 – PTCH pracoviště brusiče

Název výrobku	vzplanutí	Teplota [°C] vznícení	žhnutí
<b>T2 prach p. p. znečišt. min. olej</b>	-	-	<b>350 / 100%</b>
<b>Kovové kuličky</b>	<b>600</b>	-	-
<b>Dřevěné smrkové</b>	<b>340</b>	<b>440</b>	-

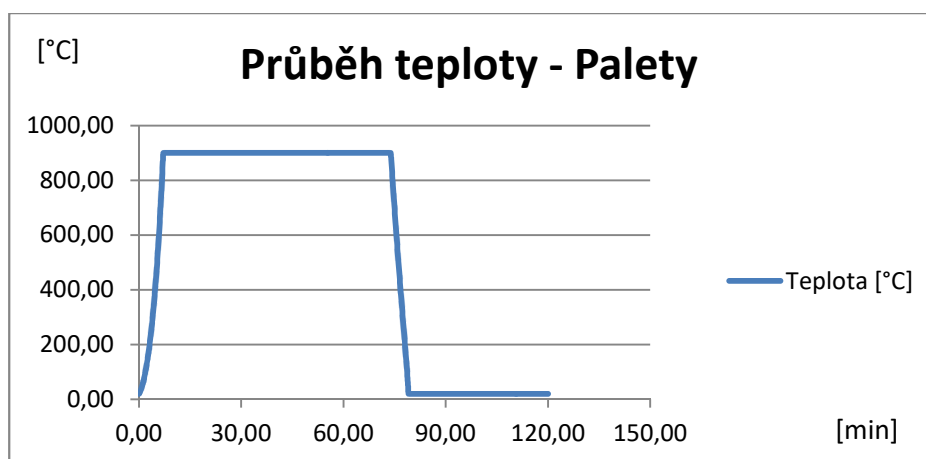
#### Výpočet průběhu teplot

Pro výpočet průběhu teplot je použito vypočítané  $RHR_f$  z dřevěných palet (množství viz výše). Následně pomocí postupu pro výpočet lokální požáru ČSN EN 1992-1-2[8] byly vypočteny následné rychlosti uvolňování tepla a průběh teploty v požárním úseku.

Rovnice 2 - RHR<sub>f</sub> - lokálně uložené dřevěné palety



Rovnice 3 – Průběh teploty požáru - Lokálně uložené palety



Tabulka 5 – Teploty v požadovaných časech - Lokálně uložené palety

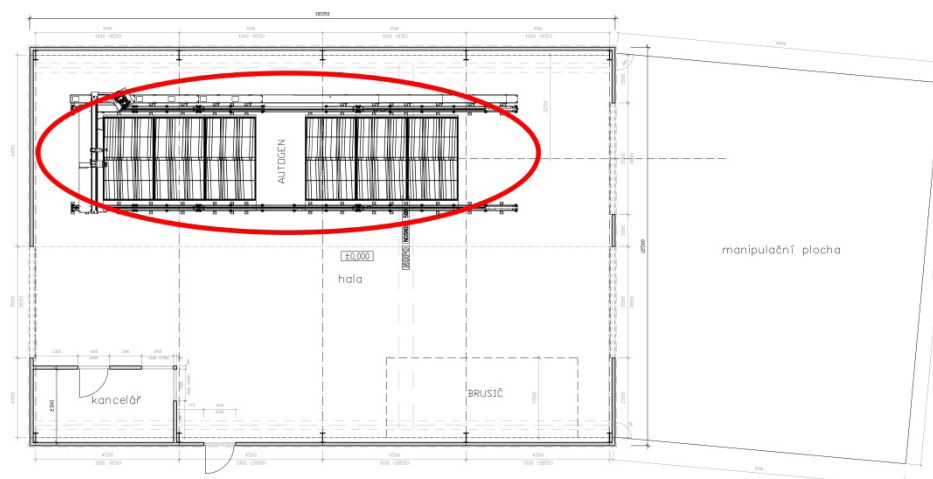
Teploty v požadovaných časech	
$\tau_e$ [min]	t [°C]
21,2	900
30	900
60	900

**Požární scénář – linka autogenu**

Pracovní linka autogenu řeže pomocí plamene, pro který jako palivo slouží zemní plyn. Pokud by došlo k nežádoucímu zahoření uvnitř výrobní linky, dochází k okamžitému přerušení dodávky zemního plynu do pracovní linky autogenu a nedochází k dalšímu transportu paliva. Zdroje přiváděného

kyslíku a zemního plynu se nenachází v objektu výrobní haly a jsou v bezpečné vzdálenosti od objektu, na potrubí budou protizášlehové pojistné ventily.

Nehrozí tedy, že by mohlo dojít k rozšíření požáru do ostatních částí výrobní haly.



→ PRAVDĚPODOBNÝ SMĚR ŠÍŘENÍ POŽÁRU

Obrázek 26 - Rozšíření požáru z prostoru autogenu

#### **Výskyt hořlavých materiálů:**

V případě požáru se nevyskytují žádné hořlavé látky

#### **Požární scénář – manipulační vozík**

Poslední uvažovaný požární scénář je požár manipulačního vozíku, který bude zavážet ocelové pláty na dřevěných paletách do výrobní haly. Opět se jedná spíše o požární scénář málo pravděpodobný, protože manipulační vozík se bude v hale vyskytovat pouze v době převozu materiálu, kdy bude plně pod dozorem. Navíc manipulační vozík bude využíván pouze pro přepravu palet, nikoliv pro zvedání palet do výšky.

Jediné co může na takovémto vozíku hořet je akumulátor poháněný pomocný motorek manipulačního vozíku. Obě součástky jsou uloženy v ohnivzdorné skříni manipulačního vozíku, a proto nehrozí jeho vznícení.



### Závěr z požárních scénářů

Při porovnání jednotlivých požárních scénářů nelze jednoznačně určit, který z těchto požárních scénářů je nejpravděpodobnější. Proto při dalším provádění teplotních analýz budou porovnány všechny průběhy teplot s ostatními teplotními křivkami.

### **Teplotní analýza požárního úseku**

Při zkoumání teplotní analýzy požárního úseku je zaměřeno na jednotlivé možnosti při stanovení teploty uvnitř požárního úseku. Porovnám mezi sebou normovou teplotní křivku, parametrickou teplotní křivku, a jedno zónový model nebo model lokálního požáru (dvou zónový model se při výpočtu ukázal jako nevyhovující).

Objekt výrobní haly bude tvořit jeden požární úsek a nebude členěn. Dle přiloženého PBŘ bude ekvivalentní dobou trvání požáru  $\tau_e = 21,2$  min.

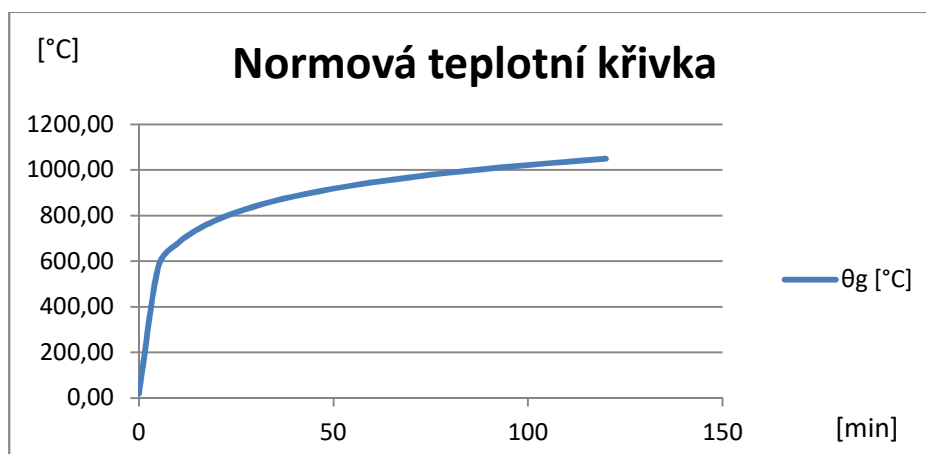
### *Zkoumané teplotní křivky:*

- Normová teplotní křivka
- Parametrická teplotní křivka
- Jedno-zónové modely
- Lokální požáry

### **Normová teplotní křivka**

Mezi největší výhody normové teplotní křivky patří bezesporu její univerzálnost. Narážíme avšak na její základní nedostatek, a to že nepopisuje skutečný stav v daném požárním úseku, ale pouze předpokládá pravděpodobný průběh teploty za požáru v požárním úseku. Normová teplotní křivka nebere v úvahu množství hořlavé látky, velikost požárního úseku nebo faktory odvětrání.

Rovnice 4 – Graf Normové teplotní křivky



Pokud stanovíme průběh teplot v požárním úseku výrobní haly dle Normové teplotní křivky, dostaneme tyto hodnoty:

Tabulka 6 – Vybrané teploty v PÚ - Normová teplotní křivka

Teploty v požadovaných časech	
$\tau_e$ [min]	$t$ [°C]
21,2 min	790,03
30	841,79
60	945

### Parametrická teplotní křivka

Parametrická teplotní křivka patří do „skupiny“ křivek, které již zohledňují vliv hořlavých látek, velikost požárního úseku či velikost otvorů. Jejím velkou výhodou je, že zahrnuje i část chladnutí, která není brána v potaz u normové teplotní křivky.

Velkým problémem je omezení pro využití Parametrické teplotní křivky:

Tabulka 7 – Omezení Parametrické teplotní křivky

Omezení parametrické teplotní křivky		
Omezení	Skutečný stav	Posouzení
Podlahová plocha $A_f \leq 500 \text{ m}^2$	223,2 m <sup>2</sup>	vyhovuje
Výška požárního úseku $h \leq 4,0 \text{ m}$	5,15 m	nevyhovuje
Žádné otvory ve střešní konstrukci a ve stropní konstrukci	ANO	vyhovuje
Faktor otvorů O $0,02 \leq O \leq 0,20$	0,18	vyhovuje
Vlastnosti materiálů ohraničujících konstrukci b $100 \leq b \leq 2200$	SDK $\approx 474,34$	vyhovuje
Návrhová hodnota hustoty požárního zatížení vztážená k povrchu konstrukce	ANO	vyhovuje

Z této tabulky jasně vyplývá, že pokud by nedošlo ke snížení výšky výrobní haly pod 4,0 m, nelze tuto křivku využít (nesplňuje její vstupní parametry). Jelikož ve výrobní hale bude umístěn mostový jeřáb, který potřebuje minimální manipulační výšku, a tedy nelze snížit konstrukci, nelze tuto křivku při stanovení teplot uvažovat.

### Lokální modely

Jednotlivé průběhy teplot vyplývají z jednotlivých požárních scénářů. Detailní výpočty viz Příloha č. 2<sup>5</sup> této bakalářské práce.

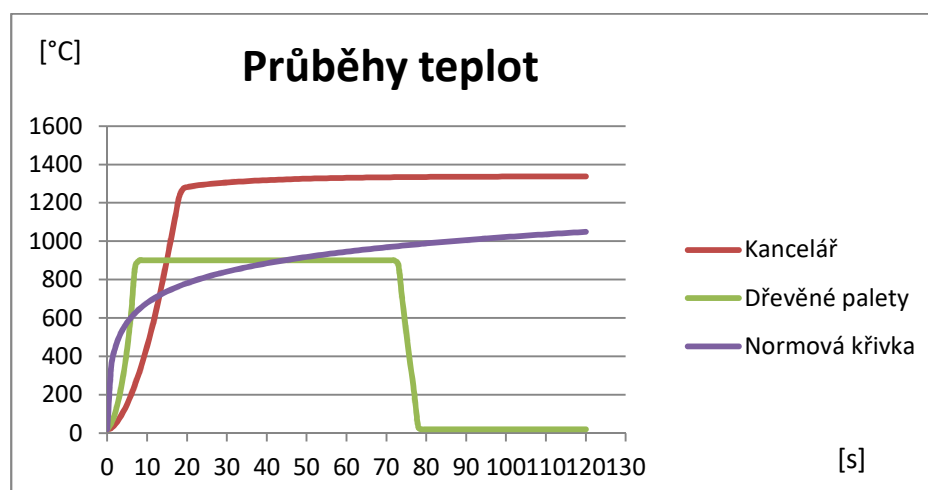
<sup>5</sup> Příloha č. 2 – Výpočet Zónových modelů a Lokálních požárů

### Porovnání teplotních křivek

Při porovnání jednotlivých teplotních křivek se jasně ukáží jejich vlastnosti, přednosti, ale také nevýhody jejich použití. Normová teplotní křivka jasně ukazuje její jednoduchost, kdy dosažením do vzorce pouze jediné hodnoty (ekvivalentní dobu trvání požáru nebo požární výpočtové zatížení) a snadno vypočtu teplotu v požárním úseku, což ale vůbec nerespektuje charakteristiku v požárním úseku.

Na druhé straně například Parametrická teplotní křivka nebo Zónové modely, které již uvažují charakteristiku požárního úseku, ale je složitější získat přesné vstupní parametry, které nelze většinou získat jinak než experimenty.

Rovnice 5 – Porovnání průběhů teplot v PÚ



### Závěr teplotní analýzy požárního úseku

Jelikož při porovnání rozdílů mezi průběhy teplot od požárního scénáře kanceláře a dřevěných palet dochází k velkému rozdílu maximálních teplot a rychlosti nárůstu bude v dalších výpočtech uvažován průběh teplot z požáru vzniklého od dřevěných palet.

## X. Návrh hlavních nosných konstrukcí za běžné teploty

Dalším předmětem této kapitoly je samotný návrh hlavních nosných prvků halové konstrukce. Jedná se především o návrh hlavních nosných prvků, tedy samotného rámu a vaznic, které ponesou sendvičové panely obvodové konstrukce.

**Návrh bude proveden pro:**

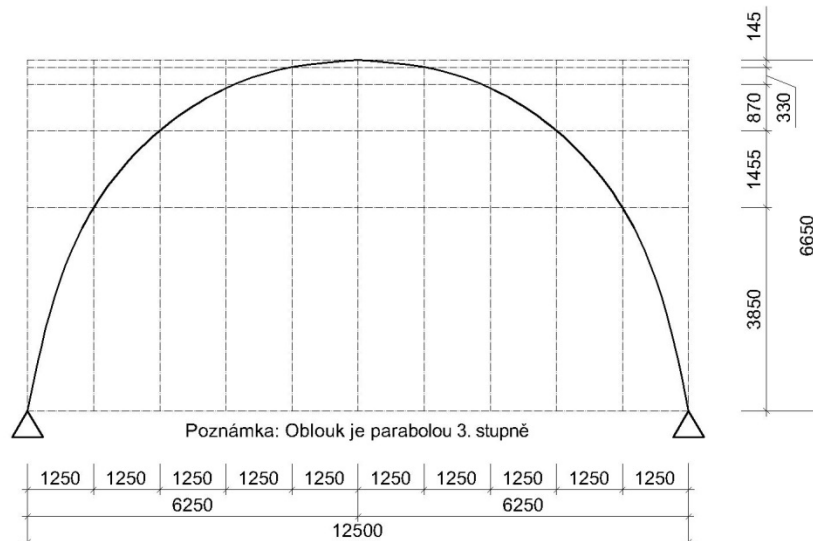
- Dřevěný rám konstrukce výrobní haly
- Střešní vaznice
- Ztužidlo

**Navržení skutečného tvaru výrobní haly**

Pro výpočet vnitřních sil byl navržen navrhl finální tvar výrobní haly. Především rámu z lepeného dřeva. V předchozích kapitolách jsem se zabýval obecnějším tvarem trojkloubového rámu. Nyní jsem již dodefinoval konkrétní tvar samotné konstrukce.

**Schéma dřevěného rámu**

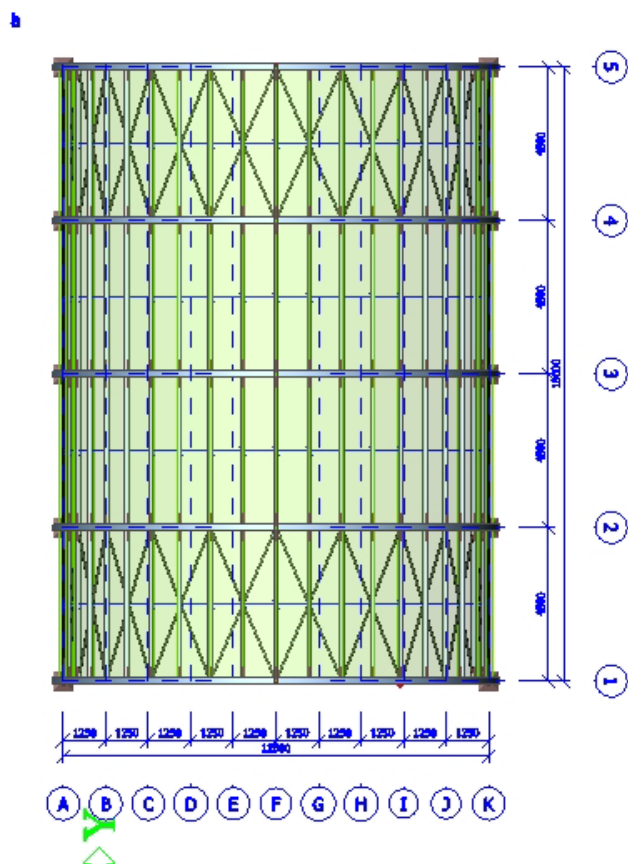
Pro samotný dřevěný rám byla zvolena parabola 3. stupně, který zajistí možnost snadnějšího převozu konstrukce na místo stavby, ale zároveň zajistí dostatečný prostor pro provoz mostového jeřábu.



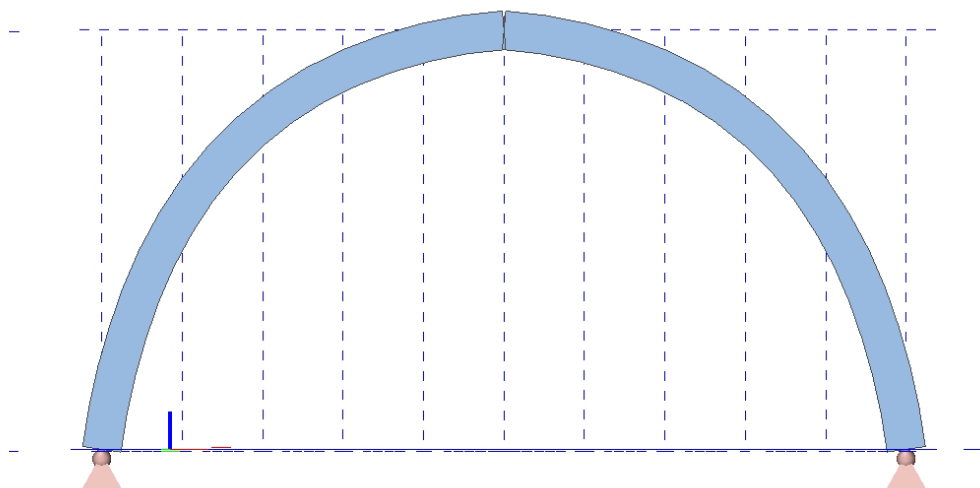
Obrázek 27 – Statické schéma dřevěného rámu

**Statický model – 3D**

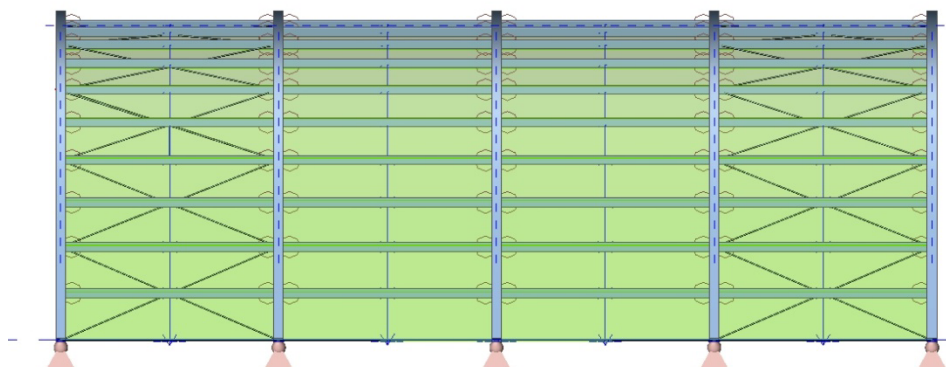
Pomocí výpočetního programu SCIA Engineer 16.0, ve kterém jsou provedeny statické výpočty sil působících na konstrukci, byl vymodelován 3D statický model celé konstrukce.



Obrázek 28 – Statický model - Půdorys

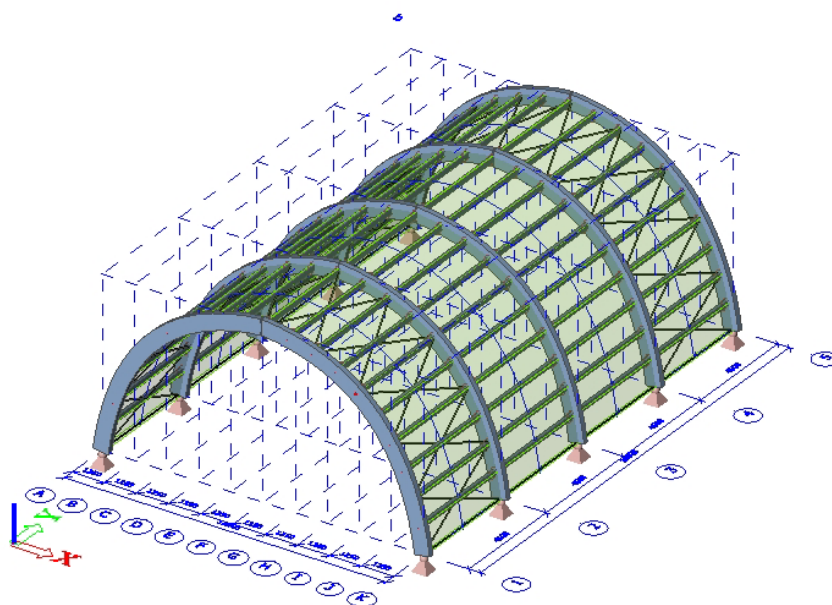


Obrázek 29 – Statický model - Nárys



Obrázek 30 – Statický model - Bokorys

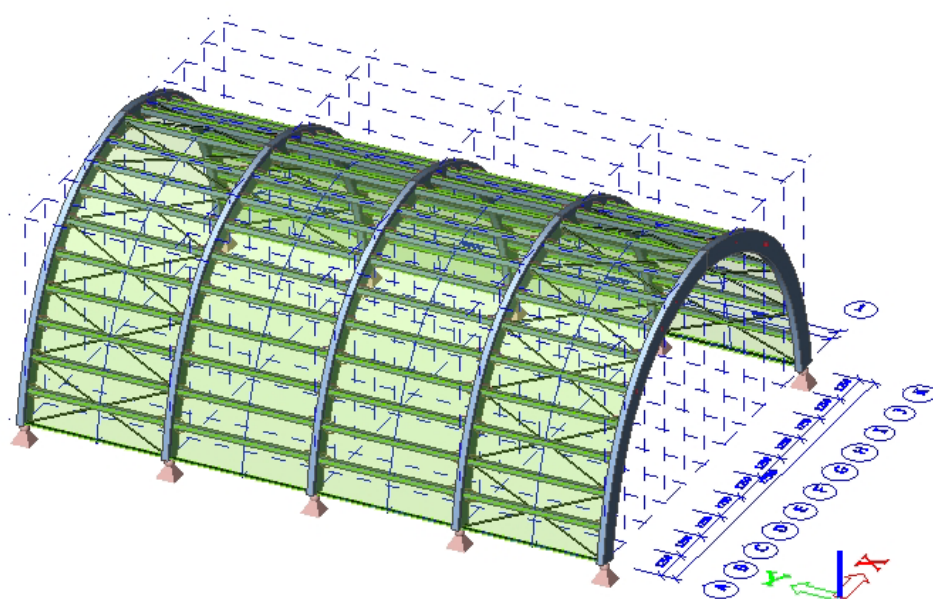
Ve statickém modelu jsou střešní vaznice umístěné ve stejné střednicové rovině jako dřevěný rám (pro snadnější a přesnější výpočet. Ve skutečnosti budou střešní vaznice umístěné na dřevěných rámech. Ve výpočtovém modelu bude použito „zatěžovacích ploch“<sup>6</sup> primárně střešní vaznice, které následně budou přenášet své zatížení do dřevěných rámu.



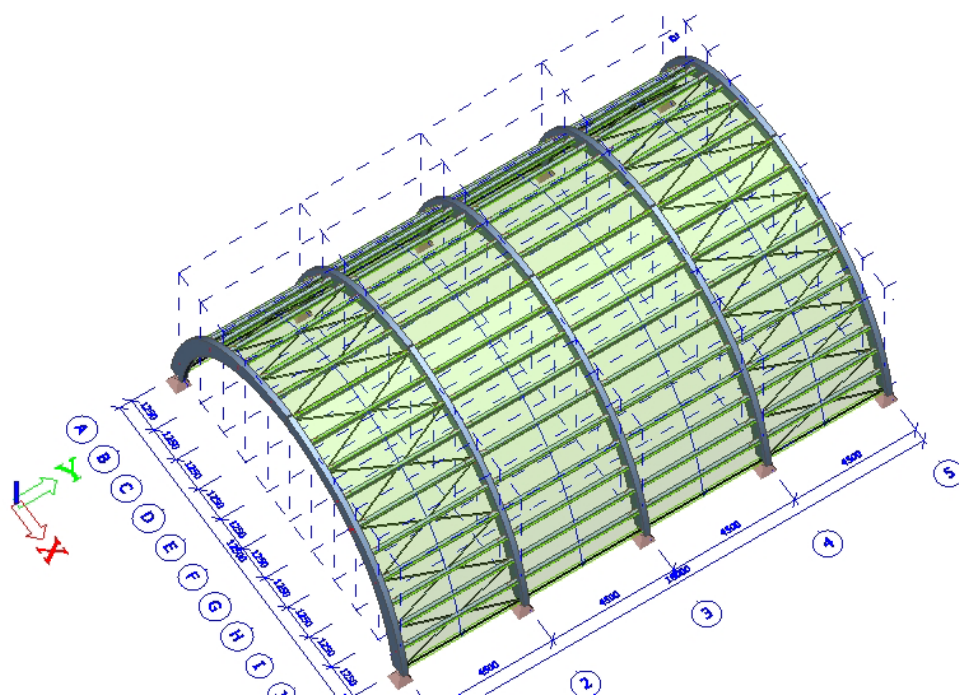
Obrázek 31 – Statický model - 3D – 1

<sup>6</sup> Zelené plochy mezi jednotlivými dřevěnými prvky znázorňují zatěžovací panely

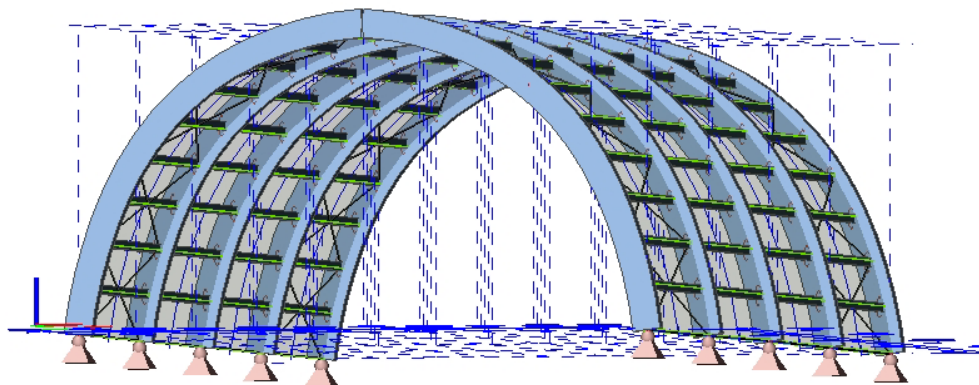




Obrázek 32 – Statický model - 3D - 2



Obrázek 33 – Statický model - 3D - 3



Obrázek 34 – Statický model - 3D - 4

## Výpočet zatížení a vnitřních sil působících v konstrukci

### Zatěžovací stavy

Pro samotný výpočet vnitřních sil jsou definovány tyto zatěžovací stavy:

Tabulka 8 – Zatěžovací stavy

Název	Zatěžovací stavy Charakteristická hodnota	Součinitel spolehlivosti
Vlastní tíha	Výpočet pomocí programu	1,35
Stálé	0,26 <sup>7</sup>	1,35
Užitné	0,40 <sup>8</sup>	1,50
Sníh - nenavátý	0,984	1,50
Sníh - navátý	1,12 / 0,56	1,50
Sníh – národní příloha	1,12	1,50
Vítr - východní	± 0,104	1,50
Vítr - západní	± 0,104	1,50

<sup>7</sup> Tíha střešního/obvodového pláště

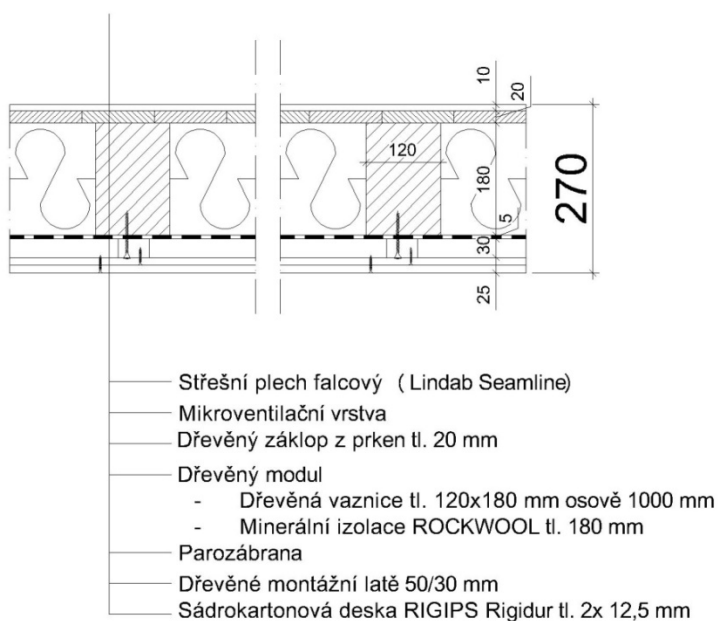
<sup>8</sup> [4] ČSN EN 1991-1-1 (Eurokód 1): Zatížení konstrukcí – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha : ČNI, 200

**Zatížení stálé:**

Stálé zatížení konstrukce výrobní haly vyvolává střešní/obvodový plášť, který je po celém povrchu konstrukce. V případě okenní výplně se předpokládá shodná plošná hmotnost jako u střešního/obvodového pláště.

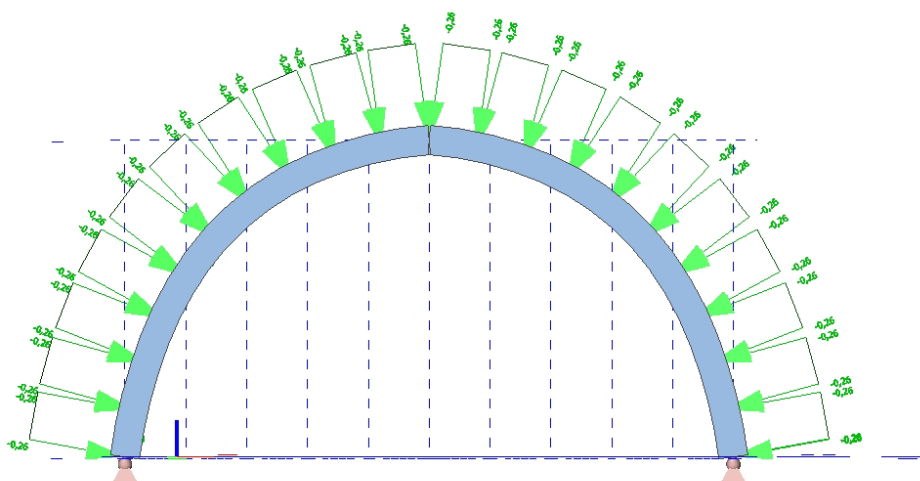
**Skladba střešního/obvodového pláště:**

- RIGIPS 4.70.11a<sup>9</sup>
  - Požární odolnost = REI 30 – REI 60
  - Hmotnost konstrukce = 14-26 kg/m<sup>2</sup>



Obrázek 35 – Skladba střešního pláště RIGIPS 4.7.11a

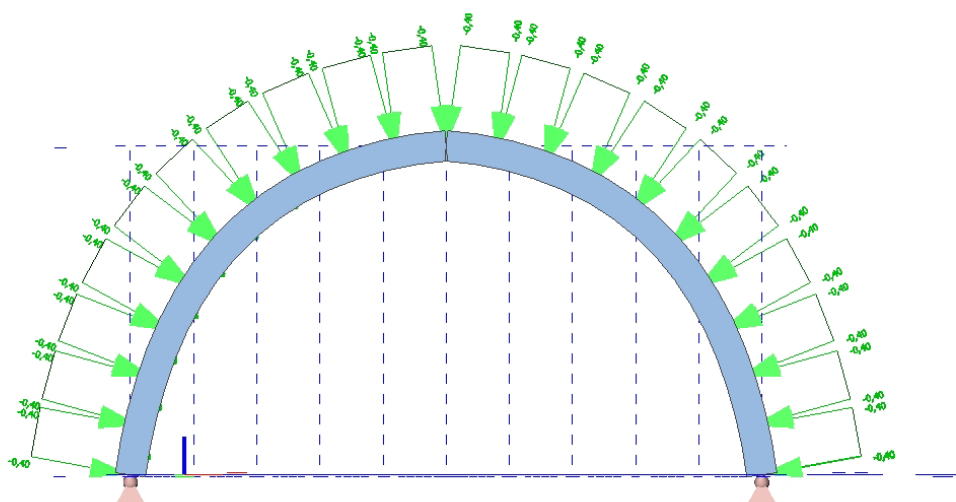
<sup>9</sup> Technický list výrobce viz Příloha č.4



Obrázek 36 – Schéma zatížení - stálé

### Zatížení užité:

Dle ČSN EN 1991-1-1 [4] se jako užité zatížení takovéto konstrukce má uvažovat  $0,4 \text{ kN/m}^2$ . Právě toto zatížení má specifikovat provozní zatížení, které se může vyskytnout při opravách nebo údržbě střešního pláště konstrukce.



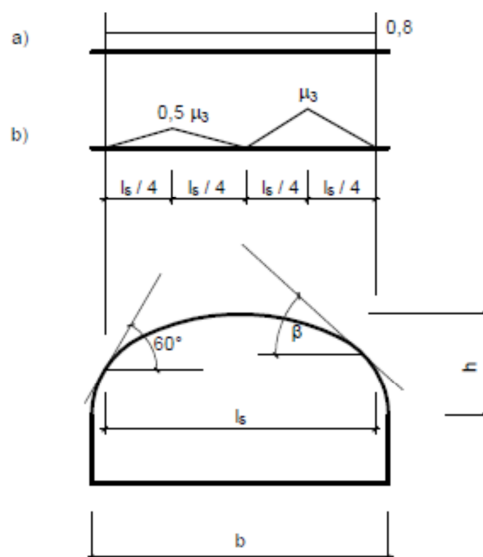
Obrázek 37 – Schéma zatížení - užité

### Výpočet zatížení sněhem:

- $s = \mu_3 C_e C_t s_k = 2,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,56 = 1,12 \text{ kN/m}^2$ 
  - $\mu_3 = 2,0$
  - $C_e = 1,0$
  - $C_t = 1,0$
  - $s_k = 0,56$

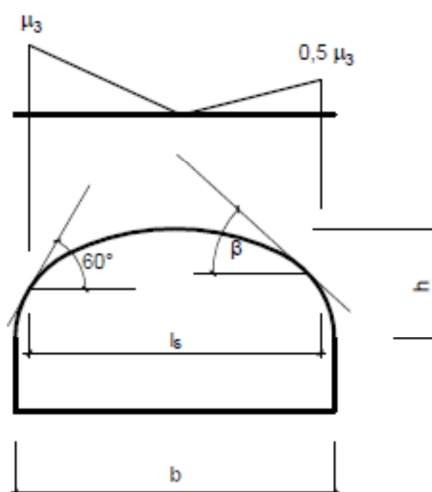
Styly zatížení konstrukce výrobní haly jsou voleny dle Eurokódu 1 [5], a to ve dvou následujících formách. Dále je ctěna zásada, že na střeše se sklonem vyšším než  $60^\circ$  se nedokáže sníh udržet, a tedy není uvažován.

- a) zatížení nenavátým sněhem pro válcové střechy
- b) zatížení navátým sněhem pro válcové střechy

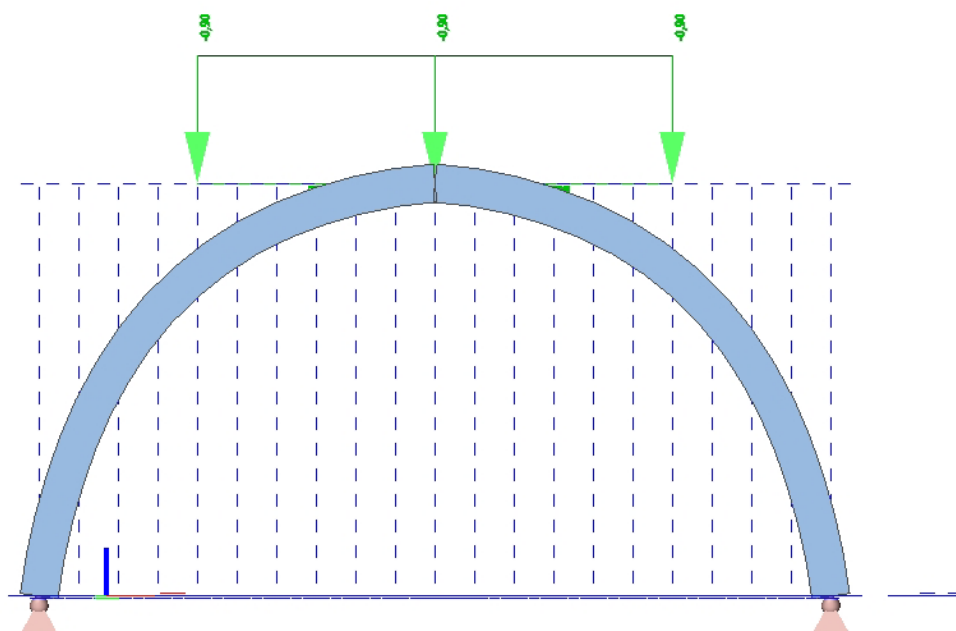


Obrázek 38 – Schéma zatížení sněhem<sup>10</sup>

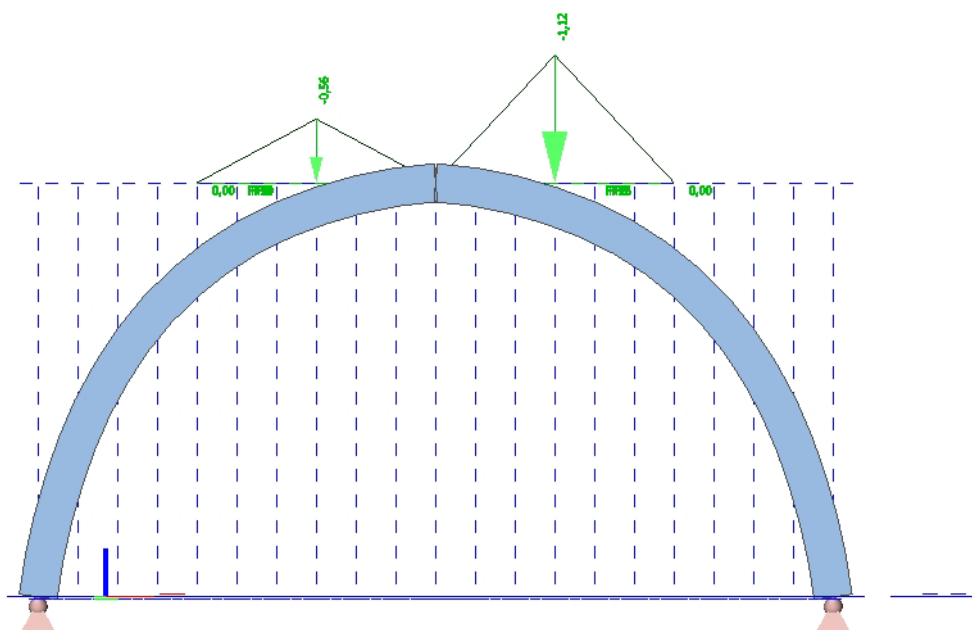
- c) Zatížení sněhem dle Národní přílohy



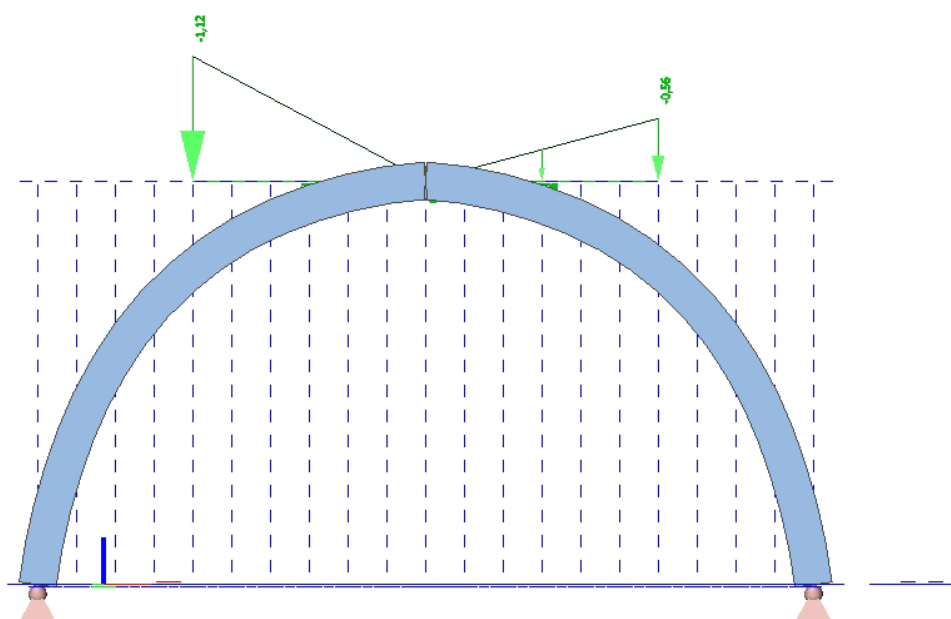
<sup>10</sup> [5] ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Zatížení sněhem



Obrázek 39 – Schéma zatížení - sníh nenavátý



Obrázek 40 – Schéma zatížení - sníh navátý

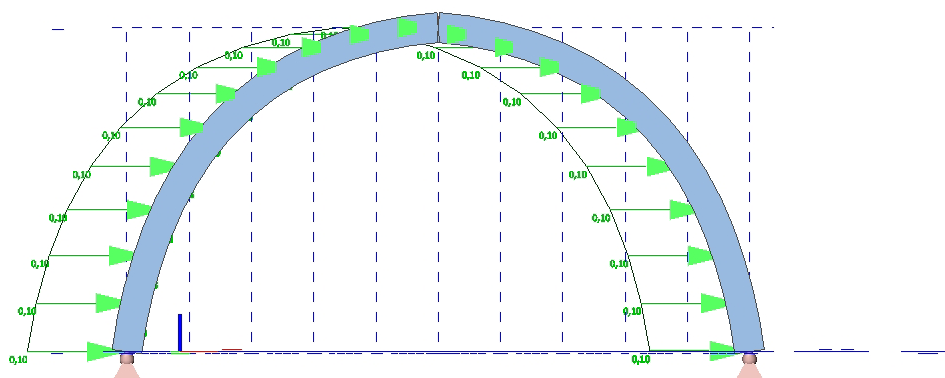


Obrázek 41 – Schéma zatížení - sníh dle Národní přílohy

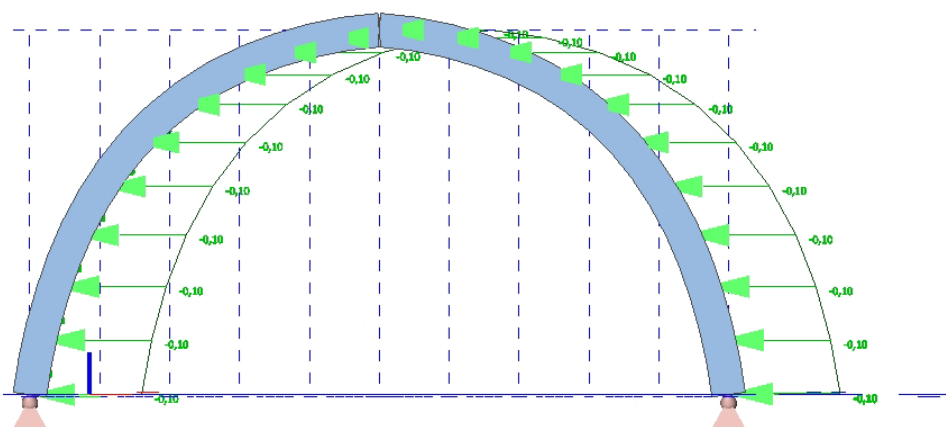
#### Výpočet zatížení větrem:

- $v_{b,0} = 30,0 \text{ m/s}$ 
  - Oblast IV
- $v_b = c_{dir}c_{season}v_{b,0} = 1,0 \times 1,0 \times 30,0 = 30,0 \text{ m/s}$ 
  - $c_{dir} = 1,0$
  - $c_{season} = 1,0$
- $q_b = 0,5\rho v_b^2 = 0,5 \times 1,25 \times 30,0 \times 6,65 = 124,69 \text{ Pa}$ 
  - $= 1,25 \text{ kg/m}^3$
  - $z = 6,65 \text{ m}$
- $q_p = c_e(z)q_b = 1,2 \times 124,69 = 149,63 \text{ Pa}$ 
  - $c_e(z) = 1,2$
- $w_{e,tlak} = q_p c_{pe,1} = 149,63 \times (-0,7) = -104,74 \text{ N/m}^2 \approx -0,104 \text{ kN/m}^2$ 
  - $c_{pe,1,tlak} = -0,7$
- $w_{e,tah} = q_p c_{pe,1} = 149,63 \times 0,7 = 104,74 \text{ N/m}^2 \approx 0,104 \text{ kN/m}^2$ 
  - $c_{pe,1,tah} = 0,7$





Obrázek 42 – Schéma zatížení - vítr východní



Obrázek 43 – Schéma zatížení - vítr západní

**Kombinace zatěžovacích stavů:**

Tabulka 9 – Kombinace zatížení

Kombinace zatěžovacích stavů		
Název	Zatěžovací stav	Kombinační součinitel
BASE (bez sněhu a větru)	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	-
BASE a sníh nenavátý	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Sníh nenavátý	-
BASE a sníh navátý	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Sníh navátý	-
BASE a sníh národní příloha	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Sníh národní příloha	-
BASE a vítr západní	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr západní	-
BASE a vítr východní	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr východní	-
TOTAL – Vítr východní, Sníh nenavátý	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr východní	0,6
TOTAL – Vítr západní, Sníh nenavátý	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr západní	0,6
TOTAL – Vítr východní, Sníh navátý	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr východní	0,6
TOTAL – Vítr západní,	Sníh navátý	-
	Vlastní tíha	-

Sníh navátý	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr západní	0,6
	Sníh navátý	-
TOTAL – Vítr východní, Sníh národní příloha	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr západní	0,6
TOTAL – Vítr západní, Sníh národní příloha	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr západní	0,6
	Sníh národní příloha	-

#### Výsledné maximální zatížení:

Detailní report ze statického programu SCIA najdete v Příloze č. 4<sup>11</sup> této bakalářské práce.

#### Návrh hlavních konstrukčních prvků

Původním návrhem bylo navržení dřevěného rámu z lepeného dřeva GL24h rozměrech 200 × 600 mm. Při výpočtu se však ukázalo, že by tento prvek byl vysoce naddimenzován a proto následně došlo k úpravě na rozměry 160 × 480 mm. Navrhovaná vaznice byla již od začátku uvažována o rozměrech 120 × 180 mm, a to kvůli použití systémového řešení RIGIPS a dodržení kritéria součinitele tepelného toku.

#### Navrhované konstrukční rozměry:

Tabulka 10 – Základní rozměry profilů nosných prvků

Nosný prvek	Materiál	Šířka [mm]	Výška [mm]
Dřevěný rám	Lepené dřevo GL24h	160	480
Vaznice	Rostlé dřevo C24	120	180
Ztužidlo	Ocel S420	Ø22	

Ze statického hlediska by bylo možné využít vaznice o menších rozměrech, ale nebylo by dodrženo kritérium součinitele tepelného toku.

Ztužidla jsou navržena jako ocelová táhla kotvená do dřevěných rámu a budou jasně viditelná (nebudou skryta pod podhledem).

<sup>11</sup> Příloha č. 4 – SCIA report

### Posouzení hlavních nosných prvků

Prvním problémem u posouzení dřevěného rámu se zakřivenou střednicí v ČSN EN 1995-1-1 [5] je jasně definovaný postup výpočtu, který byl použit. Detailní výpočty jsou uvedeny v Příloze č. 6<sup>12</sup>.

Pro jasné posouzení uvádím výsledné hodnoty a jejich kritéria:

Tabulka 11 – Posouzení prvků za běžné teploty

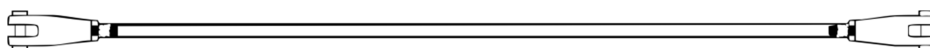
Nosný prvek	Požadavek	Vypočtená	Maximální	Posouzení
Dřevěný rám	$\sigma_{m,d} \leq k_r f_{m,d}$	5,02 MPa	17,28 MPa	vyhovuje
	$\sigma_{t,90,d} < k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}$	0,12 MPa	0,25 MPa	vyhovuje
Vaznice	$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$	1,08 MPa	16,62 MPa	vyhovuje

U nerezového ztužidla bylo provedeno jednoduché posouzení s hodnotami od výrobce:

Tabulka 12 – Posouzení ztužidla za běžné teploty

Nosný prvek	Požadavek	Vypočtená	Maximální	Posouzení
Ztužidlo	$N_{ed} \leq N_{Rd}$	4,58 kN	164,00 kN	vyhovuje

Jako ztužidlo bude využito Tyčové ztužidlo od výrobce Macalloy  $\Phi 22$  mm s koncovkou táhla FB25.

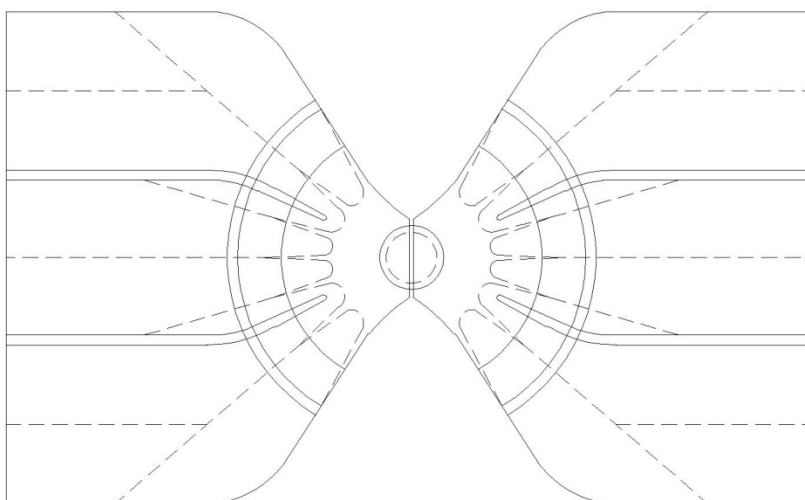


Obrázek 44 – Schématické zobrazení tyčového ztužidla Macalloy

Kloubový spoj a patka sloupu budou navrženy detailně výrobcem tak, aby přenesly působení vnitřních sil. V případě realizace této výrobní haly bude zaslán požadavek pro detailní návrh vrcholového kloubu. Stejně to platí i u patky, který by byl navržen do detailu v případě realizace<sup>13</sup>.

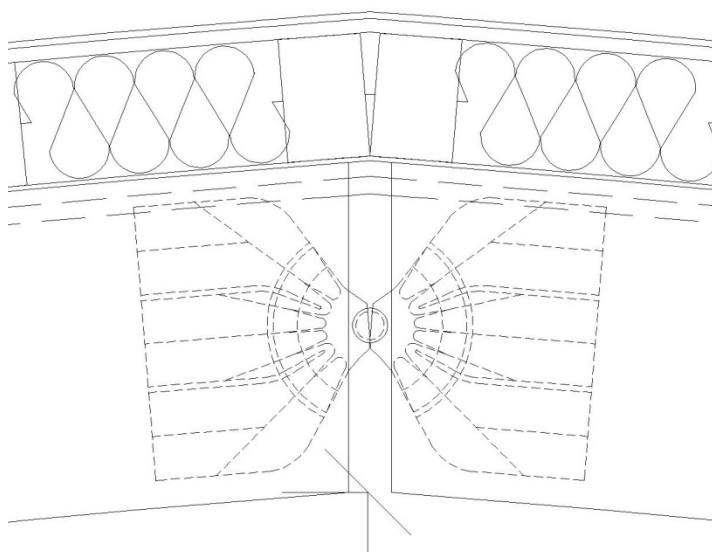
<sup>12</sup> Příloha č. 5 – Návrh hlavních konstrukčních prvků

<sup>13</sup> V této bakalářské práci se budu zabývat požární odolností těchto prvků



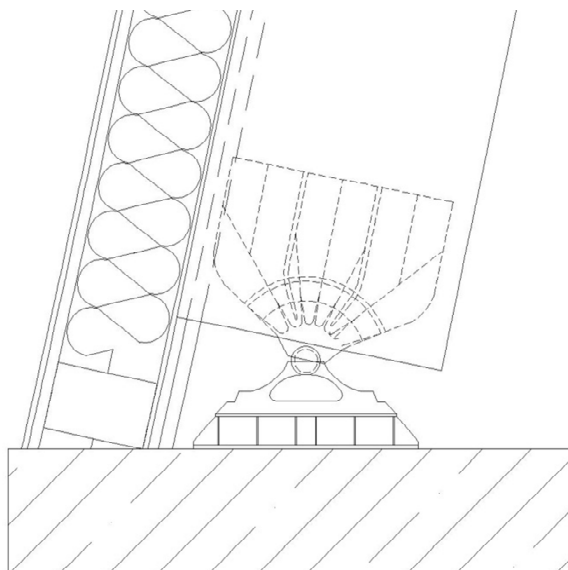
Obrázek 45 – Schéma návrhu vrcholového kloubu

Kloub bude zapuštěn do zářezu dřevěného lepeného rámu tak, aby byl co nejvíce skryt a chráněn dřevem. Jako dekorativní prvek bude přiznán pouze ocelový kloub, který bude vidět pohledem zezdola nahoru.



Obrázek 46 – Schéma zapuštění vrcholového kloubu

U patky bude postup obdobný jako u vrcholového kloubu. Část kloubu bude zapuštěna do dřevěného nosníku.



Obrázek 47 – Schéma zapuštění kloubu v patce rámu

## XI. Posouzení konstrukcí za účinků požáru, návrh protipožárních řešení zlepšujících požární odolnost konstrukce

### Posouzení konstrukcí za účinků požáru

První odlišností oproti posouzení prvků za běžné teploty je, že již nebude posouzena vaznice samostatně, ale jako kompletní skladba. To znamená společné působení kompletní skladby střešního obvodového pláště. Velký vliv na výslednou požární odolnost budou mít SDK desky a správná volba kotvicího šroubu do hlavního nosného prvku.

### Posouzení hlavních nosných prvků

Tabulka 13 – Základní rozměry posuzovaných prvků

Nosný prvek	Materiál	Rozměr [mm]
Dřevěný rám	Lepené dřevo GL24h	160 × 480
Střešní obvodový plášť	SDK, Rostlé dřevo C24,	270
Ztužidlo	Ocel S420	Ø22

Aby byla zajištěna požární odolnost u střešního obvodového pláště, musí být zajištěn minimálně kotvicí délka spojovacího materiálu (vrutu) do vaznice minimálně 10 mm. Tzn., když vrstva zuhelnatění „vyloučí“ tuto část

vrstvy dřeva z působení, musí být stále v nosném dřevě minimálně 10 mm vrutu.

Bohužel, aby mohly být využity výpočetní postupy dle příslušného Eurokódu, musí se brát působení teplotní normové křivky. Z následující tabulky ale může být brát předpoklad, že nosné prvky by odolávali i za průběhu mnou stanoveného průběhu teplot v případě požáru, a to protože i kdyby byla vrstva zuhelnatění větší než předpokládá eurokód, mají nosné prvky stále velkou kapacitu přenést působící zatížení.

Tabulka 14 – Posouzení dřevěného rámu za požáru

Nosný prvek	Požadavek	Vypočtená	Maximální	Posouzení
Dřevěný rám	$\sigma_{m,fi} \leq f_{m,d,fi}$	5,07 MPa	30,00 MPa	vyhovuje

Tabulka 15 – Posouzení střešního obvodového pláště za požáru

Nosný prvek	Požadavek	Minimální	Vypočtená	Omezení/výsledná	Posouzení
Střešní obvodový plášť	$\tau_f < \tau_{f,connect}$	30 min	104,09 min	60 min	vyhovuje

#### Výpočet únosnosti ztužidla za požáru:

U ztužidla jako posouzení za požáru byla zvolena redukce jeho mechanických vlastností. Především jeho meze kluzu za zvýšené teploty. Z výše vypočítaných průběhů teplot je vyjádřen redukční součinitel a následně vypočítána únosnost samotného ztužidla.

#### Výpočet působící síly za požáru:

- $N_{ed,fi} = \eta_{fi} N_{ed} = 2,97 \text{ kN}$ 
  - $N_{ed} = 4,58 \text{ kN}$
  - $\eta_{fi} = 0,65$

#### Výpočet únosnosti za působení požáru

Pro výpočet byly uvažovány teploty ze stanovených průběhů, a to z důvodu, že dosahují vyšších teplot ( $841 \text{ °C} < 900 \text{ °C}$ ) a tím pádem bude nižší únosnost ztužidla.

- $N_{Rd,fi} = A f_y k_{y,\theta} = 11,48 \text{ kN}$ 
  - $A = 380,13 \text{ mm}^2$
  - $f_y = 420 \text{ MPa}$
  - $k_{y,\theta} = 0,072 (900 \text{ °C})$

Tabulka 16 – Posouzení ztužidla za požáru

Nosný prvek	Požadavek	Vypočtená	Maximální	Posouzení
Ztužidlo	$N_{ed,fi} \leq N_{Rd,fi}$	2,97 kN	11,48 kN	vyhovuje

Požární odolnost vrcholového a patního kloubu bude požární odolnost zajištěna po požadovanou dobu požárním nátěrem PROMAPAIN<sup>®</sup>-SC4 - nátěr na ocel, který zajistí minimální požární odolnost 30 min.

### Návrh protipožárních řešení zlepšujících požární odolnost konstrukce

Pro snížení rizika pro vznik požáru je možné ve výrobní hale navrhnout sprinklerové stabilní hasicí zařízení (SSHZ), které by potlačovalo požár v jeho počátku. Spolu se sprinklerovým hasicím zařízením by bylo možné navrhnout elektrickou požární signalizaci (EPS).

V rámci SSHZ by možné realizovat vodní clony a tím rozčlenit PÚ.

Z pozice investora to avšak nepřipadá v úvahu, protože primární účelem výrobní haly je zastřešení výrobní linky autogenu.

## XII. Porovnání jednotlivých návrhů, vyjmenování krizových oblastí konstrukce

V předposlední kapitole je porovnán původní navrhovaný stav ocelové haly s příhradovým nosníkem a s dřevěným trojkloubovým rámem se zakřivenou střednicí.

### Porovnání jednotlivých návrhů

Kritérium	Ocelová hala	Dřevěná hala
Ekologičnost	×	○
Recyklace	○	○
Nehořlavost	○	×
Estetičnost	×	○
Jedinečnost	×	○
Cena	○	○
Požární odolnost	×	○
Mostový jeřáb	○	×
Speciální požární požadavky	×	○
Architektonické řešení	×	○



*Poznámka:*

× = negativum

○ = pozitivum

### **Vyjmenování krizových oblastí konstrukce**

U návrhu dřevěného trojkloubového rámu se zakřivenou střednicí nastávají tři hlavní krizové oblasti, které by mohly zapříčinit komplikace při řešení stavby.

- 1) Kloubové spojení ve vrcholu konstrukce
- 2) Kloubové spojení v patkách rámu
- 3) Umístění mostového jeřábu

Při realizaci je nutné brát vyšší ohled na provádění těchto krizových míst. Zajistit odbornou způsobilost osob, které tyto krizová místa budou provádět a případně provést dodatečné kontroly provedení.

## **XIII. Závěr části „Zhodnocení návrhů“**

Prvotním cílem této části bakalářské práce a její hlavní myšlenkou bylo, že se projektant nemusí bát navrhovat dřevěné řešení malých výrobních hal. Velmi často se stává, že projektanti volí snadnější, jednodušší řešení formou systémového řešení z ocele nebo betonu.

Následně vznikají stavby, které sice plní svůj účel, ale estetické, ekologické hledisko jde stranou.

Mým cílem bylo ukázat, že i takovéto stavby lze řešit v jedinečném stylu, který stavbě propůjčí nejen její funkci, ale může se stát i „chloubou“ samotného investora.

Ze stavu, kdy byli navrženy ocelové sloupy, a ty by následně musely být chráněny proti účinkům požáru (např. požárním obkladem) jsem se dostal pomocí přesnějších výpočtů na konstrukci, která bude mít své „kouzlo“, poskytne pracovníkům i pocit klidu a radost z prováděné práce.

Tato část bakalářské práce splnila své původně stanovené cíle, došlo k navržení hlavních nosných konstrukčních prvků, skladby střešního obvodového pláště, vytvoření 3D statického výpočetního modelu. Především jasně ukázala, že není třeba se obávat návrhu takovýchto staveb z lepeného dřeva.

## I. Obsah

II.	Preambule.....	4
III.	Seznam zkratk.....	6
IV.	Seznam použité dokumentace.....	6
V.	Harmonogram zpracování .....	7
VI.	Úvod.....	7
VII.	Popis území, stavby, staveniště a bližšího okolí a popis skutečného provedení.....	7
	Popis území.....	7
	Popis stavby, staveniště a bližšího okolí .....	8
	Stávající ochranná a bezpečnostní pásma .....	8
	Popis skutečného provedení stavby .....	8
	Základní rozměry.....	8
	Charakteristika technických a technologických zařízení.....	8
VIII.	Konstrukční varianty .....	10
	Původní statické schéma .....	10
	Nové navrhované varianty.....	12
	Možné navrhované varianty .....	13
	Dřevěné sloupy s dřevěnou příhradovinou .....	13
	Dřevěný rám tuhý .....	13
	Dřevěný rám trojkloubový .....	16
	Dřevěný rám se zakřivenou střednicí, tuhý .....	19
	Dřevěný rám se zakřivenou střednicí, trojkloubový .....	21
	Závěrečné posouzení nových návrhů .....	25
IX.	Stanovení možných požárních scénářů, možné zdroje zapálení a teplotní analýza požárních úseků .....	25
	Stanovení možných požárních scénářů .....	25
	Požární scénář – Místnost kanceláře .....	26
	Požární scénář – lokálně uložené palety (pracoviště brusiče) .....	28
	Požární scénář – linka autogenu .....	30
	Požární scénář – manipulační vozík .....	31
	Závěr z požárních scénářů .....	32

Teplotní analýza požárního úseku .....	32
Normová teplotní křivka .....	32
Parametrická teplotní křivka.....	34
Lokální modely .....	34
Porovnání teplotních křivek.....	35
Závěr teplotní analýzy požárního úseku .....	35
X. Návrh hlavních nosných konstrukcí za běžné teploty.....	35
Navržení skutečného tvaru výrobní haly .....	36
Schéma dřevěného rámu.....	36
Statický model – 3D .....	36
Výpočet zatížení na konstrukci a vnitřních sil působící v konstrukci .....	40
Volba zatížení – zatěžovací stavy .....	40
Zatížení stálé: .....	41
Zatížení užité: .....	42
Výpočet zatížení sněhem: .....	42
Výpočet zatížení větrem: .....	45
Kombinace zatěžovacích stavů: .....	47
Výsledné maximální zatížení:.....	48
Návrh hlavních konstrukčních prvků.....	48
Navrhované konstrukční rozměry:.....	48
Posouzení hlavních nosných prvků .....	49
XI. Posouzení konstrukcí za účinků požáru, návrh protipožárních řešení zlepšujících požární odolnost konstrukce .....	51
Posouzení konstrukcí za účinků požáru .....	51
Posouzení hlavních nosných prvků .....	51
Výpočet únosnosti ztužidla za požáru:.....	52
Návrh protipožárních řešení zlepšujících požární odolnost konstrukce .....	53
XII. Porovnání jednotlivých návrhů, vyjmenování krizových oblastí konstrukce .....	53
Porovnání jednotlivých návrhů.....	53
Vyjmenování krizových oblastí konstrukce.....	54
XIII. Závěr části „Zhodnocení návrhů“ .....	54

## II. Preambule

Tato bakalářská práce slouží jako dokázání komplexního zvládnutí výuky bakalářského studia na Fakultě Stavební Českého vysokého učení technického v Praze ve studijním programu Stavební inženýrství, studijní obor Požární bezpečnost staveb. Pro vypracování této bakalářské práce jsou využity všechny znalosti, kterých jsem jako student získal studiem Českého vysokého učení technického v Praze, odborných praxí, které jsem vykonával během studia a znalosti získané samostudiem, a to buď pomocí technických listů výrobců a jejich technických postupů při realizaci, ale i při absolvování odborných seminářů zejména v oblasti požární ochrany.

Bakalářská práce je vypracována v souladu s předpisy platnými k datu odevzdání práce, samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou konzultací v rámci Českého vysokého učení technického v Praze.

V rámci této bakalářské práce bude posouzení skutečného konstrukčního stavu výrobní haly Autogen Slatiňany, která je navržena jako ocelová hala se sloupy HEA a příhradovinami z trubkových profilů. Jako obvodové stěny jsou navrženy sendvičové panely KINGSPAN. Předmětem bakalářské práce je alternativní řešení materiálové varianty nosné konstrukce, kdy je původní ocelová konstrukce nahrazena dřevěnou konstrukcí. Práce zahrnuje možná konstrukční řešení z lepeného či rostlého dřeva. Na závěr bude porovnán výsledný návrh se skutečným stavem a posoudím výhody a nevýhody jednotlivých návrhů.

---

This bachelor thesis serves as a comprehensive proof of mastering the teaching of a bachelor's study at the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague in the study program Civil Engineering, study branch Fire Safety of Buildings. All the knowledge I obtained as a student through the study of the Czech Technical University in Prague, the professional practices that I did during my studies and the self-study knowledge were used for this bachelor thesis, either through the technical sheets of the manufacturers and their technical procedures in the implementation, but also during professional seminars, especially in the area of fire protection.

The bachelor's thesis is elaborated in accordance with current regulations (valid as of 27. 5. 2018), independently, without foreign

interventions, except for consultations within the Czech Technical University in Prague.

In the framework of this bachelor thesis will be the assessment of the actual construction state of the production hall Autogen Slatiňany, which is designed as a steel hall with HEA columns and joinery beams. Outside walls are designed with KINGSPAN sandwich panels. In this bachelor thesis I will deal with what happened if the hall was realized not from a steel structure but from a wooden structure. I will deal with possible design solutions from glued laminated timber and solid timber in different systems. Then compare the possibilities of the proposals with the actual situation and consider the advantages and disadvantages of individual proposals.

### III. Seznam zkratk

DSP	= Dokumentace skutečného provedení
EPS	= Elektrická požární signalizace
PBŘ	= Požárně bezpečnostní řešení stavby
PNP	= Požárně nebezpečný prostor
PTCH	= Požárně technické charakteristiky
RHR <sub>f</sub>	= Rychlost uvolňování tepla
SDK	= Sádrukartonová deska bez specifikace
SSHZ	= Samočinné stabilní hasicí zařízení

### IV. Seznam použité literatury

- [1] OZV č. 4/2006 města Slatiňany, Územní plán obce Slatiňany
- [2] Požárně technické charakteristiky a technické informace pro potřeby ZPP, Ministerstvo Vnitra, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015
- [3] ISO 834-11:2014
- [4] ČSN EN 1991-1-2, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru
- [5] ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Zatížení sněhem
- [6] ČSN EN 1995-1-1, Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla pro pozemní stavby, 2006
- [7] ČSN EN 1995-1-2, Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru, 2006

## V. Harmonogram zpracování

- 1) Sepsání Preambule, Úvodu a detailní popis stavby, jejího okolí a zaměření se na skutečnosti, které mohou ovlivňující realizaci stavby
- 2) Zhodnocení skutečného provedení stavby (ocelová konstrukce)
- 3) Navržení možných jiných konstrukčních řešení z dřevěných materiálů, návrh hlavních nosných prvků
- 4) Stanovení možných požárních scénářů, teplotní analýza požárních úseků
- 5) Návrh hlavních nosných konstrukcí za běžné teploty
- 6) Posouzení konstrukcí za účinků požáru, návrh protipožárních řešení zlepšujících požární odolnost konstrukce
- 7) Porovnání jednotlivých návrhů, vyjmenování krizových oblastí konstrukce
- 8) Závěr části „Zhodnocení návrhů“

*Poznámka:*

*Souběžně bude zpracováváno Požárně bezpečnostní řešení stavby (dále PBŘ), na které se bude tato část odvolávat.*

## VI. Úvod

V části „Zhodnocení návrhů“ bude posouzena ocelová halová konstrukce, kterou jsem získal ve stavu Dokumentace skutečného provedení (dále DSP). Jelikož se jedná o kompletní stav, na který byla zhotovena „studená“ statika nebude tolik věnováno pozornosti této konstrukci za studena a za požáru. Následně budou navrženy možné varianty, kdyby byla tato hala byla provedena ze dřeva. Následně bude vybrána konečná varianta, která bude posouzena za běžné teploty, ale i za požáru, budou provedeny detailnější analýzy průběhu požáru a porovná přístupů z hlediska teplotních křivek a požárních scénářů.

Závěrem této části bude kompletní souhrn navržených řešení, jejich výhody a nevýhody a doporučení nevhodnějšího řešení.

Nedílnou částí bakalářské práce bude PBŘ, které bude přiloženo v samostatné „složce“.

## VII. Popis území, stavby, staveniště a bližšího okolí a popis skutečného provedení

### Popis území

Výrobní hala Autogen Slatiňany bude realizována ve městě Slatiňany na Chrudimsku (4 km od okresního města Chrudim). Historie města Slatiňany

sahá až do let 1294 a za dobu své existence si vybudovalo pověst důležitého města v okolí, do kterého lidé směřují za prací. Okolí města Slatiňany nabízí významné památky, a to nejen Státní zámek Slatiňany nebo Hřebčín Slatiňany (pobočka hřebčína Kladruby), ale i například rozhlednu Na Chlumu.

Město Slatiňany s katastrální výměrou 15,60 km<sup>2</sup> s počtem obyvatel 4206 obyvatel se nachází ve výšce 268 m. n. m. Městem Slatiňany protéká řeka Chrudimka, která je ve vzdálenosti 36,3 m (měřeno na osu z katastru nemovitostí), šířka říčního koryta je cca 21,8 m.

### **Popis stavby, staveniště a bližšího okolí**

Výrobní hala Autogen Slatiňany se nachází v průmyslové zóně města Slatiňany, konkrétněji v areálu sběrného dvora na recyklovatelné materiály společnosti Recycling – kovové odpady a.s. a bude sloužit pro potřeby sběrného dvora. Realizace a provoz stavby neovlivní negativně okolí ani provoz okolních objektů. Stavbou výrobní haly Autogen Slatiňany nedojde k záboru zemědělské půdy.

### **Stávající ochranná a bezpečnostní pásma**

Pozemek stavby je v zátopovém území řeky Chrudimka, není v památkové rezervaci ani památkové zóně, není poddolován ani ohrožen sesuvem. Na pozemek nezasahují žádná ochranná pásma (silnice, plynovody, elektřina, atd.).

### **Popis skutečného provedení stavby**

Objekt výrobní haly Autogen Slatiňany je navržený jako typový montovaný objekt s nosnou konstrukcí z ocelových profilů. Opláštění a výplňové konstrukce včetně střešní jsou navrženy z kovových sendvičových panelů KINGSPAN. Uvnitř haly je navržený mostový jeřáb a souprava autogenové řezací linky systémového řešení výrobce. Výrobní hala bude založena na betonových pasech a patkách z betonu C 20/25, betonové patky jsou navrženy pod každým sloupem pro zamezení sedání stavby.

### **Základní rozměry**

Výrobní hala bude mít délku 18 350 mm a šířku 12 500 mm. Zastavěná plocha haly bude 230 m<sup>2</sup> s celkovým obestavěným prostorem 1 741,4 m<sup>3</sup>. Světlá výška haly bude 5,15 m a výška hřebene bude 7,02 m.

### **Charakteristika technických a technologických zařízení**

#### ***a) technické řešení***

V areálu probíhá zámečnická a strojní výroba.

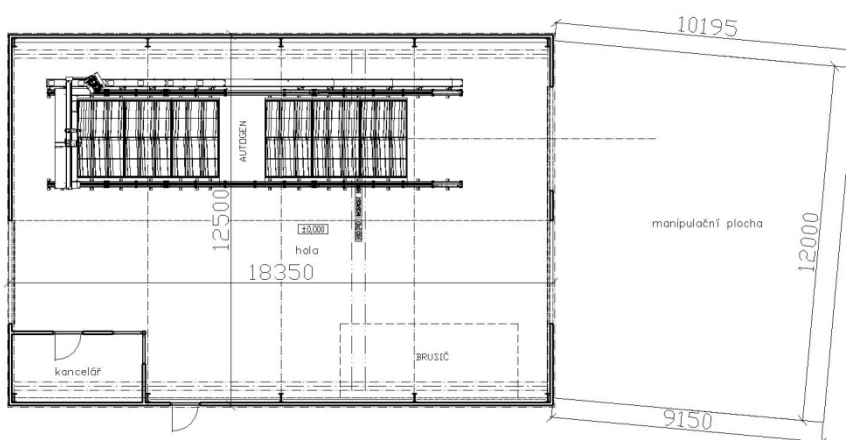
- způsob provozu = celodenní



- elektrický příkon stávající
- vytápění = lokální teplovzdušné
- větrání = nucené
- počet zaměstnanců = 5 osob
- účel stavby = strojní výroba

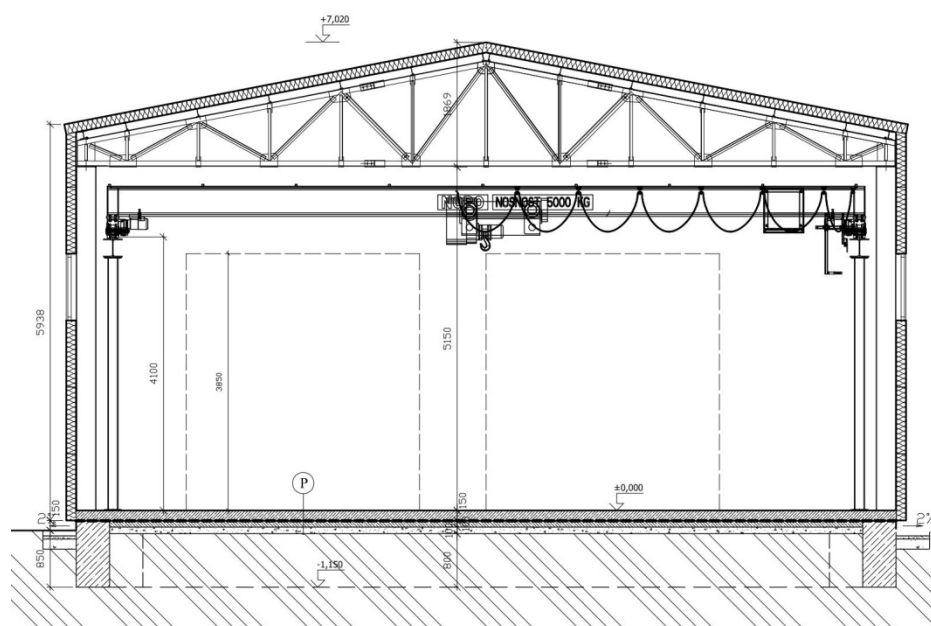
**b) výčet technických a technologických zařízení**

- technická zařízení = mostový jeřáb<sup>1</sup>
- výrobní zařízení = autogenová řezací linka



Obrázek 1 – Základní rozměry výrobní haly – Půdorys [kótováno v mm]

<sup>1</sup>Mostový jeřáb bude mít vlastní samostatnou nosnou konstrukci nezávislou na konstrukčním systému objektu



Obrázek 2 – Základní rozměry výrobní haly – Řez [kótováno v mm]

## VIII. Konstrukční varianty

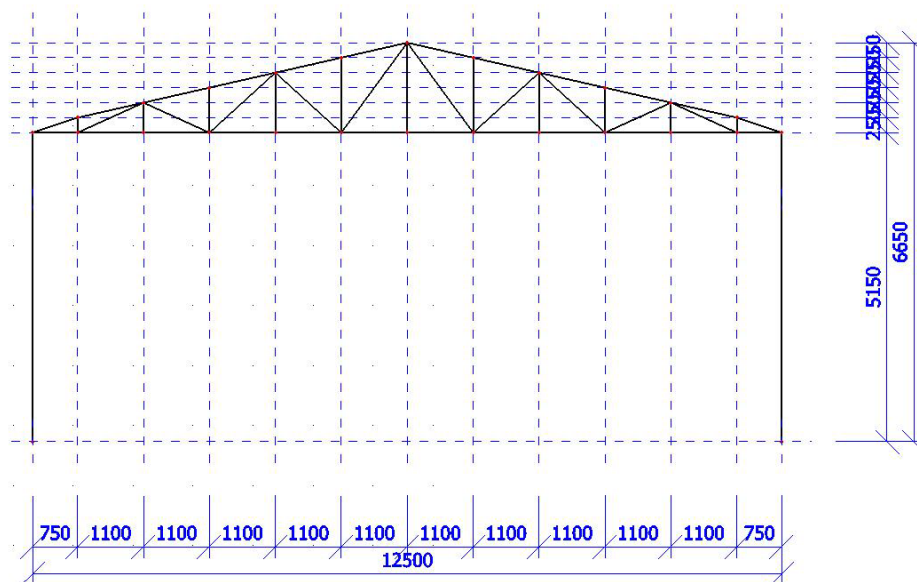
V této části bakalářské práce budou navrženy možné návrhy, které by mohly „nahradit“ navrženou ocelovou halu. Hlavní myšlenka tohoto kroku je, co by se stalo, kdyby objekt nebyl navržen z ocelových sloupů, ocelové příhradoviny a kovových sendvičových panelů KINGSPAN. Hlavním materiálem, kterému se budu věnovat bude lepené dřevo v kombinaci rostlého dřeva. Jako obvodové konstrukce budou uvažovány sloupkové konstrukce z rostlého dřeva s opláštěním ze sádkartonových desek vyplněné tepelnou izolací.

Další změnou oproti stávajícímu stavu bude navržení statického schématu, ideálně odlišného od stávajícího.

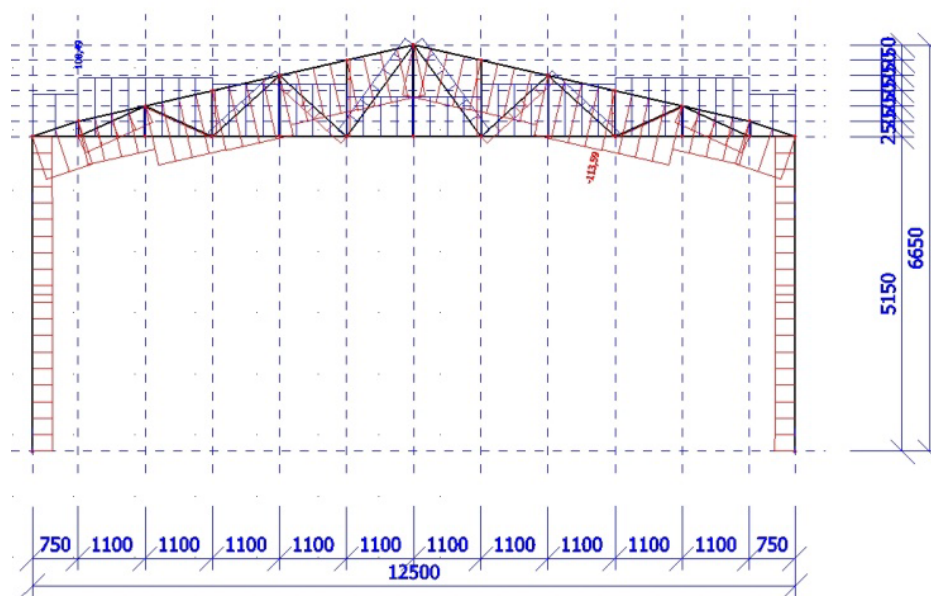
### Původní statické schéma

Při návrhu statického schématu pro ocelovou konstrukci se vychází z montované konstrukce, kdy sloupy jsou přes kotvení patky vetknuty do základových patek, následně je příhradovina uložena kloubově na hlavách sloupů.

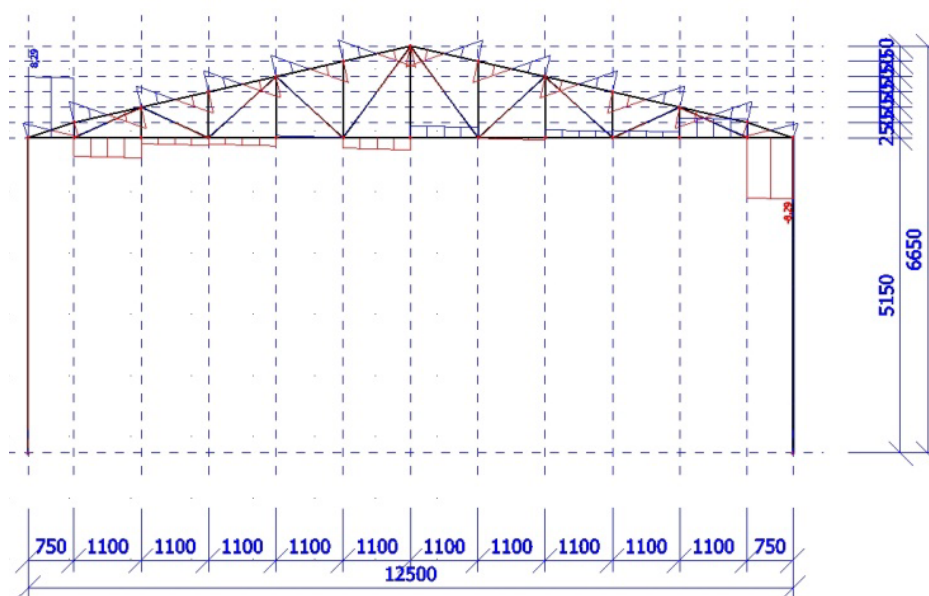
Pro orientační stanovení odhadu průběhu vnitřních sil bylo uvažováno působení vlastní váhy konstrukce v kombinaci se svislým zatížením 5 kN/mb. Blíže zatížení specifikováno nebylo. Dále tyto schémata slouží pouze pro porovnáním různých variant mezi sebou a vytipování kritických míst, která se mohla významným dílem podílet na náročnosti realizace konstrukce.



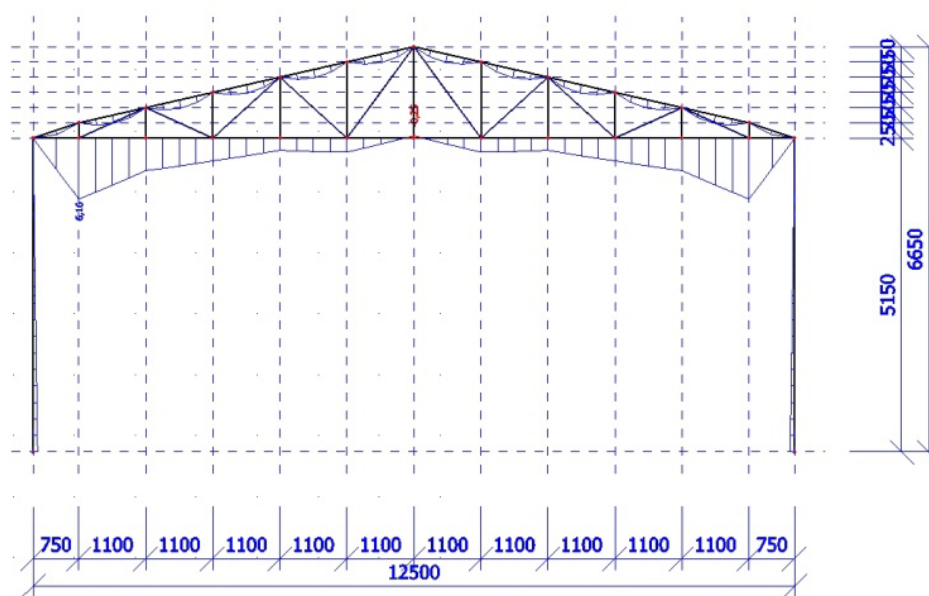
Obrázek 3 – OCEL příhradová konstrukce - statické schéma



Obrázek 4 – OCEL příhradová konstrukce - průběh normálové síly



Obrázek 5 – OCEL příhradová konstrukce - průběh posouvací síly



Obrázek 6 – OCEL příhradová konstrukce - průběh ohybového momentu

### Nové navrhované varianty

Jako nový konstrukční materiál bylo zvoleno dřevo, a to nejen dřevo rostlé, ale i dřevo lepené. V následujících schématech není rozlišováno mezi jednotlivými materiály. Schémata mají pouze za úkol vykreslit přibližný

průběh vnitřních sil působících na konstrukci, a tím usnadnit volbu mezi jednotlivými konstrukčními řešeními a odhalit možná kritická místa, která by byla komplikací při návrhu konstrukce.

#### **Uvažované varianty**

- Dřevěné sloupy s dřevěnou příhradovou konstrukcí
- Dřevěný rám, tuhý
- Dřevěný rám, trojkloubový
- Dřevěný rám se zakřivenou střednicí, tuhý
- Dřevěný rám se zakřivenou střednicí, trojkloubový

#### **Dřevěné sloupy s dřevěnou příhradovou konstrukcí**

V tomto navrhovaném konstrukčním řešení dochází do stejné situace jako při „typickém“ systémovém řešení z ocele. Příhradový vazník je uvažován jako plně kloubový a kloubově uložený na dřevěných sloupech.

Velká variabilita se dá najít při určení spojovacích systémů při montáži dřevěné příhradové konstrukce. Zde se nabízí využití přítlačných profilovaných přílozek systému „Gangnail“, ale mohli bychom narazit na nízkou požární odolnost tohoto řešení (příložky se vlivem působení požáru prohýbají a nedokáží zajistit požadované předepsané spojení v rámci spoje), nebo by šlo využít klasického montovaného styčnicku přes ocelové příložky, kde nehrozí vyšší riziko možného selhání spoje.

#### **Výhody řešení:**

- Snadná montáž na místě stavby
- Snadný převoz jednotlivých komponentů na místo stavby

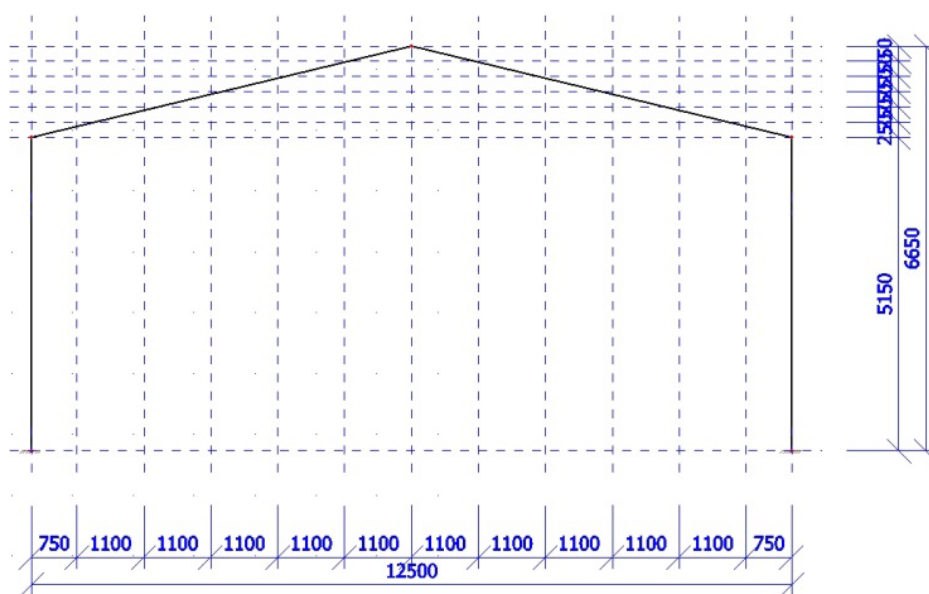
#### **Nevýhody řešení:**

- Nízká požární odolnost styčnicků „Gangnail“
- Více míst pro možnou poruchu stavby (příhradová konstrukce)
- Snížení průjezdného profilu oproti ostatním navrhovaným variantám

Jelikož by se při volbě tohoto konstrukčního řešení neřešila změna konstrukčního systému jako taková, ale jednalo by se především o nahrazení materiálové varianty, nebude toto řešení uvažováno pro další možná řešení.

#### **Dřevěný rám tuhý**

První vážnější variantou pro realizaci této výrobní haly je uvažování rámu s plně tuhými rámovými rohy. Jako další specifikaci byl zvážěn pokus o úplné vetknutí sloupů do základové patky. V tomto řešení by bylo s nejvyšší pravděpodobností využito lepených dřevěných profilů.



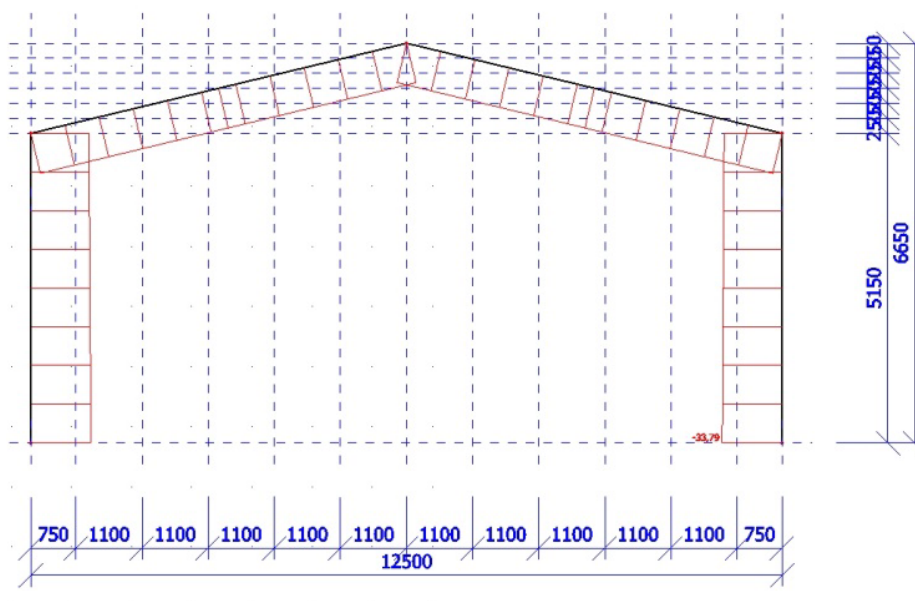
Obrázek 7 – DŘEVO rám tuhý - statické schéma

Pokud provedeme prvotní rychlou analýzu působení vnitřních sil na zcela tuhý rám s úplným vetknutím sloupů do základových patek, získáme rám, který je zcela tlačěný normálovou silou, sloupy namáhané posouvající silou v „jednom směru“ a ohybové momenty na sloupech v lineárním průběhu. První nevýhodou je vznik ohybových momentů v patkách sloupů, které nám mohou znesnadnit návrh.

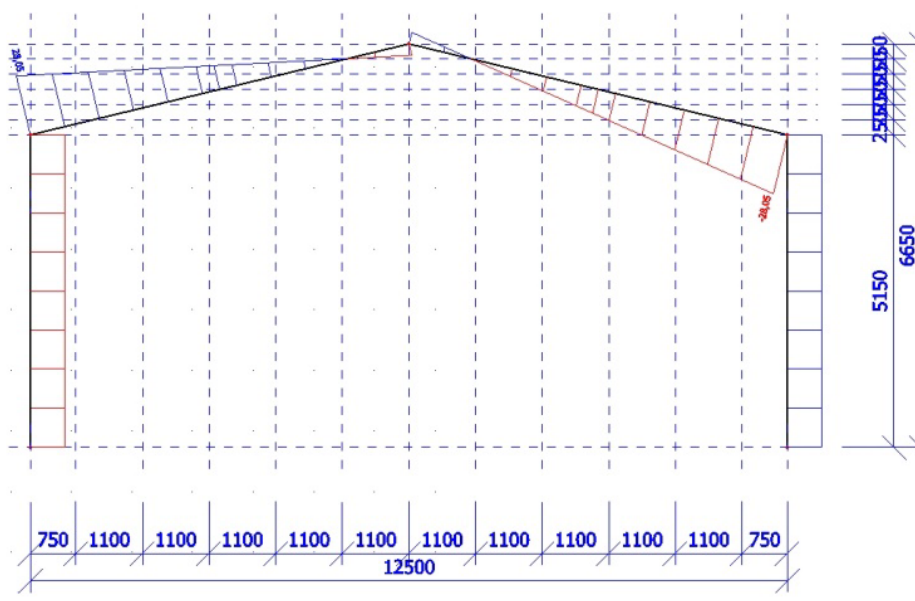
Při prvotním rychlém výpočtu, kde jsme neuvažovali působení větru, dostaneme nejvyšší ohybový moment v rámových rozích sloup-vazník. Jako možné řešení spojení rámového rohu by šlo uvažovat využití ocelových kolíků rozmístěných v kruhu.

Největší komplikací, která je u tohoto řešení je zajištění dostatečného vetknutí v patce sloupu, které lze v praxi velmi obtížně dosáhnout. Pokud bychom uvažovali transport takového rámu z výroby na místo stavby, narazíme na jeho velikost. Velmi obtížně by se realizoval samotný transport po silnicích i se zajištěním proti poškození dřevěného rámu. Transportní výška je 6,6 m a délka přes 12,5 m.

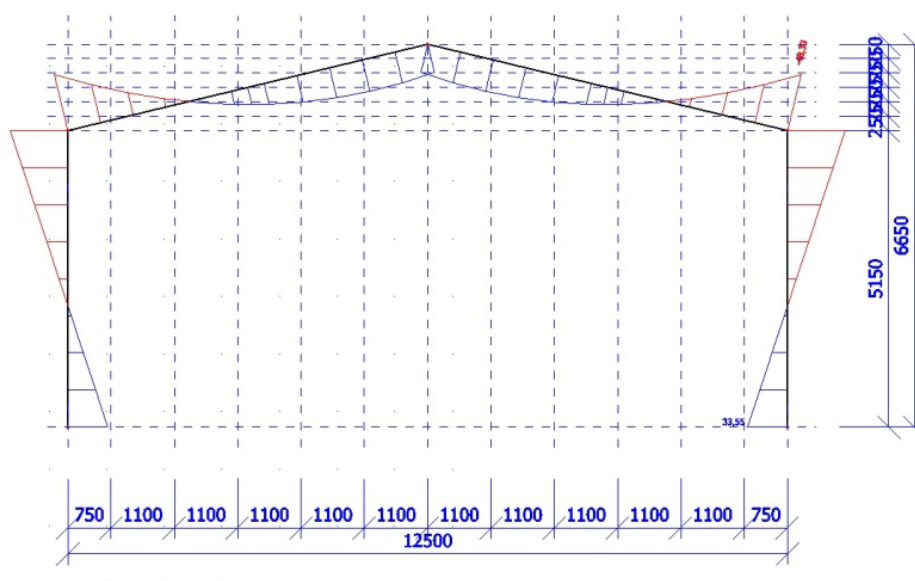




Obrázek 8 – DŘEVO rám tuhý - průběh normálové síly



Obrázek 9 – DŘEVO rám tuhý - průběh posouvací síly



Obrázek 10 – DŘEVO rám tuhý - průběh ohybového momentu

**Výhody tohoto řešení:**

- Rám zcela tlačný
- Zvýšení průjezdného profilu
- Využití lepeného dřeva
- Možnost kompletní realizace na místě stavby nebo využití částečné prefabrikace

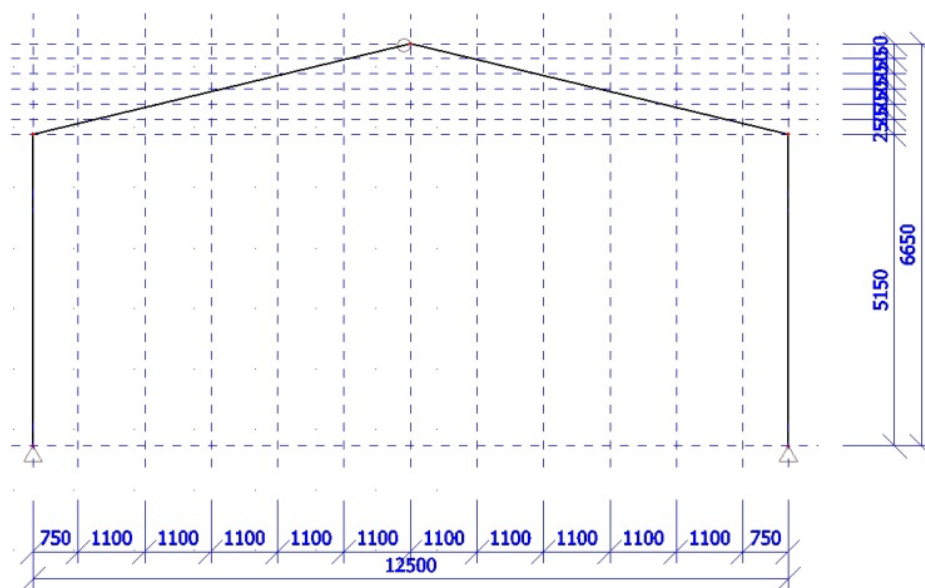
**Nevýhody tohoto řešení:**

- Při použití rostlého dřeva může nastat nepřekonatelné rozpětí
- Ohybový moment v patkách sloupů
- Složitost zajištění potřebného vetknutí v patkách sloupu
- Transportní rozměry ve smontovaném stavu
- Cena transportu

**Dřevěný rám trojkloubový**

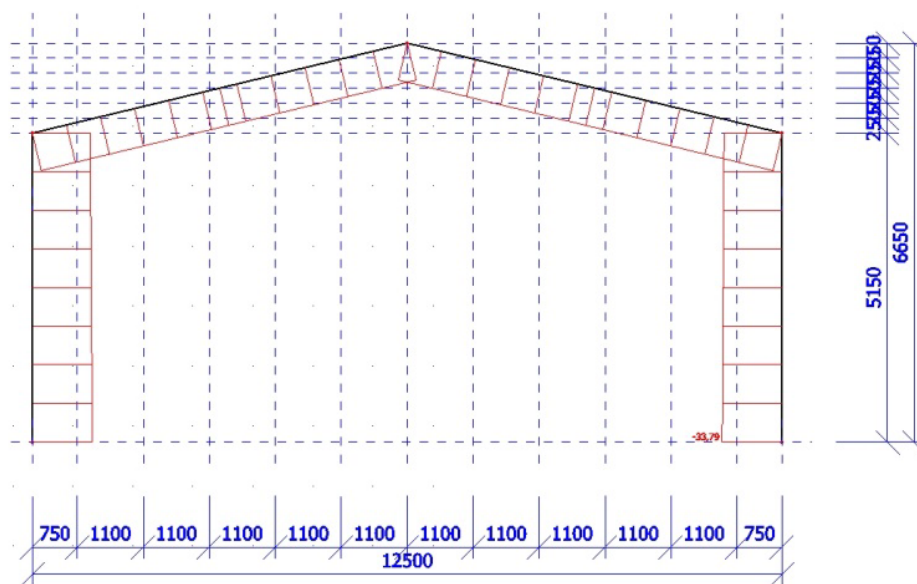
Oproti předchozí variantě tu dochází k nahrazení tuhého styčnicku ve vrcholu konstrukce kloubovým spojením a vetknutí sloupů do základové konstrukce je zde provedeno skrze kloubový mechanismus, který eliminuje ohybové momenty v patkách sloupů.



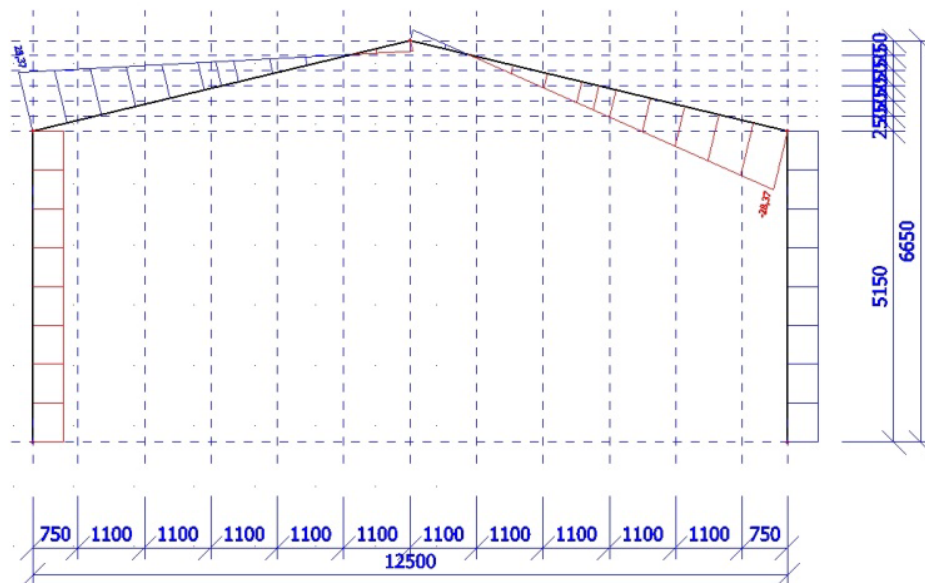


Obrázek 11 – DŘEVO rám trojkloubový - statické schéma

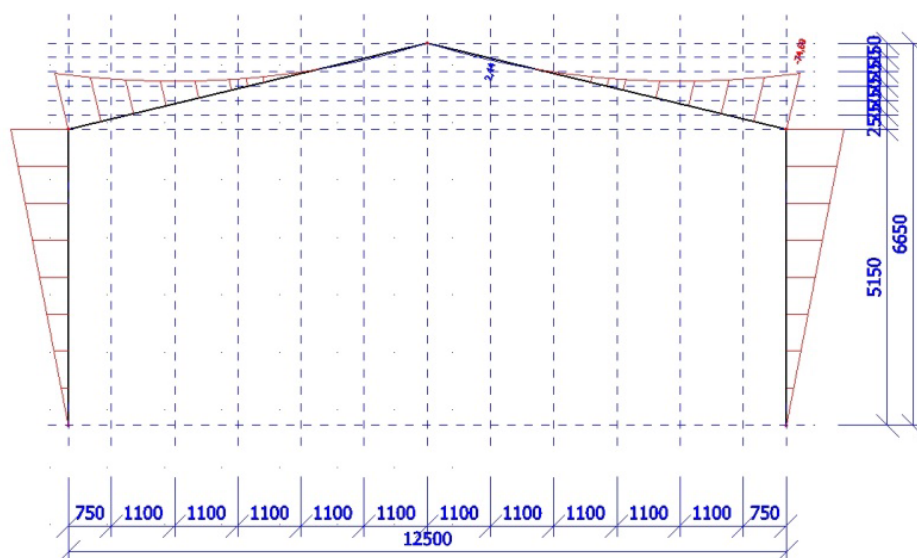
Při rychlém vypočtení průběhu vnitřních sil se jasně ukáže, že změny nastávají pouze právě v průběhu ohybového momentu. Normálové a posouvající síly se takřka nemění.



Obrázek 12 – DŘEVO rám trojkloubový – průběh normálové síly



Obrázek 13 – DŘEVO rám trojkloubový - průběh posouvací síly



Obrázek 14 – DŘEVO rám trojkloubový – průběh ohybového momentu

**Výhody tohoto řešení:**

- Rám zcela tlačný
- Zvýšení průjezdného profilu
- Využití lepeného dřeva
- Možnost kompletní realizace na místě stavby nebo využití částečné prefabrikace
- Možnost rozložení na menší kusy pro transport

**Nevýhody tohoto řešení:**

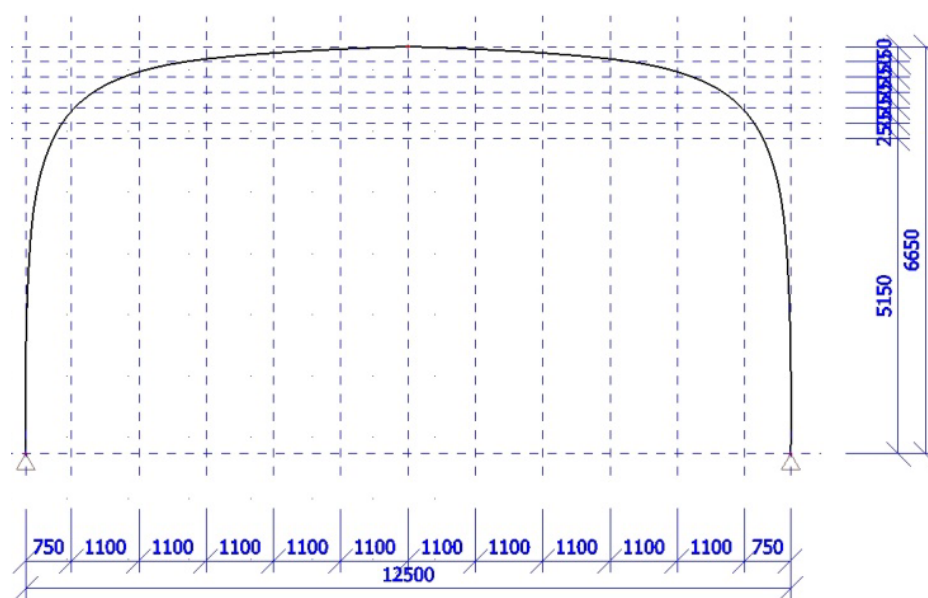
- Vyšší požadavky na kloubové připojení za požáru

**Dřevěný rám se zakřivenou střednicí, tuhý**

První zajímavou variantou při řešení průběhu vnitřních sil, ale i z pohledu architektonického se nabízí využití rámu se zakřivenou střednicí. U tohoto řešení získáme vyšší průjezdnou výšku v objektu, ale i tvar se bude vymykat oproti klasickým konvenčním tvarům konstrukce. U tohoto typu konstrukčního řešení lze využít výhod lepeného dřeva, využití možného návrhu vyšší výšky nosníku a využít estetiky samotného lepeného dřeva.

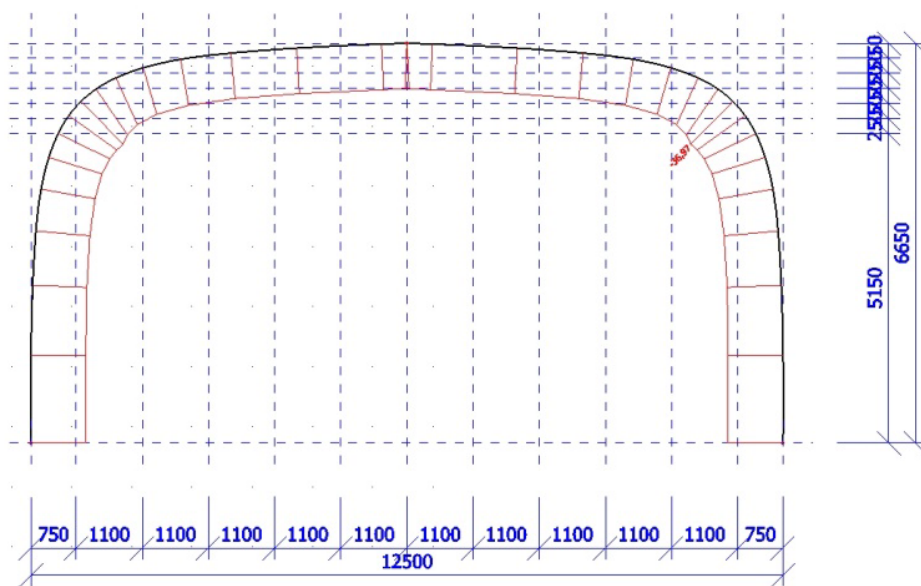
U tohoto řešení však neeliminujeme problémy s transportními rozměry a nutností zajištění dostatečného vetknutí v patkách sloupů, které by nám zajistili spolehlivý přenos ohybového omentu do základů.

Možnost jak zmenšit transportní rozměry je vložení montážního styku ve vrcholu konstrukce, ale tím opět vzniká problém s návrhem dostatečného vetknutí, které by zajistilo přenos ohybového momentu ve vrcholu konstrukce. Pokud bychom i přes to k tomuto řešení přistoupili, že navržený montážní styk by značným podílem zvětšil výšku průřezu, což by bylo nežádoucí.

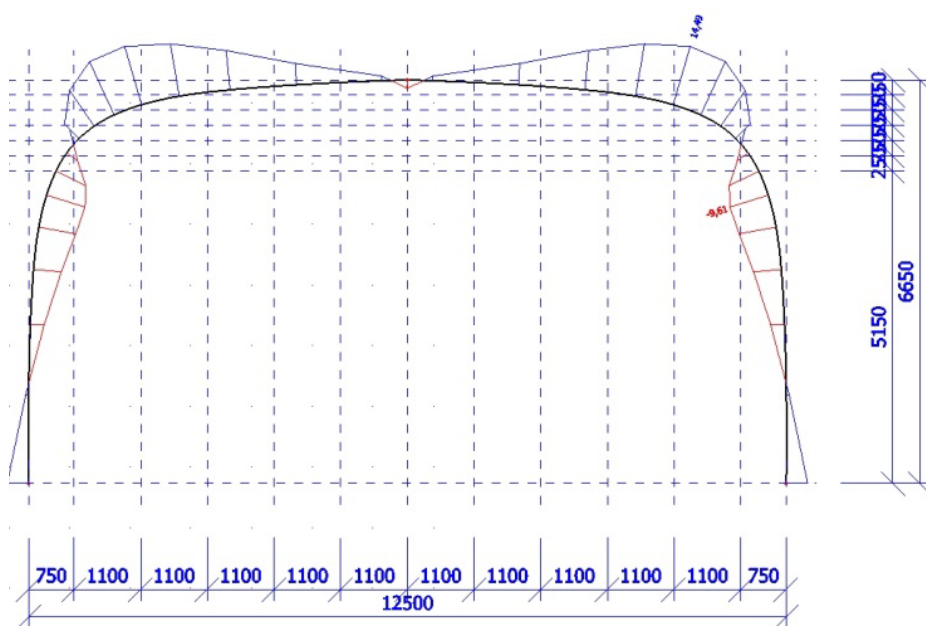


Obrázek 15 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí - statické schéma<sup>2</sup>

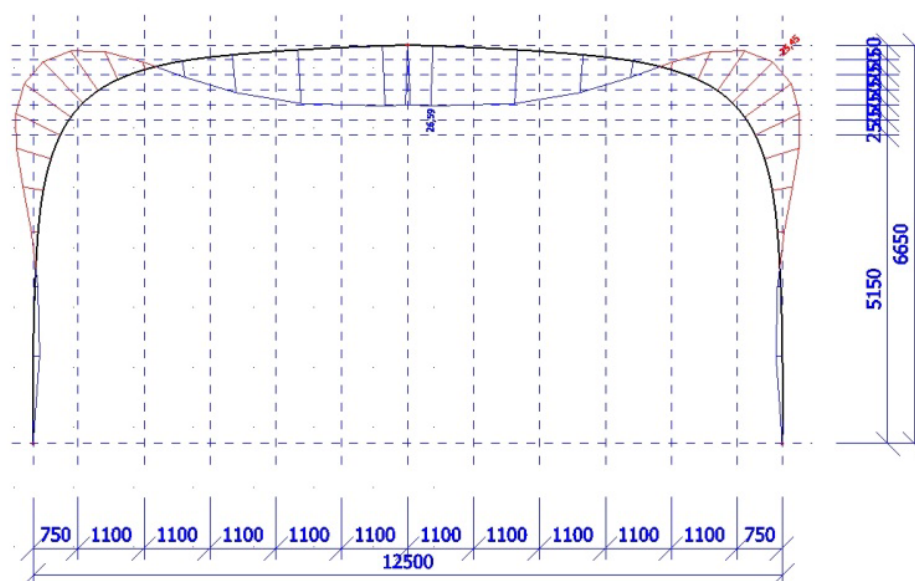
<sup>2</sup> Znáznorněný tvar konstrukce je pouze obecný. Pokud by toto konstrukční řešení bylo zvoleno, byl by tvar konstrukce navržen detailněji.



Obrázek 16 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí - průběh normálové síly



Obrázek 17 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí - průběh posouvací síly



Obrázek 18 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí - průběh ohybového momentu

**Výhody tohoto řešení:**

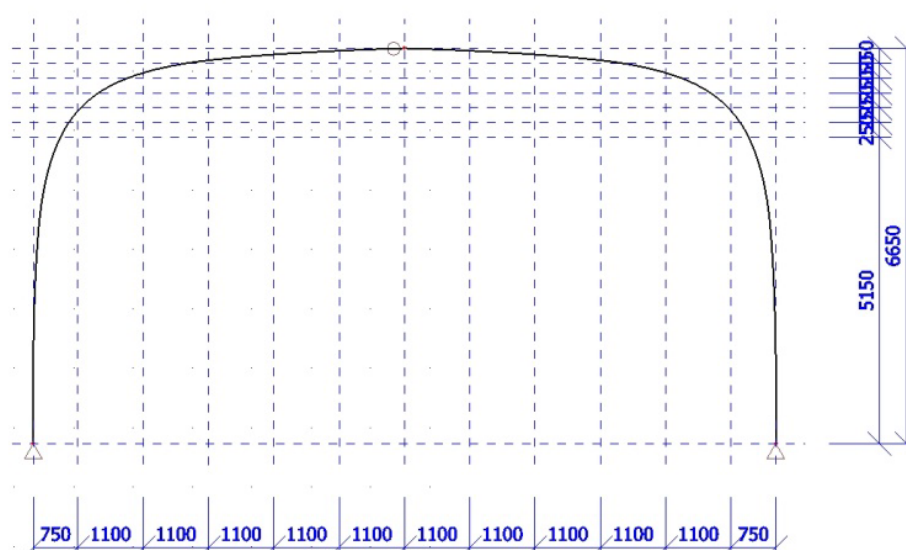
- Rám zcela tlačný
- Zvýšení průjezdného profilu
- Architektonicko-estetické ztvárnění
- Možnost kompletní realizace na místě stavby nebo využití částečné prefabrikace
- Využití výhod lepeného dřeva

**Nevýhody tohoto řešení:**

- Ohybový moment v patkách sloupů
- Nereálnost zajištění potřebného vetknutí v patkách sloupu
- Transportní rozměry
- Cena transportu
- Nezbytný tuhý montážní styk

**Dřevěný rám se zakřivenou střednicí, trojkloubový**

Tato varianta je nejvíce zajímavá ze všech výše zmíněných. Nejenže při návrhu dřevěného rámu se zakřivenou střednicí v trojkloubovém provedení je eliminován ohybový moment v patkách sloupů, ale je i vyřešen problém transportní velikosti vložení kloubového montážního styku do vrcholu rámu.



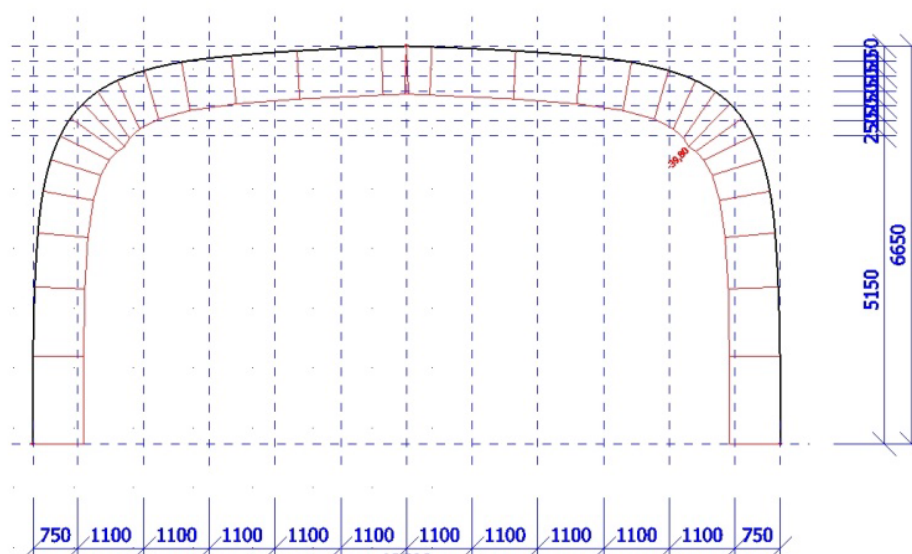
Obrázek 19 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí trojkloubový - statické schéma<sup>3</sup>

Dále se stále otvírá možnost využití průjezdného profilu celou halou, a tím otevření nových možností při využití haly nebo dokonce k možnému snížení výšky samotné haly, a tím zmenšení potřebného množství stavebního materiálu a konečné ceny za stavbu.

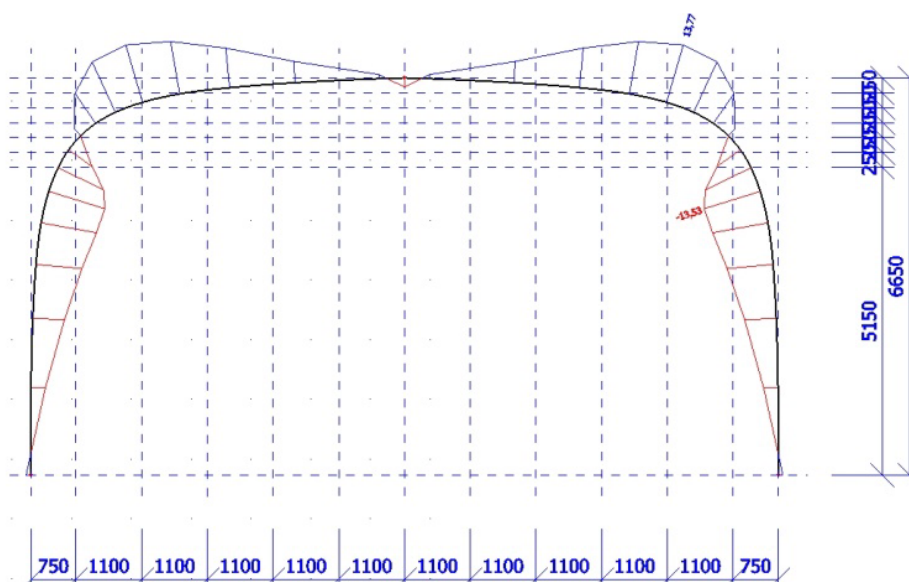
Velká variabilita se otvírá při řešení již zmiňovaného kloubového uložení ve vrcholu rámu. Nastávají dvě možnosti řešení vrcholového kloubu, buť bude uvažováno jako skrytý nebo příznaný kloub.

<sup>3</sup> Znáznorněný tvar konstrukce je pouze obecný. Pokud by toto konstrukční řešení bylo zvoleno, bude by tvar konstrukce navržen detailněji.

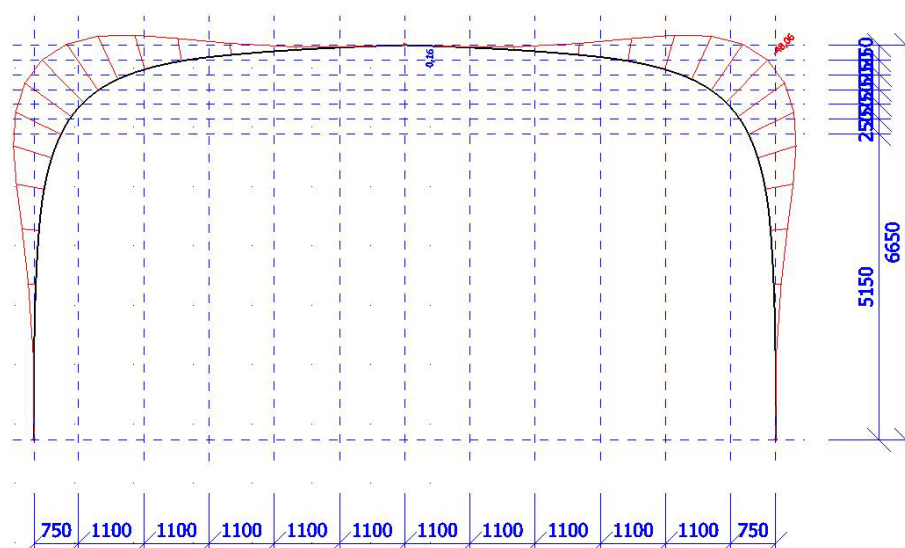




Obrázek 20 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí trojkloubový - průběh normálové síly



Obrázek 21 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí trojkloubový - průběh posouvací síly



Obrázek 22 – DŘEVO rám se zakřivenou střednicí trojkloubový - průběh ohybového momentu

**Výhody tohoto řešení:**

- Rám zcela tlačný
- Zvýšení průjezdného profilu
- Architektonicko-estetické ztvárnění
- Možnost při detailnějším návrhu snížení výšky stavby, a tím ušetřené materiálu
- Využití vlastností lepeného dřeva
- Kloubový spoj může být zároveň dekorací

**Nevýhody tohoto řešení:**

- Selhání kloubového spoje za požáru



## Závěrečné posouzení nových návrhů

Tabulka 1 – Porovnání jednotlivých kritérií

Posuzovaná vlastnost	ohybový moment v patkách	Transport	Architektonický vzhled	Cenové řešení	Variabilita v řešení detailů	Průjezdny profil	Efektivní využití lepeného dřeva	Možnost prefabrikace
Sloupy s příhradovinou	x	o	x	o	o	x	x	o
Rám tuhý	x	x	x	x	x	o	o	o
Rám trojkloubový	o	o	x	x	x	o	o	o
Rám se zakřivenou střednicí	x	x	o	x	x	o	o	o
Rám se zakřivenou střednicí trojkloubový	o	o	o	x	o	o	o	o

*Poznámka:*

x = negativum

o = pozitivum

Na základě Tabulky 1 jsem vybral jako vhodné nové řešení konstrukčního systému haly **dřevěný rám se zakřivenou střednicí v trojkloubovém provedení**. V dalších částech této bakalářské práce bude toto řešení rozpracováno a posouzeno v PBŘ.

## IX. Stanovení možných požárních scénářů, možné zdroje zapálení a teplotní analýza požárních úseků

V této části bakalářské práce je uvedeno porovnání jednotlivých možných přístupů v řešení požárních scénářů, výběr teplotní křivky pro stanovení průběhu teplot ve výrobní hale a následně detailnější teplotní analýza požárního úseku.

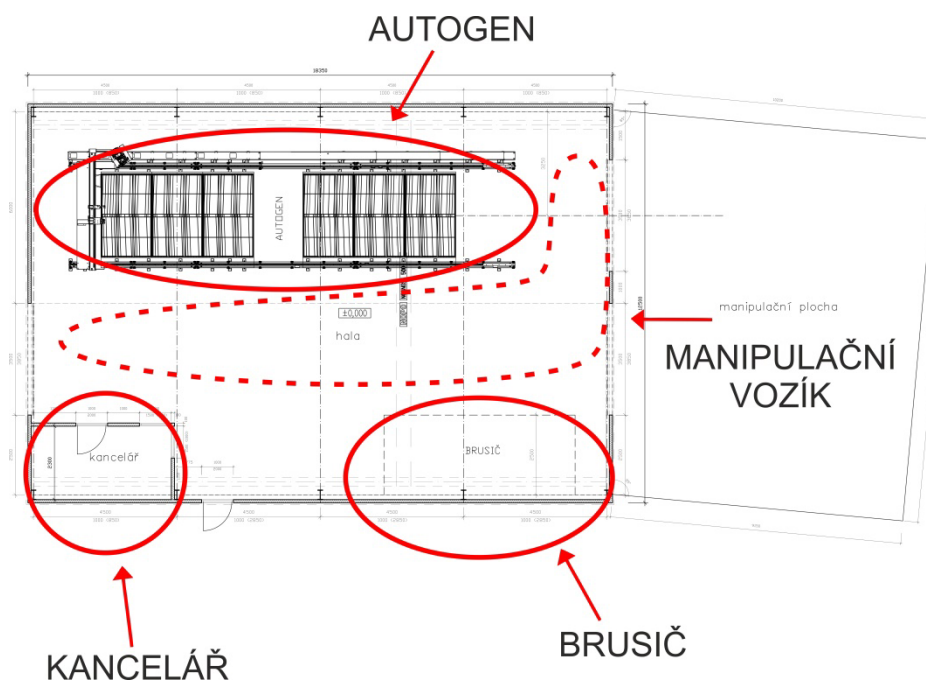
### Stanovení možných požárních scénářů

Ve výrobní hale se nachází 3 – 4 místa, ve kterých je pravděpodobnější vznik požáru, jeho rozvoj a případné rozšíření na celý objekt. Jsou zde podrobněji definovány možné příčiny požáru, možný průběh požáru a následně tyto scénáře porovnat a vybrat ten nejpravděpodobnější nebo ten s nejhoršími následky.

*Možná místa vzniku požáru:*

- Místnost kanceláře
- Lokálně uložené palety (pracoviště brusiče)

- Pracovní linka autogenu
- Prostor haly – vzplanutí vysokozdvížného vozíku

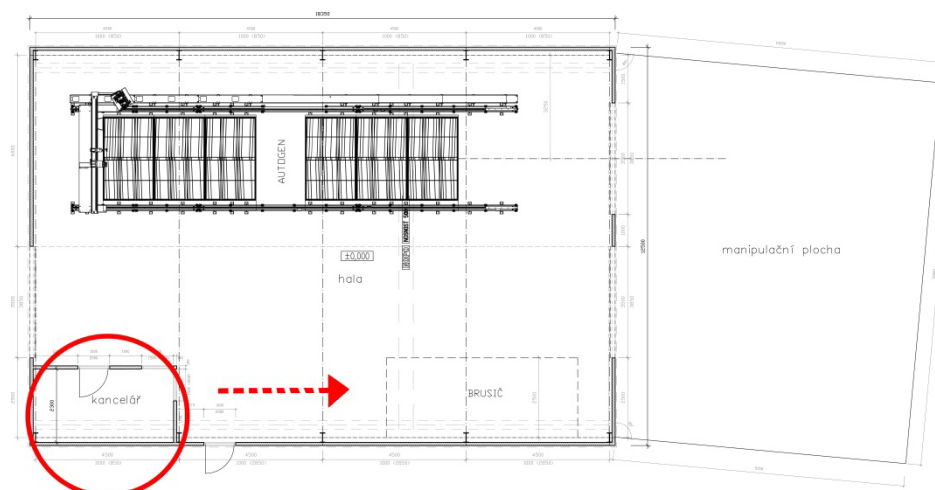


Obrázek 23 – Zákres míst pravděpodobného vzniku požáru

### **Požární scénář – Místnost kanceláře**

Při tomto požárním scénáři vzniká požár v místnosti kanceláře, kde dohází k zapálení výkresové dokumentace formou nepozornosti či nedbalosti. Z hlediska zákazu kouření, vylučují možnost inicializace požáru vlivem kouření, nedopalku či manipulace s otevřeným zdrojem plamene.

Detailnějším pohledem možného rozšíření požáru je uvažováno přenesení požáru pomocí prachu na pracoviště brusiče, kde by mohl být zapálen prach z ocelových okují a brousící emulze.



→ PRAVDĚPODOBNÝ SMĚR ŠÍŘENÍ POŽÁRU

Obrázek 24 - Rozšíření požáru z prostoru kanceláře

*Výskyt hořlavých materiálů:*

- Dřevo
- Papír

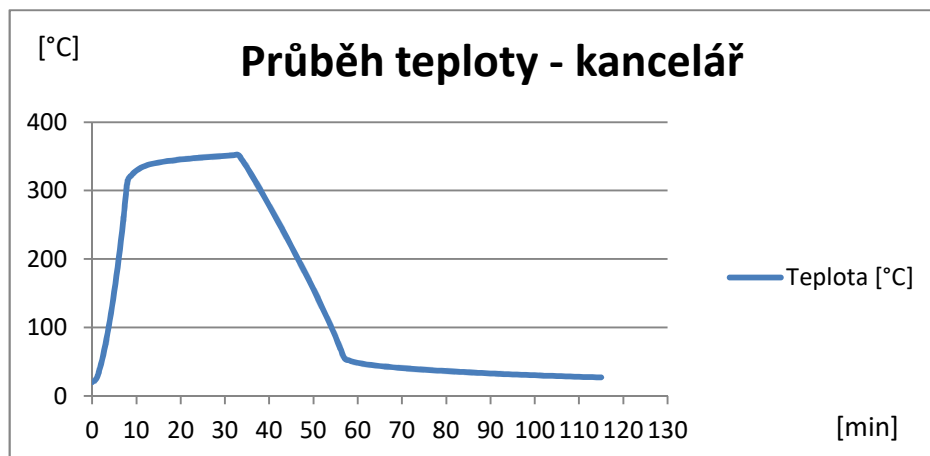
*Požárně technické charakteristiky (PTCH):*

Tabulka 2 – PTCH kanceláře

Název výrobku	vzplanutí	Teplota [°C] vznícení	žhnutí
<b>Papír grafický, bezdřevý</b>	<b>340</b>	<b>430</b>	<b>340</b>
<b>Dřevo smrkové</b>	<b>340</b>	<b>440</b>	-

Při výpočtu pomocí programu Ozone dostáváme průběh teplot v tomto požárním scénáři:

Rovnice 1 – Průběh teploty požáru – Kancelář



U požárního scénáře Místnosti kanceláře neuvažují rozšíření požáru mimo kancelář, a to z toho důvodu, že ohraničující konstrukce budou podobné skladby jako obvodový plášť výrobní haly ( $t_{REQ} = 15$  min, stěna obložená 1x SDK tl. 12,5 mm, ČSN EN 1995-1-2 [7]). Na příčce mezi kanceláři a výrobní nejsou kladené požadavky na požární odolnost, ale příčka bude systémovým řešením RIGISP<sup>4</sup> s požární odolností 60 minut.

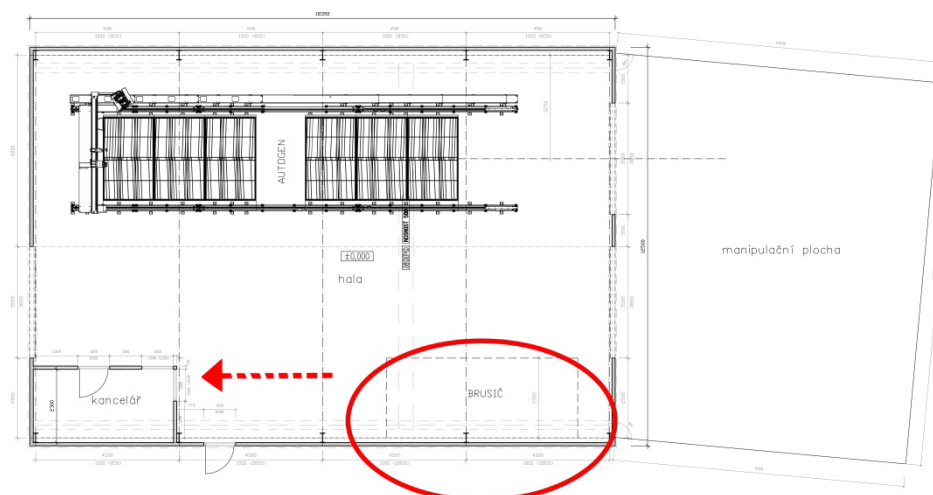
Tabulka 3 – Teploty v požadovaných časech - Místnost kanceláře

Teploty v požadovaných časech	
$\tau_e$ [min]	$t$ [°C]
21,2	347
30	351
60	48,3

### Požární scénář – lokálně uložené palety (pracoviště brusiče)

U tohoto požárního scénáře je předpokladem materiál, který bude potřeba pro výrobní linku autogenu nebo pro drobnou práci brusiče bude přiváženo na dřevěných paletách. Při předpokladu, že bude porušen pracovní řád na pracovišti a v prostoru budou uskladňovány již prázdné palety. Předpokládáno je uložení 18 palet (3x 3 kusy na sobě).

<sup>4</sup> RIGIPS 4.70.11a (viz dále)



→ PRAVDĚPODOBNÝ SMĚR ŠÍŘENÍ POŽÁRU

Obrázek 25 - Rozšíření požáru z prostoru pracoviště brusiče

#### Výskyt hořlavých materiálů:

- Prach v minimální vrstvě 1mm znečištěný olejem
- Kovové okuje, jemné částičky
- Dřevo smrkové

#### Požárně technické charakteristiky (PTCH):

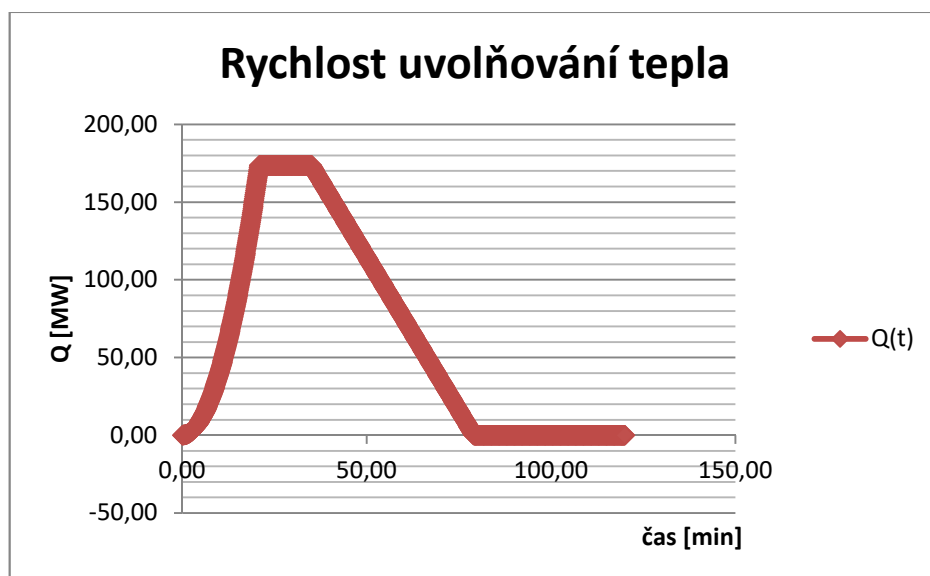
Tabulka 4 – PTCH pracoviště brusiče

Název výrobku	vzplanutí	Teplota [°C] vznícení	žhnutí
<b>T2 prach p. p. znečišt. min. olej</b>	-	-	<b>350 / 100%</b>
<b>Kovové kuličky</b>	<b>600</b>	-	-
<b>Dřevěné smrkové</b>	<b>340</b>	<b>440</b>	-

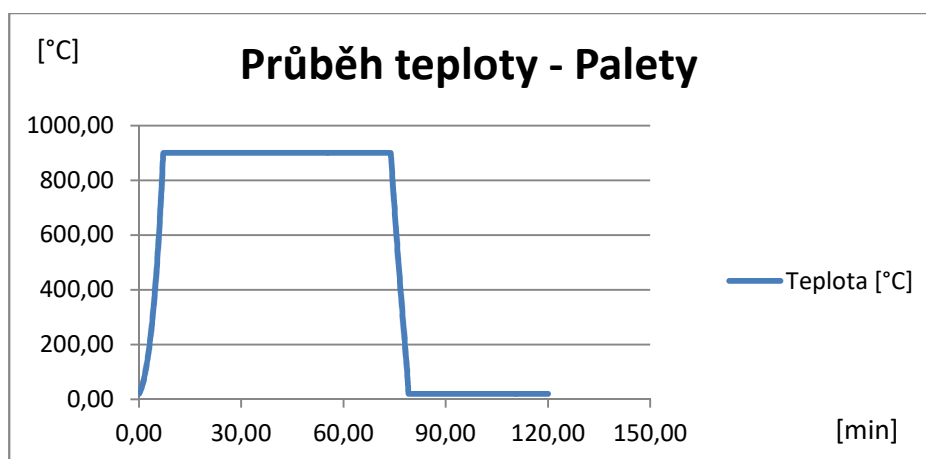
#### Výpočet průběhu teplot

Pro výpočet průběhu teplot je použito vypočítané  $RHR_f$  z dřevěných palet (množství viz výše). Následně pomocí postupu pro výpočet lokální požáru ČSN EN 1992-1-2[8] byly vypočteny následné rychlosti uvolňování tepla a průběh teploty v požárním úseku.

Rovnice 2 - RHR<sub>f</sub> - lokálně uložené dřevěné palety



Rovnice 3 – Průběh teploty požáru - Lokálně uložené palety



Tabulka 5 – Teploty v požadovaných časech - Lokálně uložené palety

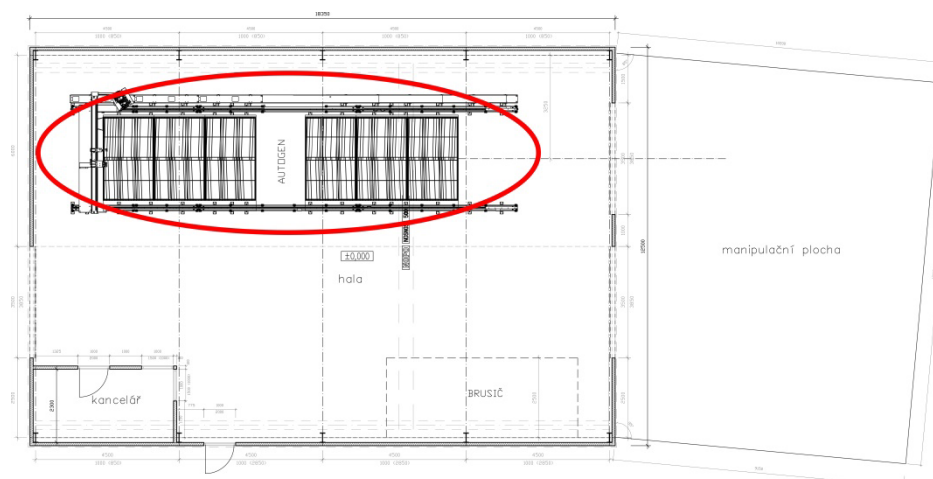
Teploty v požadovaných časech	
$\tau_e$ [min]	t [°C]
21,2	900
30	900
60	900

**Požární scénář – linka autogenu**

Pracovní linka autogenu řeže pomocí plamene, pro který jako palivo slouží zemní plyn. Pokud by došlo k nežádoucímu zahoření uvnitř výrobní linky, dochází k okamžitému přerušení dodávky zemního plynu do pracovní linky autogenu a nedochází k dalšímu transportu paliva. Zdroje přiváděného

kyslíku a zemního plynu se nenachází v objektu výrobní haly a jsou v bezpečné vzdálenosti od objektu, na potrubí budou protizášlehové pojistné ventily.

Nehrozí tedy, že by mohlo dojít k rozšíření požáru do ostatních částí výrobní haly.



Obrázek 26 - Rozšíření požáru z prostoru autogenu

#### **Výskyt hořlavých materiálů:**

V případě požáru se nevyskytují žádné hořlavé látky

#### **Požární scénář – manipulační vozík**

Poslední uvažovaný požární scénář je požár manipulačního vozíku, který bude zavážet ocelové pláty na dřevěných paletách do výrobní haly. Opět se jedná spíše o požární scénář málo pravděpodobný, protože manipulační vozík se bude v hale vyskytovat pouze v době převozu materiálu, kdy bude plně pod dozorem. Navíc manipulační vozík bude využíván pouze pro přepravu palet, nikoliv pro zvedání palet do výšky.

Jediné co může na takovémto vozíku hořet je akumulátor poháněný pomocný motorek manipulačního vozíku. Obě součástky jsou uloženy v ohnivzdorné skříni manipulačního vozíku, a proto nehrozí jeho vznícení.

### **Závěr z požárních scénářů**

Při porovnání jednotlivých požárních scénářů nelze jednoznačně určit, který z těchto požárních scénářů je nejpravděpodobnější. Proto při dalším provádění teplotních analýz budou porovnány všechny průběhy teplot s ostatními teplotními křivkami.

### **Teplotní analýza požárního úseku**

Při zkoumání teplotní analýzy požárního úseku je zaměřeno na jednotlivé možnosti při stanovení teploty uvnitř požárního úseku. Porovnám mezi sebou normovou teplotní křivku, parametrickou teplotní křivku, a jedno zónový model nebo model lokálního požáru (dvou zónový model se při výpočtu ukázal jako nevyhovující).

Objekt výrobní haly bude tvořit jeden požární úsek a nebude členěn. Dle přiloženého PBŘ bude ekvivalentní dobou trvání požáru  $\tau_e = 21,2$  min.

#### ***Zkoumané teplotní křivky:***

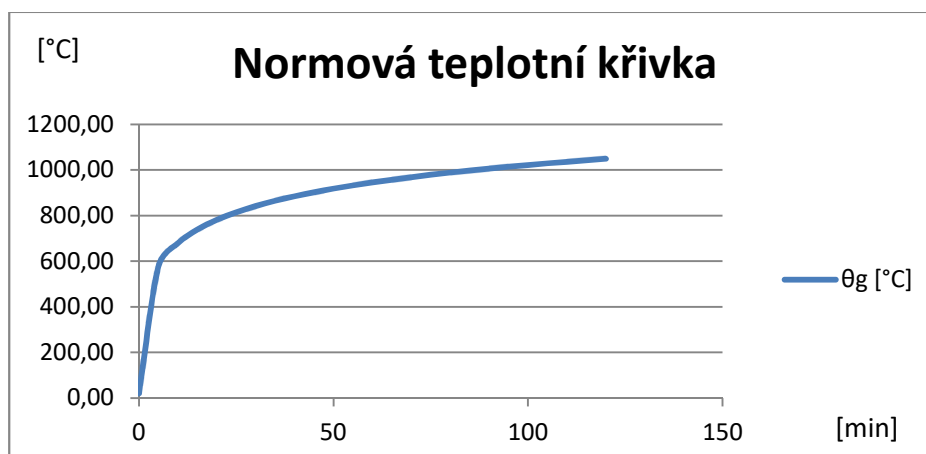
- Normová teplotní křivka
- Parametrická teplotní křivka
- Jedno-zónové modely
- Lokální požáry

#### **Normová teplotní křivka**

Mezi největší výhody normové teplotní křivky patří bezesporu její univerzálnost. Narážíme avšak na její základní nedostatek, a to že nepopisuje skutečný stav v daném požárním úseku, ale pouze předpokládá pravděpodobný průběh teploty za požáru v požárním úseku. Normová teplotní křivka nebere v úvahu množství hořlavé látky, velikost požárního úseku nebo faktory odvětrání.



Rovnice 4 – Graf Normové teplotní křivky



Pokud stanovíme průběh teplot v požárním úseku výrobní haly dle Normové teplotní křivky, dostaneme tyto hodnoty:

Tabulka 6 – Vybrané teploty v PÚ - Normová teplotní křivka

Teploty v požadovaných časech	
$\tau_e$ [min]	$t$ [°C]
21,2 min	790,03
30	841,79
60	945

### Parametrická teplotní křivka

Parametrická teplotní křivka patří do „skupiny“ křivek, které již zohledňují vliv hořlavých látek, velikost požárního úseku či velikost otvorů. Jejím velkou výhodou je, že zahrnuje i část chladnutí, která není brána v potaz u normové teplotní křivky.

Velkým problémem je omezení pro využití Parametrické teplotní křivky:

Tabulka 7 – Omezení Parametrické teplotní křivky

Omezení parametrické teplotní křivky		
Omezení	Skutečný stav	Posouzení
Podlahová plocha $A_f \leq 500 \text{ m}^2$	223,2 m <sup>2</sup>	vyhovuje
Výška požárního úseku $h \leq 4,0 \text{ m}$	5,15 m	nevyhovuje
Žádné otvory ve střešní konstrukci a ve stropní konstrukci	ANO	vyhovuje
Faktor otvorů O $0,02 \leq O \leq 0,20$	0,18	vyhovuje
Vlastnosti materiálů ohraničujících konstrukci b $100 \leq b \leq 2200$	SDK $\approx 474,34$	vyhovuje
Návrhová hodnota hustoty požárního zatížení vztážená k povrchu konstrukce	ANO	vyhovuje

Z této tabulky jasně vyplývá, že pokud by nedošlo ke snížení výšky výrobní haly pod 4,0 m, nelze tuto křivku využít (nesplňuje její vstupní parametry). Jelikož ve výrobní hale bude umístěn mostový jeřáb, který potřebuje minimální manipulační výšku, a tedy nelze snížit konstrukci, nelze tuto křivku při stanovení teplot uvažovat.

### Lokální modely

Jednotlivé průběhy teplot vyplývají z jednotlivých požárních scénářů. Detailní výpočty viz Příloha č. 2<sup>5</sup> této bakalářské práce.

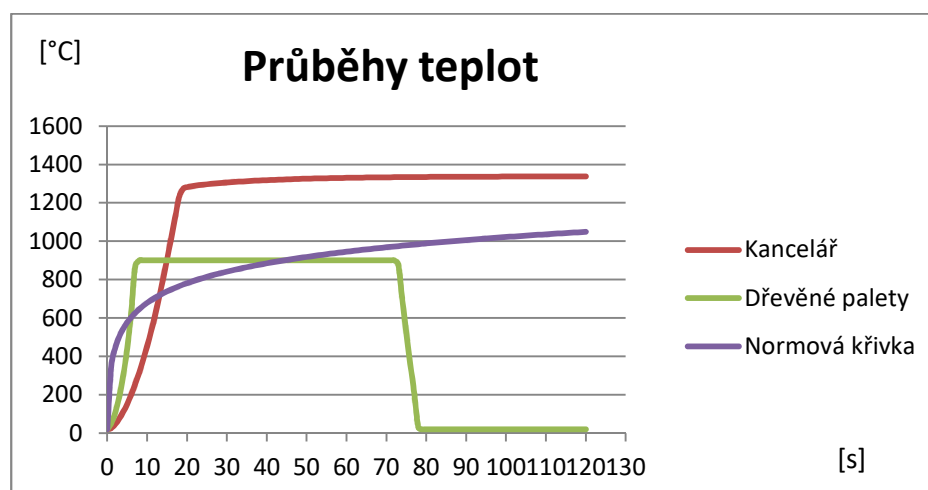
<sup>5</sup> Příloha č. 2 – Výpočet Zónových modelů a Lokálních požárů

### Porovnání teplotních křivek

Při porovnání jednotlivých teplotních křivek se jasně ukáží jejich vlastnosti, přednosti, ale také nevýhody jejich použití. Normová teplotní křivka jasně ukazuje její jednoduchost, kdy dosažením do vzorce pouze jediné hodnoty (ekvivalentní dobu trvání požáru nebo požární výpočtové zatížení) a snadno vypočtu teplotu v požárním úseku, což ale vůbec nerespektuje charakteristiku v požárním úseku.

Na druhé straně například Parametrická teplotní křivka nebo Zónové modely, které již uvažují charakteristiku požárního úseku, ale je složitější získat přesné vstupní parametry, které nelze většinou získat jinak než experimenty.

Rovnice 5 – Porovnání průběhů teplot v PÚ



### Závěr teplotní analýzy požárního úseku

Jelikož při porovnání rozdílů mezi průběhy teplot od požárního scénáře kanceláře a dřevěných palet dochází k velkému rozdílu maximálních teplot a rychlosti nárůstu bude v dalších výpočtech uvažován průběh teplot z požáru vzniklého od dřevěných palet.

## X. Návrh hlavních nosných konstrukcí za běžné teploty

Dalším předmětem této kapitoly je samotný návrh hlavních nosných prvků halové konstrukce. Jedná se především o návrh hlavních nosných prvků, tedy samotného rámu a vaznic, které ponesou sendvičové panely obvodové konstrukce.

**Návrh bude proveden pro:**

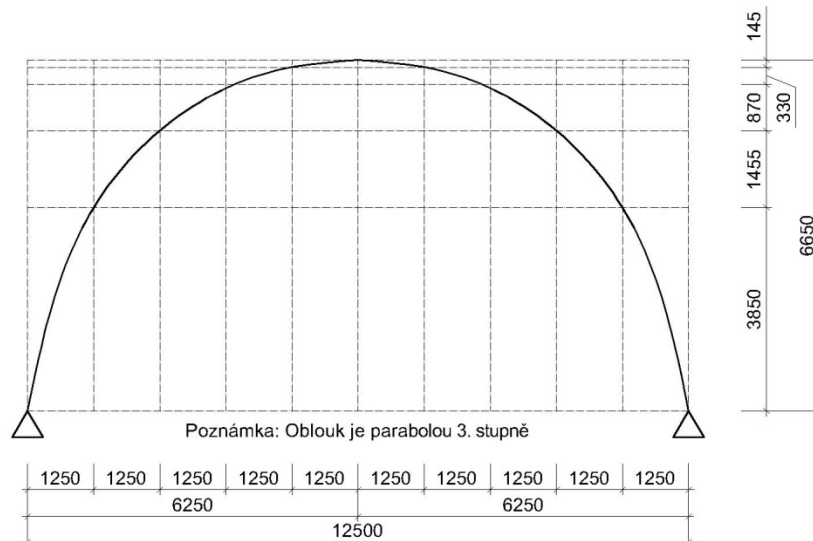
- Dřevěný rám konstrukce výrobní haly
- Střešní vaznice
- Ztužidlo

**Navržení skutečného tvaru výrobní haly**

Pro výpočet vnitřních sil byl navržen navrhl finální tvar výrobní haly. Především rámu z lepeného dřeva. V předchozích kapitolách jsem se zabýval obecnějším tvarem trojkloubového rámu. Nyní jsem již dodefinoval konkrétní tvar samotné konstrukce.

**Schéma dřevěného rámu**

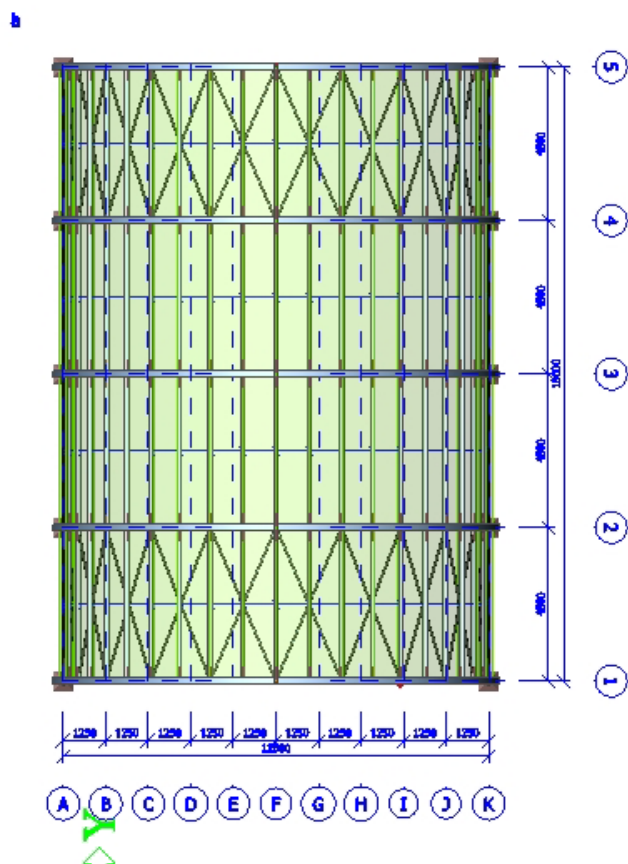
Pro samotný dřevěný rám byla zvolena parabola 3. stupně, který zajistí možnost snadnějšího převozu konstrukce na místo stavby, ale zároveň zajistí dostatečný prostor pro provoz mostového jeřábu.



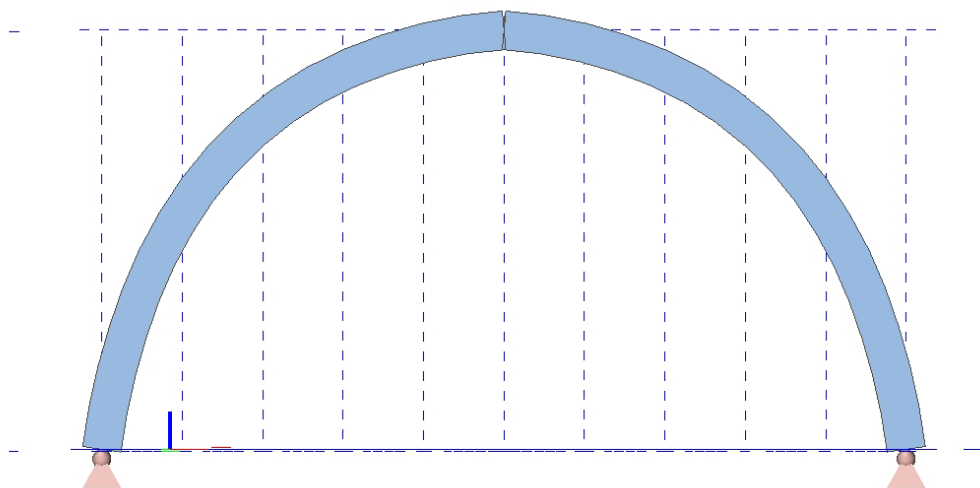
Obrázek 27 – Statické schéma dřevěného rámu

**Statický model – 3D**

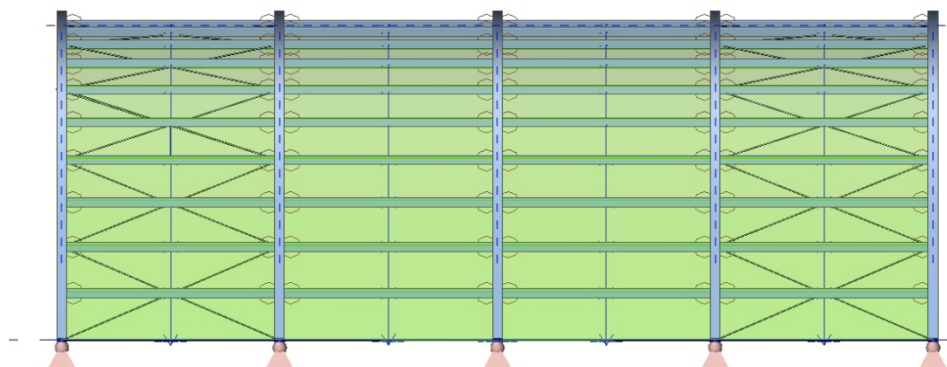
Pomocí výpočetního programu SCIA Engineer 16.0, ve kterém jsou provedeny statické výpočty sil působících na konstrukci, byl vymodelován 3D statický model celé konstrukce.



Obrázek 28 – Statický model - Půdorys

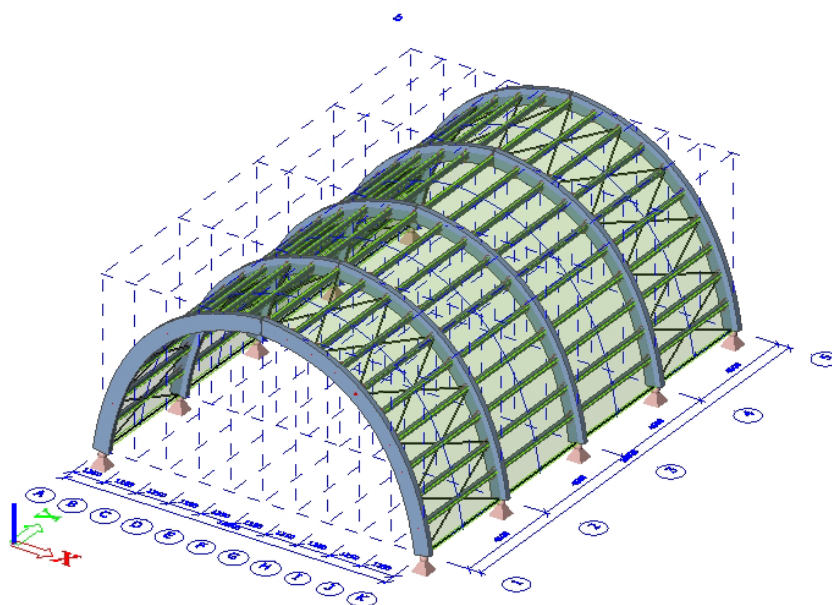


Obrázek 29 – Statický model - Nárys



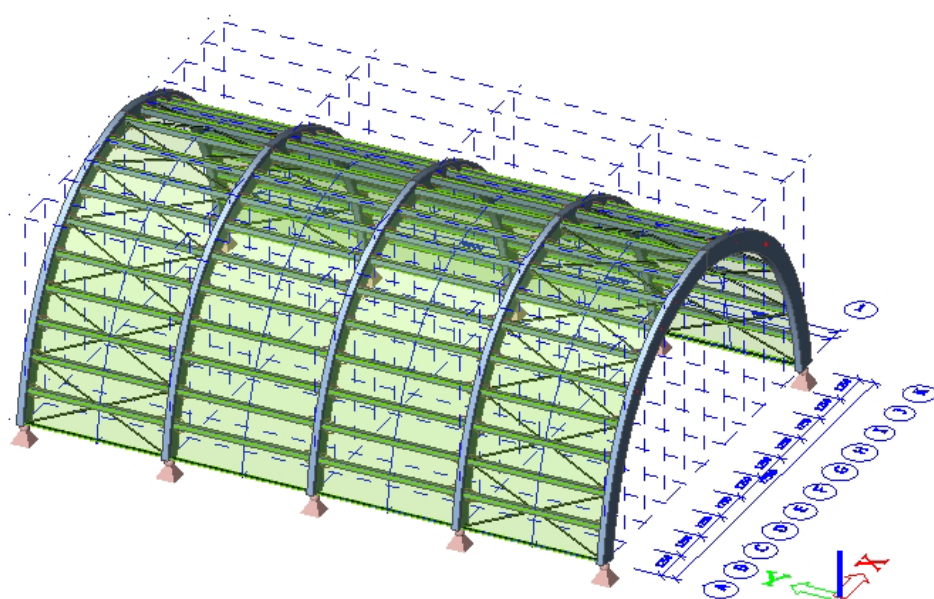
Obrázek 30 – Statický model - Bokorys

Ve statickém modelu jsou střešní vaznice umístěné ve stejné střednicové rovině jako dřevěný rám (pro snadnější a přesnější výpočet. Ve skutečnosti budou střešní vaznice umístěné na dřevěných rámech. Ve výpočtovém modelu bude použito „zatěžovacích ploch“<sup>6</sup> primárně střešní vaznice, které následně budou přenášet své zatížení do dřevěných ráků.

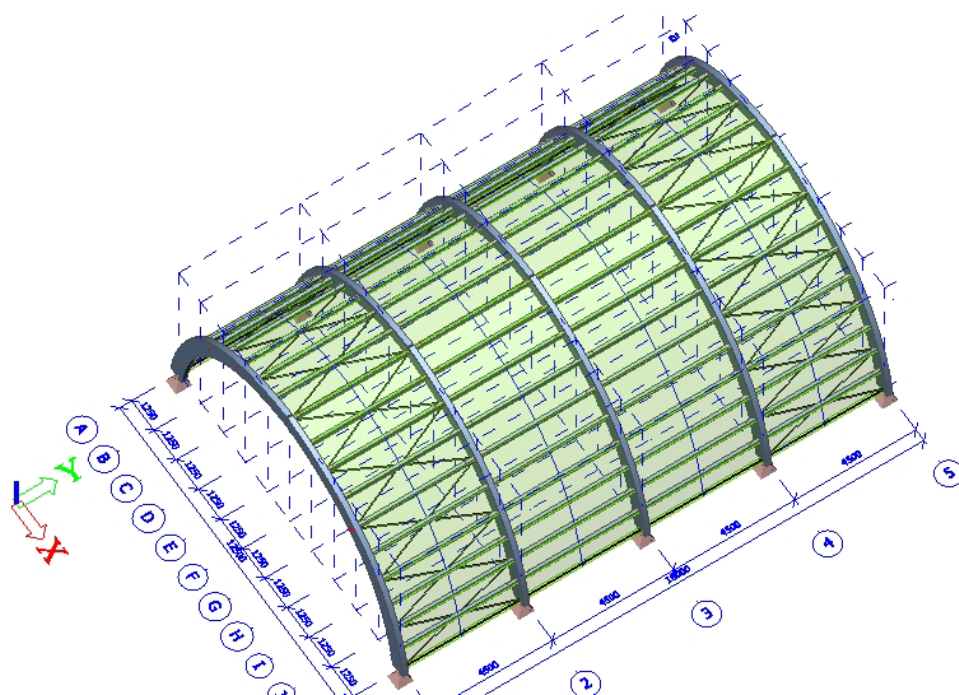


Obrázek 31 – Statický model - 3D – 1

<sup>6</sup> Zelené plochy mezi jednotlivými dřevěnými prvky znázorňují zatěžovací panely

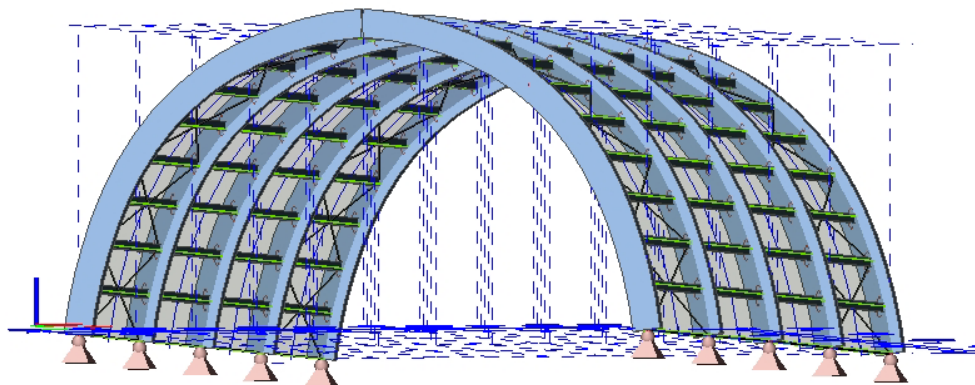


Obrázek 32 – Statický model - 3D - 2



Obrázek 33 – Statický model - 3D - 3





Obrázek 34 – Statický model - 3D - 4

## Výpočet zatížení a vnitřních sil působících v konstrukci

### Zatěžovací stavy

Pro samotný výpočet vnitřních sil jsou definovány tyto zatěžovací stavy:

Tabulka 8 – Zatěžovací stavy

Název	Zatěžovací stavy Charakteristická hodnota	Součinitel spolehlivosti
Vlastní tíha	Výpočet pomocí programu	1,35
Stálé	0,26 <sup>7</sup>	1,35
Užitné	0,40 <sup>8</sup>	1,50
Sníh - nenavátý	0,984	1,50
Sníh - navátý	1,12 / 0,56	1,50
Sníh – národní příloha	1,12	1,50
Vítr - východní	± 0,104	1,50
Vítr - západní	± 0,104	1,50

<sup>7</sup> Tíha střešního/obvodového pláště

<sup>8</sup> [4] ČSN EN 1991-1-1 (Eurokód 1): Zatížení konstrukcí – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha : ČNI, 200

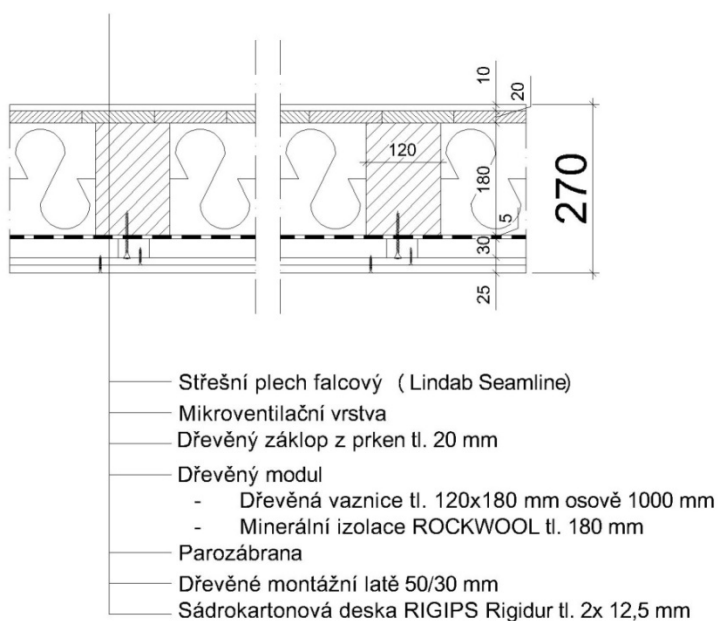


**Zatížení stálé:**

Stálé zatížení konstrukce výrobní haly vyvolává střešní/obvodový plášť, který je po celém povrchu konstrukce. V případě okenní výplně se předpokládá shodná plošná hmotnost jako u střešního/obvodového pláště.

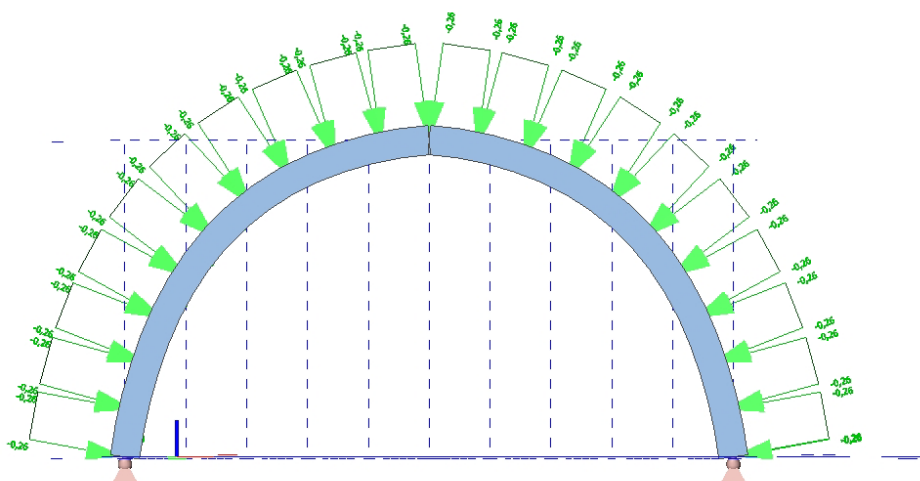
**Skladba střešního/obvodového pláště:**

- RIGIPS 4.70.11a<sup>9</sup>
  - Požární odolnost = REI 30 – REI 60
  - Hmotnost konstrukce = 14-26 kg/m<sup>2</sup>



Obrázek 35 – Skladba střešního pláště RIGIPS 4.7.11a

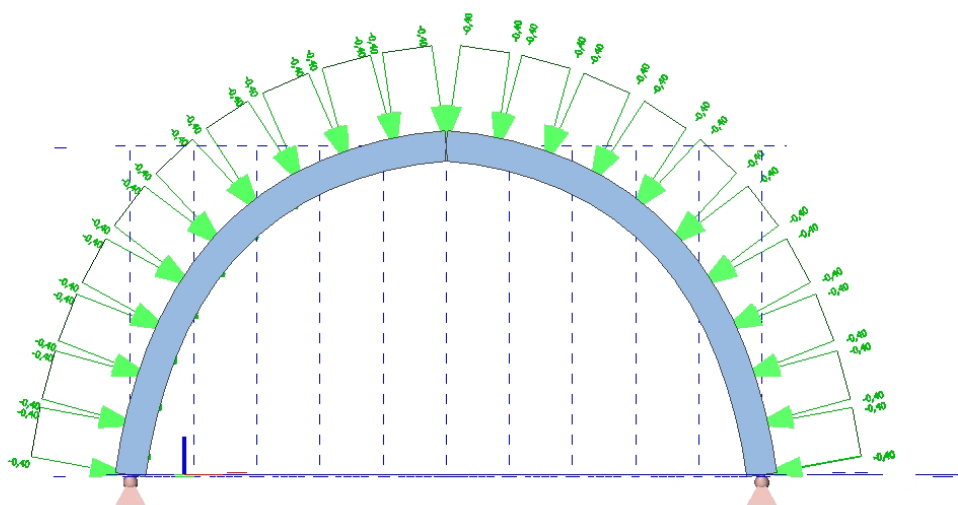
<sup>9</sup> Technický list výrobce viz Příloha č.4



Obrázek 36 – Schéma zatížení - stálé

### Zatížení užité:

Dle ČSN EN 1991-1-1 [4] se jako užité zatížení takovéto konstrukce má uvažovat  $0,4 \text{ kN/m}^2$ . Právě toto zatížení má specifikovat provozní zatížení, které se může vyskytnout při opravách nebo údržbě střešního pláště konstrukce.



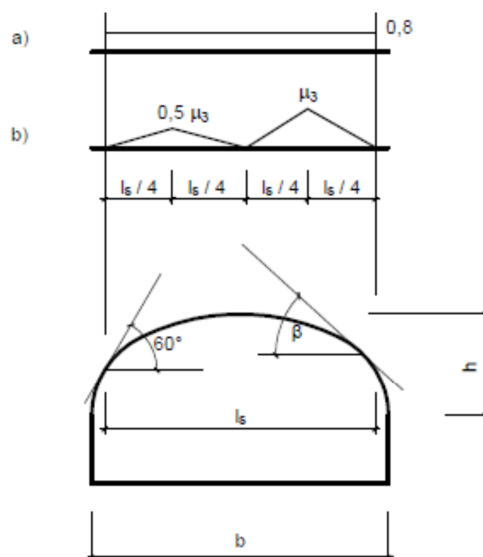
Obrázek 37 – Schéma zatížení - užité

### Výpočet zatížení sněhem:

- $s = \mu_3 C_e C_t s_k = 2,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,56 = 1,12 \text{ kN/m}^2$ 
  - $\mu_3 = 2,0$
  - $C_e = 1,0$
  - $C_t = 1,0$
  - $s_k = 0,56$

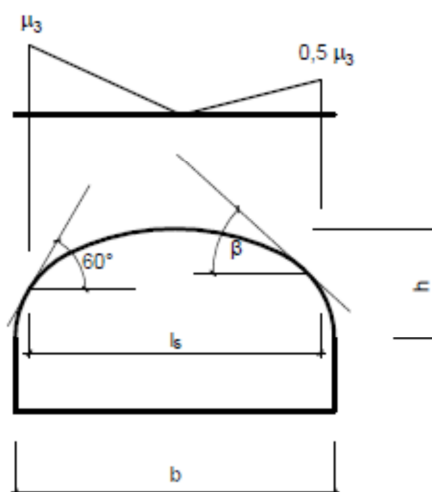
Styly zatížení konstrukce výrobní haly jsou voleny dle Eurokódu 1 [5], a to ve dvou následujících formách. Dále je ctěna zásada, že na střeše se sklonem vyšším než  $60^\circ$  se nedokáže sníh udržet, a tedy není uvažován.

- a) zatížení nenavátým sněhem pro válcové střechy
- b) zatížení navátým sněhem pro válcové střechy

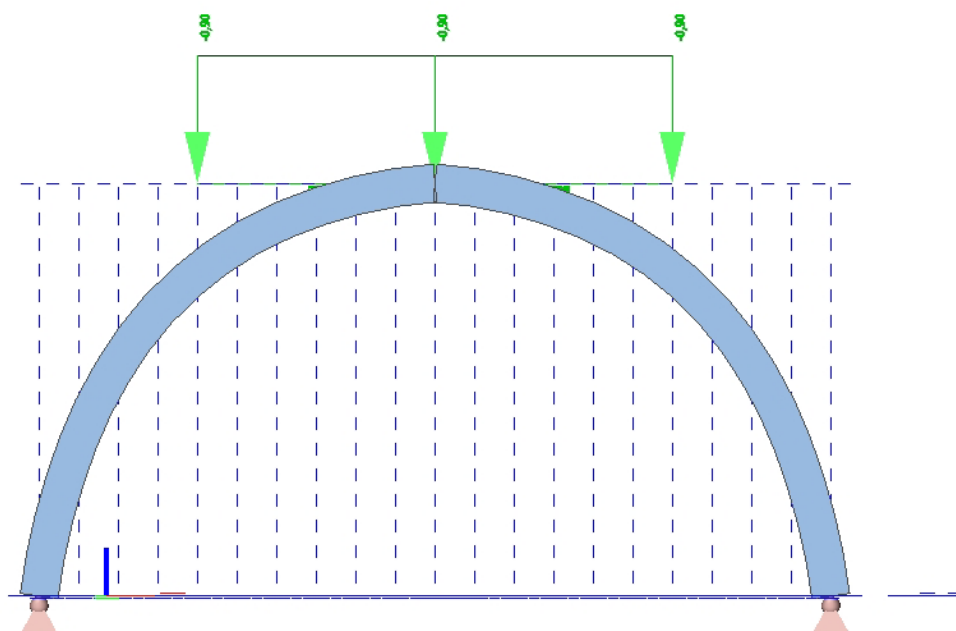


Obrázek 38 – Schéma zatížení sněhem<sup>10</sup>

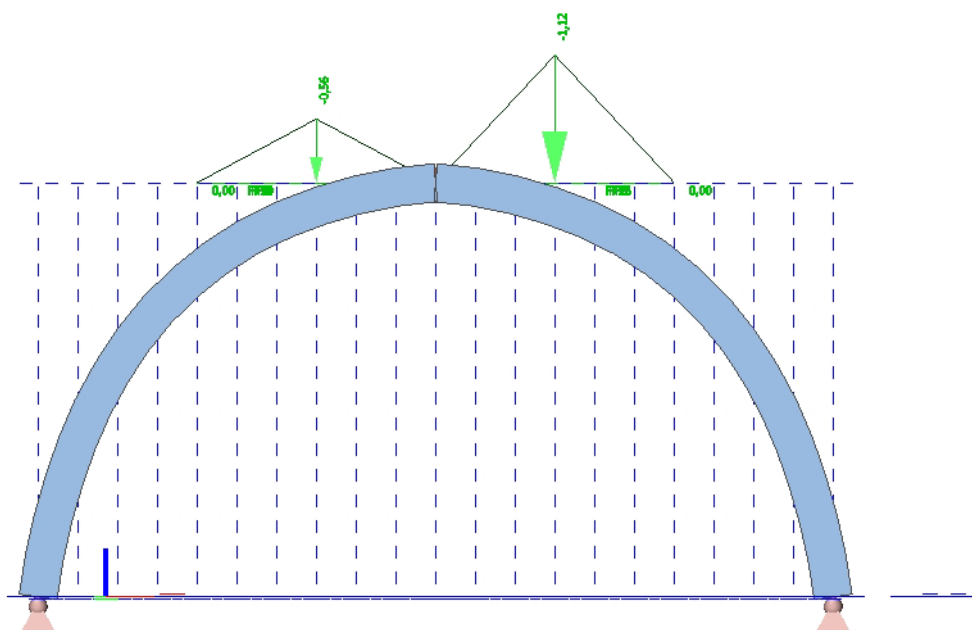
- c) Zatížení sněhem dle Národní přílohy



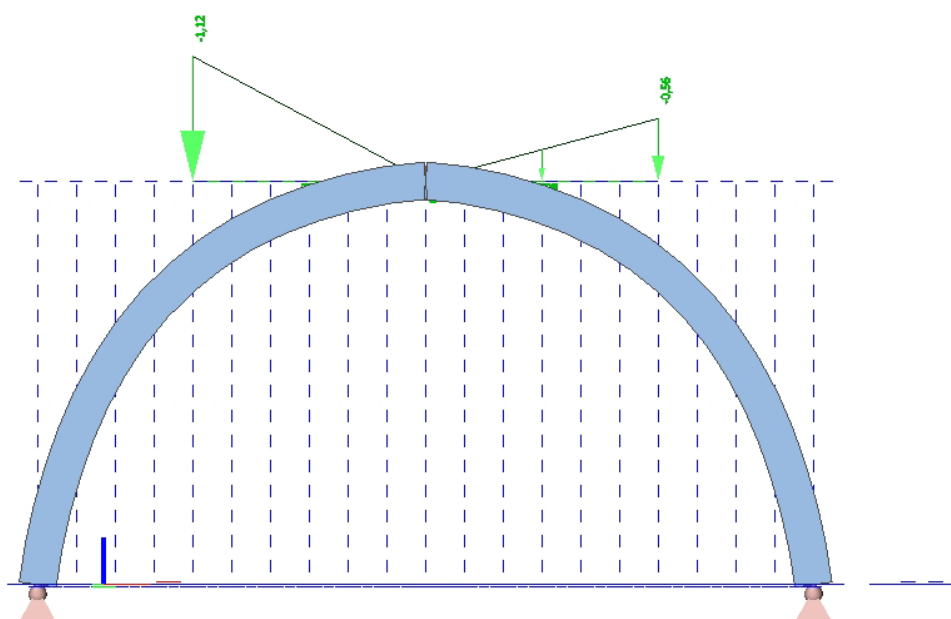
<sup>10</sup> [5] ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Zatížení sněhem



Obrázek 39 – Schéma zatížení - sníh nenavátý



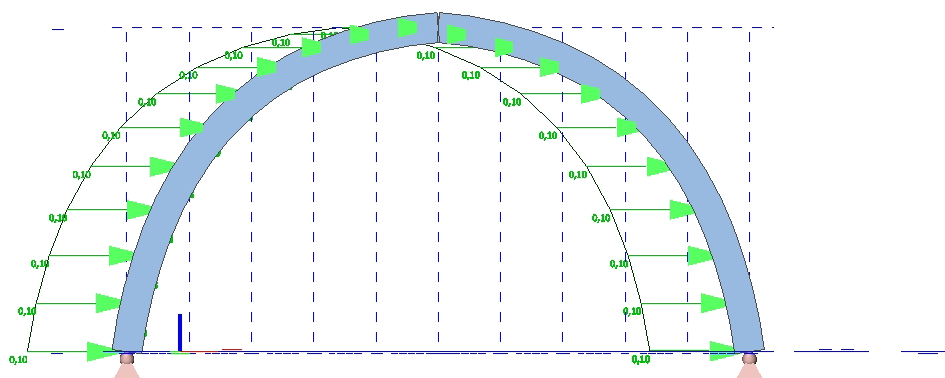
Obrázek 40 – Schéma zatížení - sníh navátý



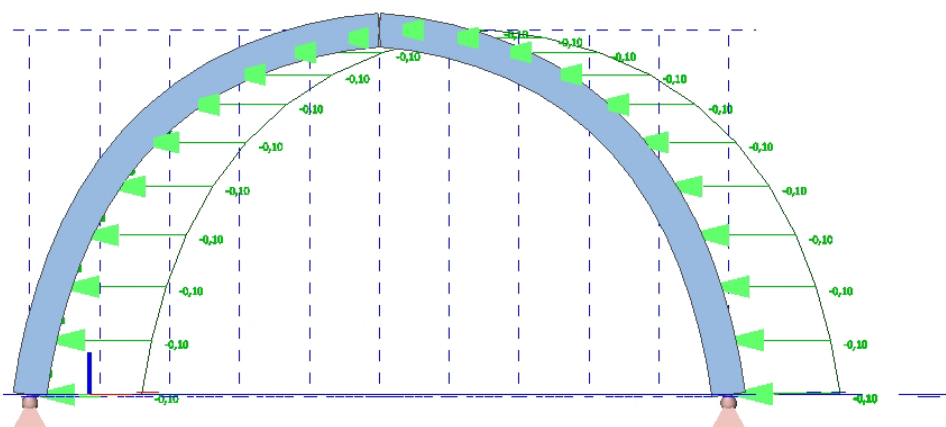
Obrázek 41 – Schéma zatížení - sníh dle Národní přílohy

**Výpočet zatížení větrem:**

- $v_{b,0} = 30,0 \text{ m/s}$ 
  - Oblast IV
- $v_b = c_{dir}c_{season}v_{b,0} = 1,0 \times 1,0 \times 30,0 = 30,0 \text{ m/s}$ 
  - $c_{dir} = 1,0$
  - $c_{season} = 1,0$
- $q_b = 0,5\rho v_b^2 = 0,5 \times 1,25 \times 30,0 \times 6,65 = 124,69 \text{ Pa}$ 
  - $= 1,25 \text{ kg/m}^3$
  - $z = 6,65 \text{ m}$
- $q_p = c_e(z)q_b = 1,2 \times 124,69 = 149,63 \text{ Pa}$ 
  - $c_e(z) = 1,2$
- $w_{e,tlak} = q_p c_{pe,1} = 149,63 \times (-0,7) = -104,74 \text{ N/m}^2 \approx -0,104 \text{ kN/m}^2$ 
  - $c_{pe,1,tlak} = -0,7$
- $w_{e,tah} = q_p c_{pe,1} = 149,63 \times 0,7 = 104,74 \text{ N/m}^2 \approx 0,104 \text{ kN/m}^2$ 
  - $c_{pe,1,tah} = 0,7$



Obrázek 42 – Schéma zatížení - vítr východní



Obrázek 43 – Schéma zatížení - vítr západní

**Kombinace zatěžovacích stavů:**

Tabulka 9 – Kombinace zatížení

Kombinace zatěžovacích stavů		
Název	Zatěžovací stav	Kombinační součinitel
BASE (bez sněhu a větru)	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	-
BASE a sníh nenavátý	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Sníh nenavátý	-
BASE a sníh navátý	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Sníh navátý	-
BASE a sníh národní příloha	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Sníh národní příloha	-
BASE a vítr západní	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr západní	-
BASE a vítr východní	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr východní	-
TOTAL – Vítr východní, Sníh nenavátý	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr východní	0,6
TOTAL – Vítr západní, Sníh nenavátý	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr západní	0,6
TOTAL – Vítr východní, Sníh navátý	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr východní	0,6
TOTAL – Vítr západní,	Sníh navátý	-
	Vlastní tíha	-

Sníh navátý	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr západní	0,6
	Sníh navátý	-
TOTAL – Vítr východní, Sníh národní příloha	Vlastní tíha	-
	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr západní	0,6
TOTAL – Vítr západní, Sníh národní příloha	Stálé	-
	Užitné	0,0
	Vítr západní	0,6
	Sníh národní příloha	-

#### Výsledné maximální zatížení:

Detailní report ze statického programu SCIA najdete v Příloze č. 4<sup>11</sup> této bakalářské práce.

#### Návrh hlavních konstrukčních prvků

Původním návrhem bylo navržení dřevěného rámu z lepeného dřeva GL24h rozměrech 200 × 600 mm. Při výpočtu se však ukázalo, že by tento prvek byl vysoce naddimenzován a proto následně došlo k úpravě na rozměry 160 × 480 mm. Navrhovaná vaznice byla již od začátku uvažována o rozměrech 120 × 180 mm, a to kvůli použití systémového řešení RIGIPS a dodržení kritéria součinitele tepelného toku.

#### Navrhované konstrukční rozměry:

Tabulka 10 – Základní rozměry profilů nosných prvků

Nosný prvek	Materiál	Šířka [mm]	Výška [mm]
Dřevěný rám	Lepené dřevo GL24h	160	480
Vaznice	Rostlé dřevo C24	120	180
Ztužidlo	Ocel S420	Ø22	

Ze statického hlediska by bylo možné využít vaznice o menších rozměrech, ale nebylo by dodrženo kritérium součinitele tepelného toku.

Ztužidla jsou navržena jako ocelová táhla kotvená do dřevěných rámu a budou jasně viditelná (nebudou skryta pod podhledem).

<sup>11</sup> Příloha č. 4 – SCIA report



### Posouzení hlavních nosných prvků

Prvním problémem u posouzení dřevěného rámu se zakřivenou střednicí v ČSN EN 1995-1-1 [5] je jasně definovaný postup výpočtu, který byl použit. Detailní výpočty jsou uvedeny v Příloze č. 6<sup>12</sup>.

Pro jasné posouzení uvádím výsledné hodnoty a jejich kritéria:

Tabulka 11 – Posouzení prvků za běžné teploty

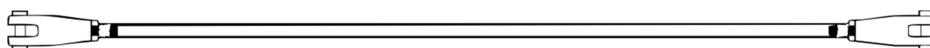
Nosný prvek	Požadavek	Vypočtená	Maximální	Posouzení
Dřevěný rám	$\sigma_{m,d} \leq k_r f_{m,d}$	5,02 MPa	17,28 MPa	vyhovuje
	$\sigma_{t,90,d} < k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}$	0,12 MPa	0,25 MPa	vyhovuje
Vaznice	$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$	1,08 MPa	16,62 MPa	vyhovuje

U nerezového ztužidla bylo provedeno jednoduché posouzení s hodnotami od výrobce:

Tabulka 12 – Posouzení ztužidla za běžné teploty

Nosný prvek	Požadavek	Vypočtená	Maximální	Posouzení
Ztužidlo	$N_{ed} \leq N_{Rd}$	4,58 kN	164,00 kN	vyhovuje

Jako ztužidlo bude využito Tyčové ztužidlo od výrobce Macalloy  $\Phi 22$  mm s koncovkou táhla FB25.

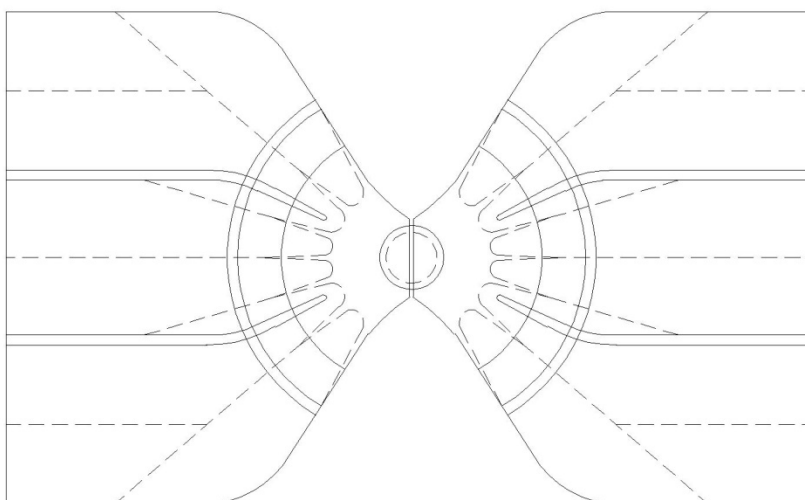


Obrázek 44 – Schématické zobrazení tyčového ztužidla Macalloy

Kloubový spoj a patka sloupu budou navrženy detailně výrobcem tak, aby přenesly působení vnitřních sil. V případě realizace této výrobní haly bude zaslán požadavek pro detailní návrh vrcholového kloubu. Stejně to platí i u patky, který by byl navržen do detailu v případě realizace<sup>13</sup>.

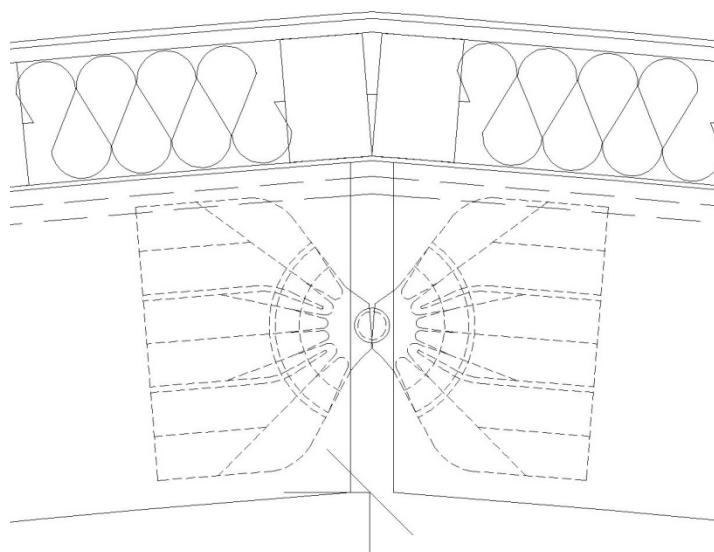
<sup>12</sup> Příloha č. 5 – Návrh hlavních konstrukčních prvků

<sup>13</sup> V této bakalářské práci se budu zabývat požární odolností těchto prvků



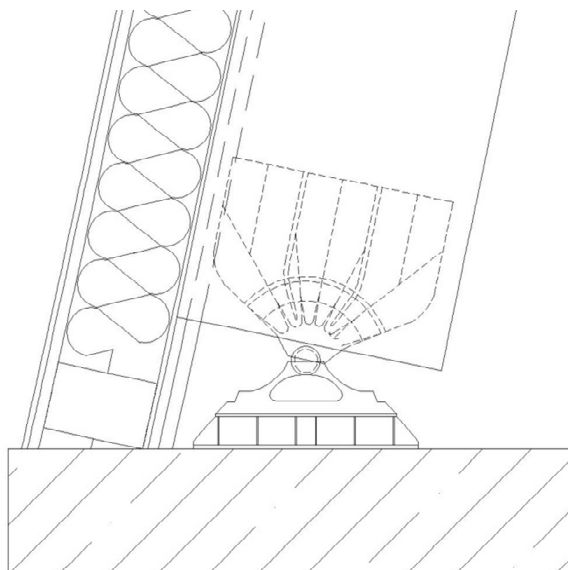
Obrázek 45 – Schéma návrhu vrcholového kloubu

Kloub bude zapuštěn do zářezu dřevěného lepeného rámu tak, aby byl co nejvíce skryt a chráněn dřevem. Jako dekorativní prvek bude přiznán pouze ocelový kloub, který bude vidět pohledem zezdola nahoru.



Obrázek 46 – Schéma zapuštění vrcholového kloubu

U patky bude postup obdobný jako u vrcholového kloubu. Část kloubu bude zapuštěna do dřevěného nosníku.



Obrázek 47 – Schéma zapuštění kloubu v patce rámu

## XI. Posouzení konstrukcí za účinků požáru, návrh protipožárních řešení zlepšujících požární odolnost konstrukce

### Posouzení konstrukcí za účinků požáru

První odlišností oproti posouzení prvků za běžné teploty je, že již nebude posouzena vaznice samostatně, ale jako kompletní skladba. To znamená společné působení kompletní skladby střešního obvodového pláště. Velký vliv na výslednou požární odolnost budou mít SDK desky a správná volba kotvicího šroubu do hlavního nosného prvku.

### Posouzení hlavních nosných prvků

Tabulka 13 – Základní rozměry posuzovaných prvků

Nosný prvek	Materiál	Rozměr [mm]
Dřevěný rám	Lepené dřevo GL24h	160 × 480
Střešní obvodový plášť	SDK, Rostlé dřevo C24,	270
Ztužidlo	Ocel S420	Ø22

Aby byla zajištěna požární odolnost u střešního obvodového pláště, musí být zajištěn minimálně kotvicí délka spojovacího materiálu (vrutu) do vaznice minimálně 10 mm. Tzn., když vrstva zuhelnatění „vyloučí“ tuto část

vrstvy dřeva z působení, musí být stále v nosném dřevě minimálně 10 mm vrutu.

Bohužel, aby mohly být využity výpočetní postupy dle příslušného Eurokódu, musí se brát působení teplotní normové křivky. Z následující tabulky ale může být brát předpoklad, že nosné prvky by odolávali i za průběhu mnou stanoveného průběhu teplot v případě požáru, a to protože i kdyby byla vrstva zuhelnatění větší než předpokládá eurokód, mají nosné prvky stále velkou kapacitu přenést působící zatížení.

Tabulka 14 – Posouzení dřevěného rámu za požáru

Nosný prvek	Požadavek	Vypočtená	Maximální	Posouzení
Dřevěný rám	$\sigma_{m,fi} \leq f_{m,d,fi}$	5,07 MPa	30,00 MPa	vyhovuje

Tabulka 15 – Posouzení střešního obvodového pláště za požáru

Nosný prvek	Požadavek	Minimální	Vypočtená	Omezení/výsledná	Posouzení
Střešní obvodový plášť	$\tau_f < \tau_{f,connect}$	30 min	104,09 min	60 min	vyhovuje

#### Výpočet únosnosti ztužidla za požáru:

U ztužidla jako posouzení za požáru byla zvolena redukce jeho mechanických vlastností. Především jeho meze kluzu za zvýšené teploty. Z výše vypočítaných průběhů teplot je vyjádřen redukční součinitel a následně vypočítána únosnost samotného ztužidla.

#### Výpočet působící síly za požáru:

- $N_{ed,fi} = \eta_{fi} N_{ed} = 2,97 \text{ kN}$ 
  - $N_{ed} = 4,58 \text{ kN}$
  - $\eta_{fi} = 0,65$

#### Výpočet únosnosti za působení požáru

Pro výpočet byly uvažovány teploty ze stanovených průběhů, a to z důvodu, že dosahují vyšších teplot ( $841 \text{ °C} < 900 \text{ °C}$ ) a tím pádem bude nižší únosnost ztužidla.

- $N_{Rd,fi} = A f_y k_{y,\theta} = 11,48 \text{ kN}$ 
  - $A = 380,13 \text{ mm}^2$
  - $f_y = 420 \text{ MPa}$
  - $k_{y,\theta} = 0,072 (900 \text{ °C})$

Tabulka 16 – Posouzení ztužidla za požáru

Nosný prvek	Požadavek	Vypočtená	Maximální	Posouzení
Ztužidlo	$N_{ed,fi} \leq N_{Rd,fi}$	2,97 kN	11,48 kN	vyhovuje

Požární odolnost vrcholového a patního kloubu bude požární odolnost zajištěna po požadovanou dobu požárním nátěrem PROMAPAIN<sup>®</sup>-SC4 - nátěr na ocel, který zajistí minimální požární odolnost 30 min.

### Návrh protipožárních řešení zlepšujících požární odolnost konstrukce

Pro snížení rizika pro vznik požáru je možné ve výrobní hale navrhnout sprinklerové stabilní hasicí zařízení (SSHZ), které by potlačovalo požár v jeho počátku. Spolu se sprinklerovým hasicím zařízením by bylo možné navrhnout elektrickou požární signalizaci (EPS).

V rámci SSHZ by možné realizovat vodní clony a tím rozčlenit PÚ.

Z pozice investora to avšak nepřipadá v úvahu, protože primární účelem výrobní haly je zastřešení výrobní linky autogenu.

## XII. Porovnání jednotlivých návrhů, vyjmenování krizových oblastí konstrukce

V předposlední kapitole je porovnán původní navrhovaný stav ocelové haly s příhradovým nosníkem a s dřevěným trojkloubovým rámem se zakřivenou střednicí.

### Porovnání jednotlivých návrhů

Kritérium	Ocelová hala	Dřevěná hala
Ekologičnost	×	○
Recyklace	○	○
Nehořlavost	○	×
Estetičnost	×	○
Jedinečnost	×	○
Cena	○	○
Požární odolnost	×	○
Mostový jeřáb	○	×
Speciální požární požadavky	×	○
Architektonické řešení	×	○

*Poznámka:*

× = negativum

○ = pozitivum

### **Vyjmenování krizových oblastí konstrukce**

U návrhu dřevěného trojkloubového rámu se zakřivenou střednicí nastávají tři hlavní krizové oblasti, které by mohly zapříčinit komplikace při řešení stavby.

- 1) Kloubové spojení ve vrcholu konstrukce
- 2) Kloubové spojení v patkách rámu
- 3) Umístění mostového jeřábu

Při realizaci je nutné brát vyšší ohled na provádění těchto krizových míst. Zajistit odbornou způsobilost osob, které tyto krizová místa budou provádět a případně provést dodatečné kontroly provedení.

## **XIII. Závěr části „Zhodnocení návrhů“**

Prvotním cílem této části bakalářské práce a její hlavní myšlenkou bylo, že se projektant nemusí bát navrhovat dřevěné řešení malých výrobních hal. Velmi často se stává, že projektanti volí snadnější, jednodušší řešení formou systémového řešení z ocele nebo betonu.

Následně vznikají stavby, které sice plní svůj účel, ale estetické, ekologické hledisko jde stranou.

Mým cílem bylo ukázat, že i takovéto stavby lze řešit v jedinečném stylu, který stavbě propůjčí nejen její funkci, ale může se stát i „chloubou“ samotného investora.

Ze stavu, kdy byli navrženy ocelové sloupy, a ty by následně musely být chráněny proti účinkům požáru (např. požárním obkladem) jsem se dostal pomocí přesnějších výpočtů na konstrukci, která bude mít své „kouzlo“, poskytne pracovníkům i pocit klidu a radost z prováděné práce.

Tato část bakalářské práce splnila své původně stanovené cíle, došlo k navržení hlavních nosných konstrukčních prvků, skladby střešního obvodového pláště, vytvoření 3D statického výpočetního modelu. Především jasně ukázala, že není třeba se obávat návrhu takovýchto staveb z lepeného dřeva.

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH  
SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA  
ÚČINKŮ POŽÁRU**

**POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ  
STAVBY**

**2018**

**JAKUB ŠEJNA**

## I. Obsah

II.	Seznam použitých podkladů pro zpracování:	4
III.	Stručný popis stavby z hlediska stavebních konstrukcí, výšky stavby, účelu užití, popřípadě popisu a zhodnocení technologie a provozu, umístění stavby ve vztahu k okolní zástavbě:	5
IV.	Rozdělení stavby do požárních úseků:	5
V.	Stanovení požárního rizika, popřípadě ekonomického rizika, stanovení stupně požární bezpečnosti a posouzení velikosti požárních úseků:	6
	Požární zatížení:	6
	Ekvivalentní doba trvání požáru:	6
	Stupeň požární bezpečnosti požárního úseku:	7
	Ekonomické riziko:	7
	Mezní půdorysná plocha:	7
VI.	Zhodnocení navržených stavebních konstrukcí a požárních uzávěrů z hlediska jejich požární odolnosti:	8
	Požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí:	8
	Použité stavební konstrukce:	8
VII.	Zhodnocení navržených stavebních hmot (index šíření plamene, odkapávání v podmínkách požáru, rychlost šíření plamene po povrchu, toxicita zplodin hoření apod.):	8
VIII.	Zhodnocení možnosti provedení požárního zásahu, evakuace osob, zvířat a majetku a stanovení druhů a počtu únikových cest, jejich kapacity, provedení a vybavení:	9
	Provedení požárního zásahu:	9
	Obsazení osobami:	10
	Délka únikových cest:	10
	Šířka únikových cest:	11
	Doba evakuace:	11
IX.	Stanovení odstupových, popřípadě bezpečnostních vzdáleností a vymezení požárně nebezpečného prostoru, zhodnocení odstupových, popřípadě bezpečnostních vzdáleností ve vztahu k okolní zástavbě, sousedním pozemkům a volným skladům:	12
	Odstupové vzdálenosti:	12
	Střecha:	12
	Bezpečnostní vzdálenosti:	14



Ochranná pásma:	14
X. Určení způsobu zabezpečení stavby požární vodou včetně rozmístění vnitřních a vnějších odběrních míst, popřípadě způsobu zabezpečení <i>jiných hasebních prostředků u staveb, kde nelze použít vodu jako hasební látku:</i>	15
Vnější odběrné místo požární vody:	15
Vnitřní odběrné místo požární vody:	16
XI. Vymezení zásahových cest a jejich technického vybavení, opatření k zajištění bezpečnosti osob provádějících hašení požáru a záchranné práce, zhodnocení příjezdových komunikací, popřípadě nástupních ploch pro požární techniku:	16
Zásahové cesty:	16
Příjezdové komunikace a nástupní plochy:	16
Zajištění bezpečnosti osob provádějících hašení požáru a záchranné práce:	17
XII. Stanovení počtu, druhů a způsobu rozmístění hasicích přístrojů, popřípadě dalších věcných prostředků požární ochrany nebo požární techniky:	17
Požadovaný počet přenosných hasicích přístrojů v objektu:	17
Rozmístění přenosných hasicích přístrojů:	18
XIII. Zhodnocení technických, popřípadě technologických zařízení stavby (rozvodná potrubí, vzduchotechnická zařízení, vytápění apod.) z hlediska požadavků požární bezpečnosti:	18
Vytápění:	18
Větrání:	18
Elektroinstalace:	18
Ochrana před bleskem:	19
XIV. Stanovení zvláštních požadavků na zvýšení požární odolnosti stavebních konstrukcí nebo snížení hořlavosti stavebních hmot:	19
XV. Posouzení požadavků na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními, následně stanovení podmínek a návrh způsobu jejich umístění a instalace do stavby:	19
XVI. Rozsah a způsob rozmístění výstražných a bezpečnostních značek a tabulek, včetně vyhodnocení nutnosti označení míst, na kterých se nachází věcné prostředky požární ochrany a požárně bezpečnostních zařízení:	20

## II. Seznam použitých podkladů pro zpracování:

Je vypracováno dle:

- [1] zákon č. 133/1985 Sb. ve znění pozdějších předpisů
- [2] zákona č.183/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů
- [3] vyhláška č.246/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů
- [4] vyhláška č.23/2008 Sb. ve znění pozdějších předpisů
- [5] vyhlášky č.499/2006 Sb.ve znění pozdějších předpisů
- [6] ČSN 730802:2009+Z2:2015 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty
- [7] ČSN 730804:2010+Z2:2015 Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty
- [8] ČSN 730810:2016 Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení
- [9] ČSN 730818:1997+Z1:2002 Požární bezpečnost staveb – Obsazení objektů osobami
- [10] ČSN 730821-ed.2:2007 Požární bezpečnost staveb – Požární odolnost stavebních konstrukcí
- [11] ČSN 730873:2003 Požární bezpečnost staveb – Zásobování požární vodou
- [12] ČSN 734055:1962 Stavební objekty, všeobecně – Výpočet obestavěného prostoru pozemních stavebních objektů
- [13] ČSN EN ISO 7010 (018012) Grafické značky - Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky - Registrované bezpečnostní značky
- [14] ČSN EN 13 458 Kryogenné nádoby - Stabilní vakuově izolované nádoby
- [15] OZV obce Slatiňany 1/2014, Požární řád obce
- [16] ČSN 730834 Požární bezpečnost staveb. Změny staveb
- [17] ČSN 332000-4-41 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem
- [18] ČSN 332000 – 5 – 51 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení - Všeobecné předpisy
- [19] ČSN 332000 – 7 – 701 Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení - Část 7: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Oddíl 701: Prostory s vanou nebo sprchou a umývací prostory
- [20] ČSN 332130 Elektrické instalace nízkého napětí - Vnitřní elektrické rozvody
- [21] ČSN EN 12461 Biotechnologie - Velkovýroba a výroba - Pokyny pro manipulaci, inaktivaci a zkoušení odpadu
- [22] ISO 3864 – 3 Grafické značky - Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky - Část 3: Zásady navrhování grafických značek pro použití v bezpečnostních značkách
- [23] Nařízení vlády č. 375/2017 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví vzhled a umístění bezpečnostních značek a zavedení signálů
- [24] technické listy výrobců stavebních materiálů

Výchozím podkladem je projektová dokumentace z října 2017, vypracoval Ing. Pavel Šejna, ČKAIT 0700203, zodpovědný projektant Ing. Pavel Šejna, IKOV stavební s.r.o., Tovární 810, Slatiňany.

### **III. Stručný popis stavby z hlediska stavebních konstrukcí, výšky stavby, účelu užití, popřípadě popisu a zhodnocení technologie a provozu, umístění stavby ve vztahu k okolní zástavbě:**

Jedná se o nahrazení stávajícího zděného skladového objektu na stavební parcele č.1203 v kat. ú. Slatiňany ve výrobním areálu firmy IKOV TRADE a.s. v ulici "Tovární" ve Slatiňanech novou výrobní dřevěnou halou. Investor IKOV TRADE a.s., Tovární 810, Slatiňany, 538 21.

Výrobní objekt bude mít jedno nadzemní užitné podlaží. Nosná konstrukce haly bude dřevěná s opláštěním stěn sendvičovými panely. Střeška bude oblouková, nosná konstrukce střechy budou dřevěné vaznice položené na nosných dřevěných rámech. Střešní krytina bude střešní plech na sendvičových panelech. Nášlapná vrstva podlah bude beton. Výplně vnějších otvorů budou dřevěné (okna, dveře) a hliníková (vrata), vrata budou výsuvná s elektrickým pohonem. Objekt bude vytápěn lokálně teplovzdušně plynovými agregáty. Objekt bude vybaven elektroinstalací, bude mít ochranu před bleskem.

Uvnitř haly bude umístěna řezací automatická linka CNC (pálicí stroj VANAD ARENA) pro termické dělení (řezání) materiálu (převážně ocel a další kovy) do tloušťky 150mm. Řezání bude prováděno počítačem řízeným plamenem, zdrojem energie plamene bude zemní plyn. Při dalším opracování výrobků bude využíváno drobné ruční nářadí. Manipulace s hutním materiálem bude vysokozdvíhým vozíkem a mostovým jeřábem. V objektu nebudou umístěny tlakové lahve, kyslík bude odebírán potrubím z nedalekého stávajícího zásobníku kyslíku.

Dle §2 odst. 7 zákona č.183/2006 Sb. [2] a hl.I. ČSN 734055:1962 [12] bude zastavěná plocha objektu 230m<sup>2</sup>.

### **IV. Rozdělení stavby do požárních úseků:**

Objekt bude tvořit jeden požární úsek.

## V. Stanovení požárního rizika, popřípadě ekonomického rizika, stanovení stupně požární bezpečnosti a posouzení velikosti požárních úseků:

Tabulka 1 – Definice místností

číslo místnosti	využití místnosti	plocha podlahy $S_m$ [m <sup>2</sup> ]	plocha otvorů $S_o$ [m <sup>2</sup> ]	výška otvorů $h_o$ [m]	světlá výška $h_s$ [m]
1.01	výrobní hala	212,5	31,5	1,0	6,85
1.02	kancelář	10,1	4,5	1,0	6,85
<b>objekt</b>		222,6 <sup>*)</sup>	36,0	1,0	6,85

<sup>\*)</sup> součet čistých podlahových ploch místností, nejedná se o celkovou půdorysnou plochu požárního úseku, ta je vypočtena dle čl.5.3.7 ČSN 730804 [7] (viz dále).

Tabulka 2 – Stanovení  $p_n$ ,  $a_n$ ,  $p_s$ ,  $a_s$

číslo místnosti	využití místnosti	plocha podlahy $S_m$ [m <sup>2</sup> ]	položka Příloha A Tabulka A.1 ČSN 730802	$p_n$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$a_n$ [-]	$p_s$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$a_s$ [-]
1.01	výrobní hala	212,5	13.1.2	15	1,3	5	0,9
1.02	kancelář	10,1	1.1	40	1,0	5	0,9
<b>objekt</b>		222,6 <sup>*)</sup>	-	16,1	1,29	5	0,9

<sup>\*)</sup> součet čistých podlahových ploch místností, nejedná se o celkovou půdorysnou plochu požárního úseku, ta je vypočtena dle čl.5.3.7 ČSN 730804 [7] (viz dále).

počet podlaží v objektu  $n_p = 1$ , počet nadzemních podlaží  $n_{pn} = 1$ .

### Požární zatížení:

Dle čl.6.3.1 ČSN 730804 [7] je hodnota požárního zatížení v požárním úseku (objektu):

$$p = p_n + p_s = 16,1 + 5,0 = 21,1 \text{ kg/m}^2$$

### Ekvivalentní doba trvání požáru:

Konstrukční systém objektu bude **hořlavý**.

Tabulka 3 – Charakteristiky PÚ

požární úsek	$S$ [m <sup>2</sup> ]	$S_k$ [m <sup>2</sup> ]	$k_3$ [-]	$F_o$ [m <sup>1/2</sup> ]	$c$ [-]	$\tau_e$ [minut]	$k_B$ [-]	$\tau_e \cdot k_B$
výrobní hala	223,2	734,0	3,29	0,049	1,0	21,2	0,833	17,3

**Stupeň požární bezpečnosti požárního úseku:**

Stupeň požární bezpečnosti celého požárního úseku je I.

**Ekonomické riziko:**

Tabulka 4 – Výpočet ekonomického rizika

číslo místnosti	využití místnosti	plocha podlahy $S_m$ [m <sup>2</sup> ]	položka Příloha E Tabulka E.1 ČSN 730804	$p_1$ [-]	$p_2$ [-]
1.01	výrobní hala	212,5	2.2	0,4	0,07
1.02	kancelář	10,1	8.4 (4)**)	1,0	0,05
<b>objekt</b>		222,6 <sup>*)</sup>	-	<b>0,43</b>	<b>0,069</b>

<sup>\*)</sup> součet čistých podlahových ploch místností, nejedná se o celkovou půdorysnou plochu požárního úseku, ta je vypočtena dle čl.5.3.7 ČSN 730804 [7] (viz výše).

<sup>\*\*)</sup> dle poznámky <sup>4)</sup> tabulky E.1 ČSN 730804 [7] se nevýrobní prostory zařazují do skupiny provozu podle hodnoty  $p_1$ .

výsledná skupina provozu v požárním úseku bude **3**:

Tabulka 5 – Skupina provozu

požární úsek	plocha $S$ [m <sup>2</sup> ]	skupina provozu	$p_1$ [-]	$P_1$ [-]	$p_2$ [-]	$k_5$ [-]	$k_6$ [-]	$k_7$ [-]	$P_2$ [-]
výrobní hala	223,2	3	0,43	0,43	0,069	1,0	1,0	1,5	23,1

index pravděpodobnosti vzniku a rozšíření požáru

$$P_{1,max} = 450,4 > P_1 = 0,43$$

index pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem

$$P_{2,max} = 2\,842,1 > P_2 = 23,1$$

**Mezní půdorysná plocha:**

$$S_{max} = 27\,459,9\text{m}^2 > S_{skut} = 223,2\text{ m}^2 \text{ (vyhovuje)}$$

## VI. Zhodnocení navržených stavebních konstrukcí a požárních uzávěrů z hlediska jejich požární odolnosti:

### Požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí:

Tabulka 6 – Požadavky na konstrukce

<i>konstrukce</i>	<i>položka</i>	<i>stupeň požární bezpečnosti</i>	<i>mezí stav</i>	<i>požární odolnost</i>
<i>obvodové stěny bez požárně otevřených ploch</i>	<i>13 c)</i>	<i>I</i>	<i>(R)EW</i>	<i>15 DP1</i>

### Použité stavební konstrukce:

Tabulka 7 – Posouzení stavebních konstrukcí

<i>konstrukce</i>	<i>osvědčení</i>	<i>požární odolnost</i>
<p><i>obvodové stěny bez požárně otevřených ploch</i></p> <p>dřevěná střešní konstrukce systému RIGIPS typ VK 11 č. 4.70.11a ze sádkartonových desek 2×RB(A) tloušťky 12,5mm na dřevěném roštu 50×30mm s krokrovými závěsy, s minerální izolací tloušťky min.100mm objemové hmotnosti min.15kg/m<sup>3</sup> (např. ISOVER-Piano), šířka dřevěných nosných prvků stropu bude min.40mm, rozteč trámů max.1000mm, rozteč nosných profilů max.500mm</p>	<p>Katalog požárně odolných konstrukcí suché výstavby RIGIPS (únor 2018)</p>	<p>REW 60 DP3</p> <p>*) vyhovuje</p>

\*) pouze požární odolnost, z hlediska konstrukčního systému budou obvodové stěny požárně otevřenou plochou

## VII. Zhodnocení navržených stavebních hmot (index šíření plamene, odkapávání v podmínkách požáru, rychlost šíření plamene po povrchu, toxicita zplodin hoření apod.):

Nosné konstrukce střechy nemusí vykazovat požární odolnost.

Nejsou požadavky na povrchové úpravy obvodových stěn z vnější strany objektu z hlediska indexu šíření plamene.

## VIII. Zhodnocení možnosti provedení požárního zásahu, evakuace osob, zvířat a majetku a stanovení druhů a počtu únikových cest, jejich kapacity, provedení a vybavení:

### Provedení požárního zásahu:

Přístup k objektu viz bod j) tohoto Požárně bezpečnostního řešení. Nemusí se zřizovat nástupní plochy.

Nemusí se zřídit vnitřní a vnější zásahové cesty, překážky lze překonat pomocí požární techniky, případný zásah může být proveden vstupními dveřmi a vraty.

Únik z objektu bude nechráněnými únikovými cestami po rovině na volné prostranství.

Evakuace objektu bude současná.

Dveře, jimiž prochází úniková cesta, budou otvíravé otáčením křídel v postranních závěsech nebo čepech, otvírání vchodových dveří může být i proti směru úniku.

Dveře na únikových cestách budou opatřeny kováním, které umožňuje jejich snadné otevření.

Vrata budou ovládaná motoricky, bude zajištěna i možnost ručního otevření.

Únikové cesty budou dostatečně osvětleny denním, případně i umělým světlem alespoň během provozní doby v objektu.

Únikové cesty v objektu nemusí být vybaveny nouzovým osvětlením (v objektu nejsou chráněné ani částečně chráněné únikové cesty). Únikové cesty v celém objektu budou značeny dle ČSN EN ISO 7010 (018012) [13].

Pokud budou únikové cesty v dílně využívány dopravními vozíky, bude na podlaze vyznačena plocha únikových cest např. pruhy typu zebra. Na těchto vyznačených plochách platí zákaz odstavování vozíků, ukládání materiálů aj..

Zajištění objektu vnějším a vnitřním odběrným místem požární vody viz bod i) tohoto Požárně bezpečnostního řešení.

**Obsazení osobami:**

Dle čl.10.9.5 ČSN 730804 [7] a čl.6.1, čl.5, čl.4.2, čl.4.1 písm.a) a Tabulky 1 ČSN 730818 [9] bude počet osob v požárním úseku:

Tabulka 8 – Osazení objektu osobami

číslo místnosti	využití místnosti <sup>**)</sup>	plocha podlahy $S_m$ [m <sup>2</sup> ]	kapacita [osoby]	položka Tabulka 1 ČSN 730818	druh prostoru	půdorysná plocha [m <sup>2</sup> /osobu]	počet osob <sup>*)</sup>
1.01	výrobní hala	212,5	3 <sup>*)</sup>	10.4	svařovna	10,0	22
1.02	kancelář	10,1	3 <sup>*)</sup>	1.1.1	kancelář	5,0	3 (10) <sup>***)</sup>
							25

<sup>\*)</sup> dle Vysvětlivky<sup>44)</sup> Položky 11.5 Tabulky 1 ČSN 730818 [9] musí být započítány nejméně 3 osoby.

<sup>\*\*)</sup> v ostatních prostorách se osoby vyskytují jen občasně, jsou zahrnuty ve výše uvedených prozovech.

<sup>\*\*\*)</sup> dle čl.10.9.5 ČSN 730804 [7] je nejnižší započítatelný počet osob pro výpočet evakuace z jednotlivých prostor  $E = 10$ .

Z jednotlivých prostor požárního úseku postačuje jedna úniková cesta ( $E = \max.25 \text{ osob} < 100 \text{ osob}$ ; skupina provozu =  $\max.4 < 7$ ), skutečný počet nechráněných únikových cest bude z každé místnosti jedna po rovině.

**Délka únikových cest:**

Tabulka 9 – Délky únikových cest

místnost	skupina provozu	$t_{u,max}$ [minut]	$E$ [osoby]	$s$ [-]	$u$ [pruh]	$K_u$ [os./min.]	$v_u$ [m/min.]	$l_{u,max}$ [m]	$l_{u,skut}$ [m]	
1.01	výrobní hala	2.2	3,0	22	1,0	1,5	40	30	105,3	17,5
1.02	kancelář	8.4 (4) <sup>*)</sup>	2,5	3 (10) <sup>*)</sup>	1,0	1,5	40	30	93,3	7,5
<b>objekt</b>	<b>3</b>	<b>2,5</b>	<b>25</b>	<b>1,0</b>	<b>1,5</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>83,3</b>	<b>17,5</b>	

<sup>\*)</sup> dle poznámky<sup>4)</sup> tabulky E.1 ČSN 730804 [7] se nevýrobní prostory zařazují do skupiny provozu podle hodnoty  $p_1$ .

<sup>\*\*)</sup> dle čl.10.9.5 ČSN 730804 [7] je nejnižší započítatelný počet osob pro výpočet evakuace z jednotlivých prostor  $E = 10$ .

$$l_{u,max} > l_{u,skut} \text{ (vyhovuje)}$$



**Šířka únikových cest:**

Tabulka 10 – Šířky únikových cest

místnos <i>t</i>	skupina provozu	$t_{u,max}$ [min]	<i>E</i> [osoby]	<i>s</i> [-]	$I_{u,skut}$ [m]	$K_u$ [os./min.]	$V_u$ [m/min.]	$u_{min}$ [pruh]	$u_{skut}$ [pruh]	
1.0 1	výrobní hala	2.2	3,0	22	1,0	17,5	40	30	0,22	1,5
1.0 2	kancelář	8.4 (4) *)	2,5	3 (10) **)	1,0	7,5	40	30	0,11	1,5
<b>objekt</b>		3	2,5	25	1,0	17,5	40	30	0,31	1,5

\*) dle poznámky 4) tabulky E.1 ČSN 730804 [7] se nevýrobní prostory zařazují do skupiny provozu podle hodnoty  $p_1$ .

\*\*\*) dle čl.10.9.5 ČSN 730804 [7] je nejnižší započítatelný počet osob pro výpočet evakuace z jednotlivých prostor  $E = 10$ .

$$u_{min} < u_{skut} \text{ (vyhovuje)}$$

**Doba evakuace:**

Tabulka 11 – Doba evakuace

místnos <i>t</i>	<i>E</i> [osoby]	<i>s</i> [-]	$h_s$ [m]	$p_1$ [-]	$I_{u,skut}$ [m]	$K_u$ [os./min.]	$V_u$ [m/min.]	$u_{skut}$ [pruh]	$t_e$ [minut]	$t_u$ [minut]	
1.01 výrobní hala	22	1,0	6,8 5	0,4	17,5	40	30	1,5	5,1 7	0,8 1	
1.02 kancelář	3 (10) *)	1,0	6,8 5	1,0	7,5	40	30	1,5	3,2 7	0,3 6	
<b>objekt</b>		25	1,0	6,8 5	0,43	<b>17,5</b>	40	30	1,5	4,9 8	0,8 6

\*) dle čl.10.9.5 ČSN 730804 [7] je nejnižší započítatelný počet osob pro výpočet evakuace z jednotlivých prostor  $E = 10$ .

$$t_u < t_e \text{ (vyhovuje)}$$

## IX. Stanovení odstupových, popřípadě bezpečnostních vzdáleností a vymezení požárně nebezpečného prostoru, zhodnocení odstupových, popřípadě bezpečnostních vzdáleností ve vztahu k okolní zástavbě, sousedním pozemkům a volným skladům:

### Odstupové vzdálenosti:

Dle čl.5.7.1 písm.a) ČSN 730804 [7] je konstrukční systém objektu **hořlavý**. Obvodové konstrukce nevyhovují z hlediska konstrukčního systému, obvodové stěny budou požárně otevřenou plochou.

Dle čl.11.4.4 ČSN 730804 [7] je  $\tau_e = 21,2+15,0 = 36,2$  minut.

Odstupové vzdálenosti  $d_1$  jsou stanoveny podrobným výpočtem dle čl. 11.4.10 ČSN 730804 [7].

Tabulka 12 – Odstupové vzdálenosti PNP

PÚ [-]	$t_e$ [min]	KS [-]	$t_e$ [min]	Otvor [-]	b [m]	h [m]	$p_o$ [%]	d [m]	$d'$ [m]	$d'_s$ [m]
1 N01-I	21,20	Hořlavý (DP3)	36,2	A	18,45	7,02	100	12,45	8,12	4,06
2 N01-I	21,20	Hořlavý (DP3)	36,2	B	13,41	7,02	100	10,94	7,83	3,91

### Střecha:

Dle Poznámky čl.11.4.11 ČSN 730804 [7] se nemusí posuzovat odstupové vzdálenosti padání hořících částí střešního pláště  $d_2$ , sklon střechy bude  $45+^\circ > 45^\circ$ , šířka říms bude  $0,0m \leq 1,0m$ .

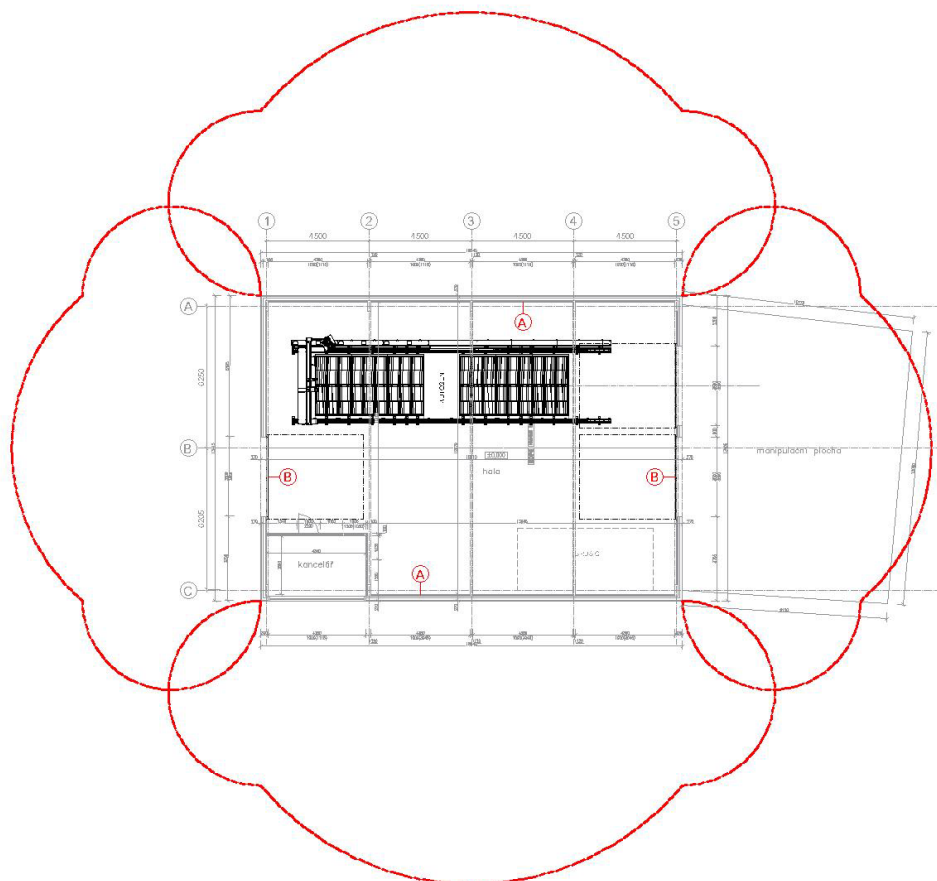
### *Sousední objekt č.p.810:*

Dle Požárně bezpečnostního řešení tohoto objektu ze září 2012 je požárně nebezpečný prostor a odstupová vzdálenost od objektu 3,3m (informace získány od vlastníka objektu IKOV TRADE a.s. Slatiňany).

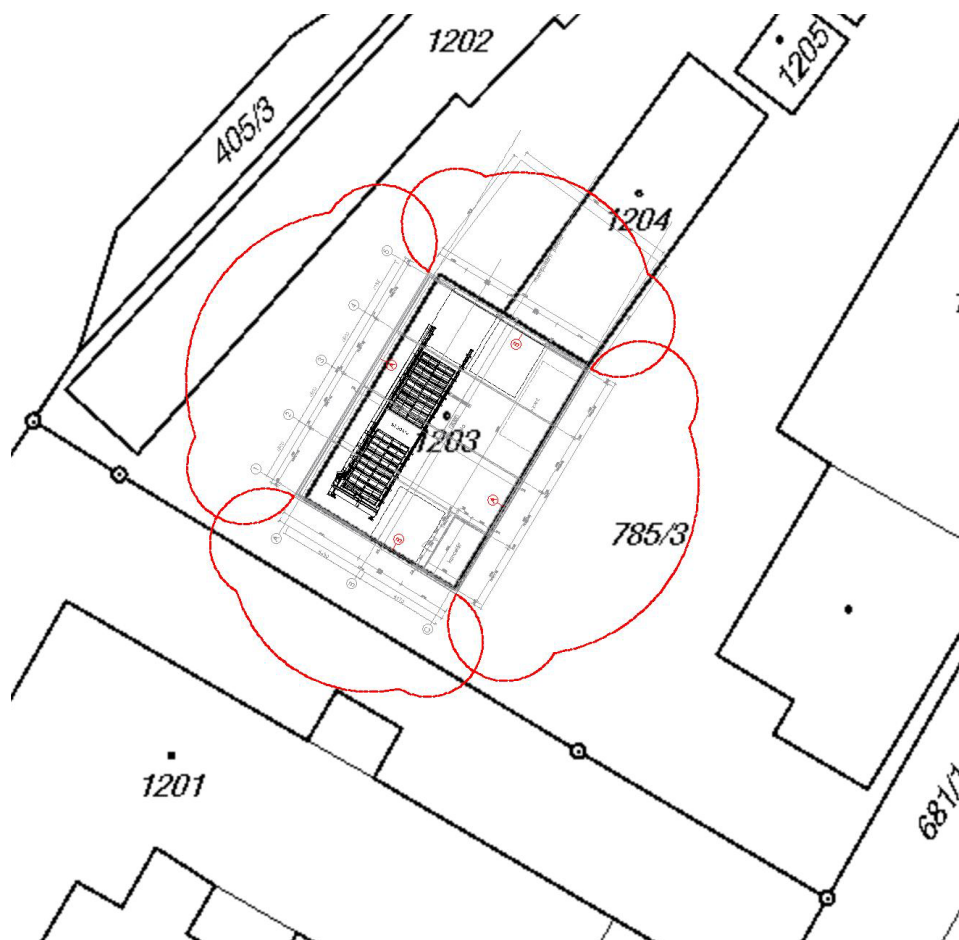
Požárně nebezpečný prostor skladového objektu nezasahuje do sousedních pozemků.

Požárně nebezpečný prostor skladového objektu nezasahuje do stávajících sousedních objektů, sousední výrobní hala je vzdálena 8,4m.

Posuzovaný objekt skladového objektu nebude v požárně nebezpečném prostoru stávajících sousedních objektů.



Obrázek 1 – Tvar PNP – Hranice  $I_{o,cr} = 18,5 \text{ kW/m}^2$



Obrázek 2 – Tvar PNP – Zákres do situace

### **Bezpečnostní vzdálenosti:**

V okolí posuzovaného objektu není volný sklad sena a slámy (> 50m<sup>3</sup>), povrchový ani podpovrchový sklad výbušnin, plynem, regulační stanice vysokotlak, vysokotlaký plynovod a plynovodní přípojky, sondy zásobníku plynu, důlní díla nebo zařízení pro zajištění obrany státu.

*Sousední venkovní zásobník na kyslík 1m<sup>3</sup>*

Dle čl.3.6, čl.6.1 a Přílohy B Tabulky B.1 ČSN EN 13458-3 [14] je bezpečná vzdálenost 5,0m, skutečná vzdálenost bude min.29m.

### **Ochranná pásma:**

Posuzovaný objekt není v památkové zóně ani ochranném pásmu městské nebo vesnické památkové rezervace, letiště ani leteckých staveb, vodních děl a vodních zdrojů, přírodních léčivých zdrojů a zdrojů minerálních vod, zvláště chráněných území a chráněných krajinných oblastí, památných stromů, ochranném pásmu lesa (50m od okraje lesa), nemovitých kulturních památek, krematorií a veřejných pohřebišť, objektů důležitých pro obranu státu, skládky tuhých komunálních odpadů, spalovny odpadů a zařízení pro odstraňování nebezpečných odpadů, silnice I.třídy (50,0m od osy vozovky mimo zastavěné území), silnice II. nebo III.třídy (15,0m od osy vozovky mimo zastavěné území), veřejné kanalizace

(1,5m od osy potrubí), veřejného plynovodu (1,5m od osy potrubí), veřejného teplovodu (2,5m od osy potrubí), kabelového vedení NN (1,5m od osy kabelu), kabelového vedení telefonu (1,5m od osy kabelu), veřejného vodovodu (1,5m od osy potrubí), vrchního vedení VN do 35kV (7,0m od krajního vodiče), vrchního vedení VN do 110kV (12,0m od krajního vodiče), vrchního vedení VN do 220kV (15,0m od krajního vodiče), vrchního vedení VN do 440kV (20,0m od krajního vodiče), vrchního vedení VN nad 440kV (30,0m od krajního vodiče), celostátní dráhy (30m od hranice obvodu dráhy, 100m od osy krajní koleje), regionální dráhy, lanové dráhy, trolejbusové a tramvajové dráhy.

Odstupové a bezpečnostní vzdálenosti vyhovují požadavkům § 11 odst.1 a odst.3 vyhlášky č.23/2008 Sb. [4] a Přílohy 1 vyhlášky č.246/201 Sb. [3].

## **X. Určení způsobu zabezpečení stavby požární vodou včetně rozmístění vnitřních a vnějších odběrních míst, popřípadě způsobu zabezpečení jiných hasebních prostředků u staveb, kde nelze použít vodu jako hasební látku:**

### **Vnější odběrné místo požární vody:**

Dle čl.4.4 písm.a) ČSN 730873 [11] je nutné pro celý objekt zřídit vnější odběrné místo požární vody:

Tabulka 13 – Vnější odběrná místa

<b>požární úsek</b>	<b>plocha S [m<sup>2</sup>]</b>	<b>hydrant požadovaná vzdálenost od objektu [m]</b>	<b>výtokový stojan</b>	<b>vodní tok (nádrž)</b>
<b>výrobní hala</b>	223,2	150	600	600

Požadavky na hydrant jsou minimální statický (zásobovací) přetlak 0,2MPa, požadovaný odběr je 6,0 l/sec., požadovaný profil vodovodního potrubí min.DN 100mm. Vodní nádrž musí být o objemu min.22m<sup>3</sup>. Dle sdělení MěÚ Slatiňany (OZV 1/2014 Požární řád města) [15] je požární voda v místě řešena stávající hydrantovou sítí a přirozenými zdroji (vodní nádrže, vodní toky). Jeden podzemní hydrant je umístěn 55m severovýchodně od objektu v ulici „Tovární“, profil potrubí, statický přetlak a vydatnost vyhovují.

**Vnitřní odběrné místo požární vody:**

Dle čl.5.10.5 ČSN 730834 [16] a čl.4.4 písm.b) odst.1 ČSN 730873 [11] nejsou požadavky na zřízení vnitřního odběrného místa požární vody:

Tabulka 14 – Vnitřní odběrná místa

požární úsek	plocha S [m <sup>2</sup> ]	požární zatížení p [kg/m <sup>2</sup> ]	součin S · p	limit
výrobní hala	223,2	21,1	4.710	< 9.000

**XI. Vymezení zásahových cest a jejich technického vybavení, opatření k zajištění bezpečnosti osob provádějících hašení požáru a záchranné práce, zhodnocení příjezdových komunikací, popřípadě nástupních ploch pro požární techniku:**

**Zásahové cesty:**

Nemusí se zřídit vnitřní a vnější zásahové cesty, překážky lze překonat pomocí požární techniky, případný zásah může být proveden vstupními dveřmi a vraty.

Únik z objektu bude nechráněnými únikovými cestami po rovině na volné prostranství.

Zajištění objektu vnějším a vnitřním odběrným místem požární vody viz bod i) tohoto Požárně bezpečnostního řešení.

Uvnitř areálu jsou zpevněné plochy využitelné pro nástupní prostor složek IZS.

**Příjezdové komunikace a nástupní plochy:**

Objekt bude přístupný ze stávající veřejné obousměrné dvoupruhové obslužné komunikace šířky min.6m v ulici "Tovární", vedoucí podél areálu. Zpevněné přístupové plochy přiléhají ke vchodu (vjezdu) do objektu (vzdálenost od komunikace 0m < 10m). Výškově je příjezd bez omezení. Přístupová komunikace je způsobilá provozu i pro těžkou techniku (včetně vozidel IZS).

Nemusí se zřizovat nástupní plochy. Uvnitř areálu před objektem je zpevněná plocha využitelná pro nástupní prostor složek IZS.

Zajištění objektu vnějším a vnitřním odběrným místem požární vody viz bod i) tohoto Požárně bezpečnostního řešení.

**Zajištění bezpečnosti osob provádějících hašení požáru a záchranné práce:**

V blízkosti posuzovaného objektu jsou zpevněné plochy využitelné pro prostor pro případné poskytnutí zdravotní péče, jako shromaždiště evakuovaných osob a materiálu a prostor pro případné umístění a identifikaci obětí.

Dle §4 odst.2 a odst.3) zákona č.133/1985 Sb. [1] nebudou v objektu provozovány činnosti se zvýšeným nebo vysokým požárním nebezpečím.

**XII. Stanovení počtu, druhů a způsobu rozmístění hasicích přístrojů, popřípadě dalších věcných prostředků požární ochrany nebo požární techniky:**

**Požadovaný počet přenosných hasicích přístrojů v objektu:**

Dle čl.13.9.2 ČSN 730804 [7]:  $n_r = 0,2 \cdot (S \cdot P_1)^{1/2}$

Tabulka 15 – Počty PHP

požární úsek	plocha S [m <sup>2</sup> ]	index P <sub>1</sub>	součinitel C <sub>s</sub>	konstant a	n <sub>r</sub> [kusů]
výrobní hala	223,2	0,43	1,0	0,2	2

Dle Přílohy č.4 Tabulky č.2 vyhlášky č.23/2008 Sb. [2] jsou typy přenosných hasicích přístrojů:

PG ... práškový hasicí přístroj s práškem ABC (ČSN 389100)

Dle čl.13.9.3 písm.b) ČSN 730804 je u práškových hasicích přístrojů požadována náplň hasební látky 6,0kg s minimální hasicí schopností 21A nebo 113B (6HJ).

Dle čl.2 ČSN EN 2 je v objektu možný výskyt třídy požáru:

Třída A ... Požár pevných látek, zejména organického původu, jejichž hoření je obvykle provázáno žhnutím

**Rozmístění přenosných hasicích přístrojů:**

Tabulka 16 – Rozmístění PHP

<i>počet</i>	<i>typ</i>	<i>hasicí jednotky</i>	<i>hasicí schopnost</i>	<i>náplň</i>	<i>umístění</i>	
1	PG6	1× 6 HJ	21A, 113B, C	prášek ABC 6,0kg	výrobní hala	1.01
1	PG6	1× 6 HJ	21A, 113B, C	prášek ABC 6,0kg	kancelář	1.02

Hasicí přístroje budou umístěny na svislé stavební konstrukci, rukojeť bude nejvýše 1,5m nad podlahou, oprávněnou osobou budou prováděny kontroly provozuschopnosti přenosných hasicích přístrojů 1x za rok, periodické zkoušky hasicích přístrojů 1x za 5 let. Hasicí přístroje budou zabezpečeny proti zamrznutí dle požadavků výrobce přenosných hasicích přístrojů.

**XIII. Zhodnocení technických, popřípadě technologických zařízení stavby (rozvodná potrubí, vzduchotechnická zařízení, vytápění apod.) z hlediska požadavků požární bezpečnosti:**

**Vytápění:**

Vytápění objektu bude lokální teplotvzdušné plynovými agregáty.

**Větrání:**

Větrání většiny prostor bude nucené vzduchotechnikou.

**Elektroinstalace:**

Objekt bude napojen na stávající kabelové vedení NN v areálu kabelovou přípojkou. Elektroinstalace bude vedena po povrchu stěn.

Ochrana proti nebezpečnému dotyku bude volena dle ČSN 332000-4-41 ed.2:2007 [17] samočinným odpojením od zdroje.

Prostředí v jednotlivých prostorách objektu bude voleno dle ČSN 332000-5-51 ed.3:2010 [18]. V objektu bude provedeno hlavní pospojování na ochrannou přípojnicí a doplňující pospojování v hygienických prostorách dle ČSN 33 20 00-7-701 ed.2:2007 [19].

Elektroinstalace v objektu bude řešena dle ČSN 332130 ed.2:2009 [20]. Rozvod v jednotlivých prostorách bude proveden podle druhu prostředí. Svítidla budou volena podle požadovaného krytí a intenzity osvětlení dle ČSN EN 12 464-1:2004+Z1:2005 [21]. Osvětlení se



předpokládá žárovkovými a zářivkovými svítidly dle druhu osvětlovaných prostor.

V objektu nejsou elektricky ovládaná požárně bezpečnostní zařízení ani zařízení, která mají zůstat funkční v případě požáru. Hlavní vypínač elektrické energie bude trvale přístupný a viditelně trvale označený tabulkou s nápisem „HLAVNÍ VYPÍNAČ ELEKTRICKÉ ENERGIE“.

**Ochrana před bleskem:**

Objekt bude vybaven ochranou před bleskem (hromosvodem nebo kompatibilním ochranným systémem), bude proveden výpočet řízení rizika podle normových hodnot k výběru nejvhodnějších ochranných opatření stavby.

Zařízení tvořící systém ochrany stavby a jejího uživatele před bleskem nebo jinými atmosférickými výboji bude provedeno z výrobků třídy reakce na oheň A1 nebo A2.

**XIV. Stanovení zvláštních požadavků na zvýšení požární odolnosti stavebních konstrukcí nebo snížení hořlavosti stavebních hmot:**

Nejsou požadavky na povrchové úpravy obvodových stěn z vnější strany objektu z hlediska indexu šíření plamene.

Nosné konstrukce střechy nemusí vykazovat požární odolnost.

**XV. Posouzení požadavků na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními, následně stanovení podmínek a návrh způsobu jejich umístění a instalace do stavby:**

Objekt nemusí být vybaven elektrickou požární signalizací, samočinným stabilním hasicím zařízením ani samočinným odvětracím zařízením.

## **XVI. Rozsah a způsob rozmístění výstražných a bezpečnostních značek a tabulek, včetně vyhodnocení nutnosti označení míst, ne kterých se nachází věcné prostředky požární ochrany a požárně bezpečnostních zařízení:**

V objektu nejsou elektricky ovládaná požárně bezpečnostní zařízení ani zařízení, která mají zůstat funkční v případě požáru. Hlavní vypínač elektrické energie bude trvale přístupný a viditelně trvale označený tabulkou s nápisem „HLAVNÍ VYPÍNAČ ELEKTRICKÉ ENERGIE“, objekt bude vybaven vypínacím prvkem „TOTAL STOP“ (čl.4.5.5 ČSN 730848).

Na elektrických rozvaděčích jsou osazeny bezpečnostní značky P011 „Nehasit vodou“ a W012 „Výstraha, Elektřina“.

Vstupní dveře budou z vnější strany označeny značkami a tabulkami P002 „Nekouřit“, P003 „Bez otevřeného ohně“, P004 „Zákaz vstupu“ a W021 „Výstraha, Hořlavý materiál“.

Na únikových cestách, kde východ na volné prostranství není přímo viditelný, budou vyznačeny směry úniku osazením informativních značek pro únik a evakuaci osob E001 a E002 „Nouzový východ“, doplněné o doplňkové šipky typu D normy ISO 3864-3 [22] v bílé barvě na zeleném podkladu (bezpečnostní značka E005 a E006 „Směr, šipka“).

Tabulky a značky budou provedeny dle Přílohy nařízení vlády č.375/2017 Sb. [23] a ČSN EN ISO 7010 (018012) [13].

Dle §2 odst.4 nařízení vlády č.375/2017 Sb. [23] budou informativní značky pro únik a evakuaci osob i při přerušení dodávky energie viditelné a rozpoznatelné minimálně po dobu nezbytně nutnou k bezpečnému opuštění objektu (např. budou zhotoveny z fotoluminiscenčního materiálu).

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH  
SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA  
ÚČINKŮ POŽÁRU**

**PŘÍLOHA Č. 1 – VÝPOČET NORMOVÉ A  
PARAMETRICKÉ TEPLONÍ KŘIVKY**

**2018**

**JAKUB ŠEJNA**

## I. Obsah

II.	Normová teplotní křivka .....	3
III.	Parametrická teplotní křivka.....	5

## II. Normová teplotní křivka

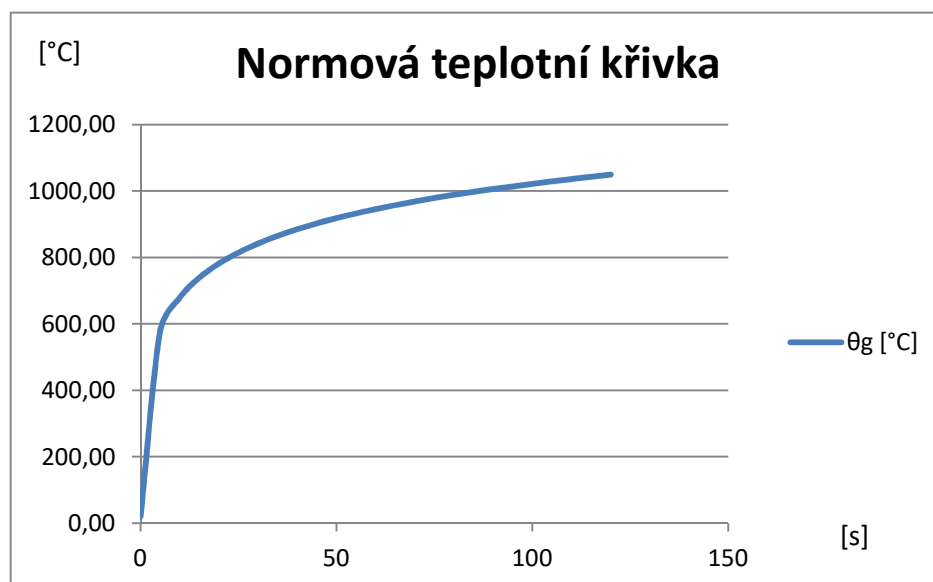
### Normová křivka dle ISO 834

Omezení:

1) křivka do  $t = 120\text{min}$

$$\theta_g = 20 + 345\log(8t+1)$$

Graf normové teplotní křivky



t	$\theta_g$ [°C]
0	20,00
5	576,41
10	678,43
15	738,56
20	781,35
25	814,60
30	841,80
35	864,80
40	884,74
45	902,34
50	918,08
55	932,33
60	945,34
65	957,31
70	968,39
75	978,71
80	988,37
85	997,44
90	1005,99
95	1014,08
100	1021,75
105	1029,05
110	1036,02
115	1042,67
120	1049,04

### III. Parametrická teplotní křivka

#### Parametrická křivka dle ČSN EN 1991-1-2

Omezení:

- 1) podlahová plocha  $A_f \leq 500 \text{ m}^2$
- 2) výška požárního úseku  $h \leq 4,0\text{m}$
- 3) žádné otvory ve střešní konstrukci a ve stropní konstrukci
- 4) faktor otvorů  $O \rightarrow 0,02 \leq O \leq 0,20 \text{ [m}^{0,5}\text{]}$
- 5) vlastnosti materiálů ohraňujících konstrukcí  $b$   
 $\rightarrow 100 \leq b \leq 2200$
- 6) návrhová hodnota hustoty požárního zatížení, vztažená k  $A_t$

$b =$	12,50 m	← délka PÚ
$\check{s} =$	18,30 m	← šířka PÚ
$h =$	5,15 m	<b>nevyhovuje, křivku nelze použít</b>
$n =$	3,00 ks	← počet oken
$b_{\text{pop}} =$	4,24 m	← šířka jednoho okna
$h_{\text{pop}} =$	1,23 m	← výška jednoho okna

$A_f =$	228,75 $\text{m}^2$
$A_t =$	696,32 $\text{m}^2$
$A_v =$	78,43 $\text{m}^2$
$h_{\text{eq}} =$	2,49 m

$b =$	SDK =	474,34 $\text{J/m}^2\text{s}^{0,5}\text{K}$
$O = A_v h_{\text{eq}}^{0,5} / A_t =$		0,18 $\text{m}^{0,5}$

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH  
SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA  
ÚČINKŮ POŽÁRU**

**PŘÍLOHA Č. 2 – ZÓNOVÉ MODEL Y**

**2018**

**JAKUB ŠEJNA**



## Rychlost rozvoje tepla a hustota požárního zatížení

Hala rozměry:	š =	12,87 m	
	b =	18,01 m	
	A =	231,79 m <sup>2</sup>	
	H =	6,65 m	
Rozměry požáru:	A <sub>f</sub> =	3,00 m <sup>2</sup>	
		(6 palet na sobě, 3 vedle sebe = 18 palet)	

Otvory:	<u>okno</u>		
	počet =	8 ks	
	b <sub>o</sub> =	4,50 m	
	h <sub>o</sub> =	1,00 m	

	<u>okno</u>		
	počet =	1 ks	
	b <sub>o</sub> =	1,00 m	
	h <sub>o</sub> =	2,00 m	

	<u>okno</u>		
	počet =	3 ks	
	b <sub>o</sub> =	3,50 m	
	h <sub>o</sub> =	3,85 m	

$$A_v = b_o h_o = 78,43 \text{ m}^2$$
$$h_{eq} = 2,49 \text{ m}$$

### Účel stavby = Skladování nábytku

Skladované množství =	M =	0,36 t	=	360,00 kg
	RHR <sub>f</sub> =	1250,00 kW/m <sup>2</sup>		
	t <sub>α</sub> =	300,00 s		
	H <sub>ui</sub> =	17,50 MJ		
	ψ <sub>i</sub> =	1,00 [-]		

### Charakteristické požární zatížení

$$Q_{fik} = H_{ui} \sum M_{ki} \psi_i = 6300,00 \text{ MJ}$$

Hustota požárního zatížení

$$q_{fk} = Q_{fik} / A_f = 2100,00 \text{ MJ/m}^2$$

### Návrhové požární zatížení

$$q_{fd} = q_{fk} \delta_{q1} \delta_{q2} \delta_n = 4227,30 \text{ W/m}^2$$

POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA ÚČINKŮ POŽÁRU  
ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ

1,22

$$\begin{aligned} \delta_{q1} &= 1,1 \\ \delta_{q2} &= \text{Výroba strojů a motorů} = \\ \delta_n &= 1,50 \end{aligned}$$

SSHZ	Vod. zdroj	Pož. hlásič	PCO	HZS	NP	TPPO	ZOKT
NE	Žádný	NE	NE	NE	Dobré	ANO	NE
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50

Rychlost rozvoje tepla

$$Q(t) = 10^6(t/t_\alpha)^2 = \text{metoda konečných prvků}$$

Hoření řízené palivem:

$$Q_{\max1} = RHR_f A_f = 3750,00 \text{ MW}$$

Hoření řízené odvětráváním:

$$Q_{\max2} = 0,1mH_{ui}A_v h_{eq}^{0,5} = 173,41 \text{ MW}$$

$$Q_{\max} = \min(Q_{\max1}; Q_{\max2}) = 173,41 \text{ MW}$$

$$Q_{TOT} = q_{fd} A_f = 12681,90 \text{ MW}$$

I. Fáze

$$\begin{aligned} Q_{f1} &= 10^6 t_1^3 / 3 t_\alpha^2 = 7221,38 \text{ MW} \\ t_1 &= 1249,28 \text{ s} = 20,82 \text{ min} \end{aligned}$$

II. Fáze

$$\begin{aligned} Q_{f2} &= 0,7Q_{TOT} - Q_{f1} = 1655,95 \text{ MW} \\ t_2 &= Q_{f2} / Q_{\max} = 859,43 \text{ s} = 14,32 \text{ min} \end{aligned}$$

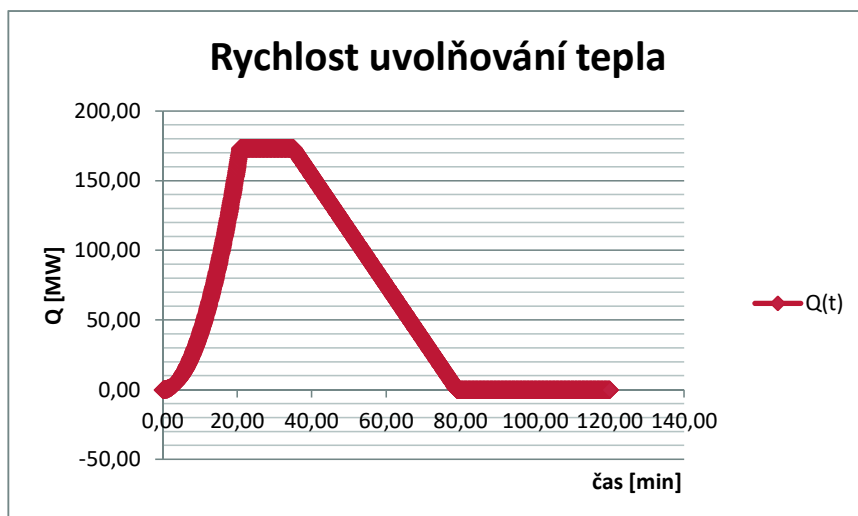
III. Fáze

$$\begin{aligned} 0,3Q_{TOT} &= t_3 Q_{\max} / 2 \\ t_3 &= 0,6Q_{TOT} / Q_{\max} = 2632,73 \text{ s} = 43,88 \text{ min} \end{aligned}$$

POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA ÚČINKŮ POŽÁRU  
ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ

Celkový čas:

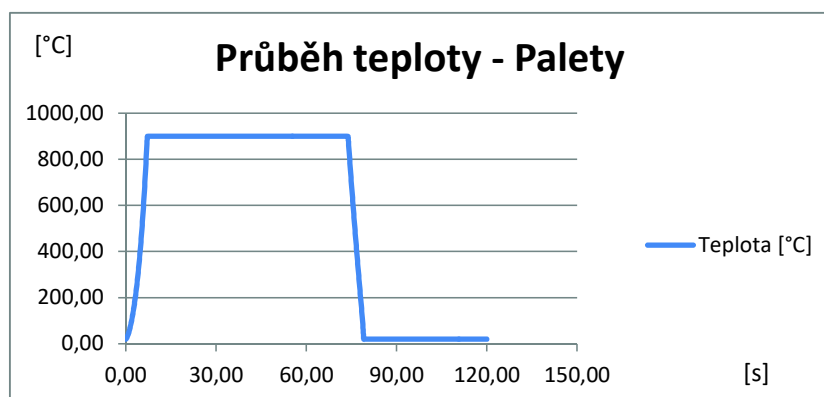
$$t = t_1 + t_2 + t_3 = 4741,45 \text{ s} = 79,02 \text{ min}$$



**Lokální požár dle ČSN EN 1992-1-2 Příloha C**

Charakteristika:

D =	1,95 m	←	Průměr požáru
H =	6,65 m	←	Výška stropu
r =	0,50 m	←	Výchylka prvku od osy plamene



# OZone V 2.2.5 Report

Analysis Name: **Kancelar**  
File Name: C:\Users\Jakub Šejna\Desktop\ČVUT\S8\BC\Výpočty\Teplotní analýzy  
Analýza - Kancelář\Analýza kancelář.ozn  
Created: 02.04.2018 at 18:29:37

## ANALYSIS STRATEGY

Selected strategy: 1 Zone Model

## PARAMETERS

### Openings

Radiation Through Closed Openings: 0,8  
Bernoulli Coefficient: 0,7

### Physical Characteristics of Compartment

Initial Temperature: 293 K  
Initial Pressure: 100000 Pa

### Parameters of Wall Material

Convection Coefficient at the Hot Surface: 25 W/m<sup>2</sup>K  
Convection Coefficient at the Cold Surface: 9 W/m<sup>2</sup>K

### Calculation Parameters

End of Calculation: 7200 sec  
Time Step for Printing Results: 60 sec  
Maximum Time Step for Calculation: 10 sec

Air Entrained Model: Heskestad

### Temperature Dependent Openings

All openings activated at: 400 °C

#### Stepwise Variation

Temperature [°C]	% of Total Openings [%]
20	10
400	50
500	100

#### Linear Variation

Temperature [°C]	% of Total Openings [%]
20	10
400	50
500	100

### Time Dependent Openings

Time [sec]	% of Total Openings [%]
0	5
1200	100

## COMPARTMENT

Form of Compartment: Rectangular Floor  
Height: 5,295 m  
Depth: 4,4 m  
Length: 2,3 m  
Roof Type: Single Pitch Roof  
Ceiling Height: 1,445

## DEFINITION OF ENCLOSURE BOUNDARIES

### Floor

Material (from inside to outside)	Thickness [cm]	Unit Mass [kg/m <sup>2</sup> ]	Conductivity [W/mK]	Specific Heat [J/kgK]
Normal weight Concrete [EN1994-1-2]	0,25	2300	1,6	1000

### Ceiling

Material (from inside to outside)	Thickness [cm]	Unit Mass [kg/m <sup>3</sup> ]	Conductivity [W/mK]	Specific Heat [J/kgK]
Gypsum board [EN12524]	2,5	900	0,25	1000
Glass wool & Rock wool	18	60	0,037	1030
Normal Wood	20	450	0,1	1113

#### Wall 1

Material (from inside to outside)	Thickness [cm]	Unit Mass [kg/m <sup>3</sup> ]	Conductivity [W/mK]	Specific Heat [J/kgK]
Gypsum board [EN12524]	2,5	900	0,25	1000
Glass wool & Rock wool	18	60	0,037	1030
Normal Wood	20	450	0,1	1113

#### Wall 2

Material (from inside to outside)	Thickness [cm]	Unit Mass [kg/m <sup>3</sup> ]	Conductivity [W/mK]	Specific Heat [J/kgK]
Gypsum board [EN12524]	2,5	900	0,25	1000
Glass wool & Rock wool	18	60	0,037	1030
Normal Wood	20	450	0,1	1113

#### Openings

Sill Height [m]	Soffit Height [m]	Width [m]	Variation	Adiabatic
0,85	1,85	4,5	Constant	no

#### Wall 3

Material (from inside to outside)	Thickness [cm]	Unit Mass [kg/m <sup>3</sup> ]	Conductivity [W/mK]	Specific Heat [J/kgK]
Gypsum board [EN12524]	2,5	900	0,25	1000
Glass wool & Rock wool	18	60	0,037	1030
Normal Wood	20	450	0,1	1113

#### Openings

Sill Height [m]	Soffit Height [m]	Width [m]	Variation	Adiabatic
1	2,5	1	Constant	no

#### Wall 4

Material (from inside to outside)	Thickness [cm]	Unit Mass [kg/m <sup>3</sup> ]	Conductivity [W/mK]	Specific Heat [J/kgK]
Gypsum board [EN12524]	2,5	900	0,25	1000
Glass wool & Rock wool	18	60	0,037	1030
Normal Wood	20	450	0,1	1113

#### Openings

Sill Height [m]	Soffit Height [m]	Width [m]	Variation	Adiabatic
1	2,5	1	Constant	no
0	2	1	Constant	no

## FIRE

Fire Curve:	NFSC Design Fire	
Maximum Fire Area:	10,12	m <sup>2</sup>
Fire Elevation:	1	m
Fuel Height:	1,27	m

Occupancy	Fire Growth Rate	RHRf [kw/m <sup>2</sup> ]	Fire Load qf,k [MJ/m <sup>2</sup> ]	Danger of Fire Activation
Office (standard)	Medium	250	511	1

#### Active Measures

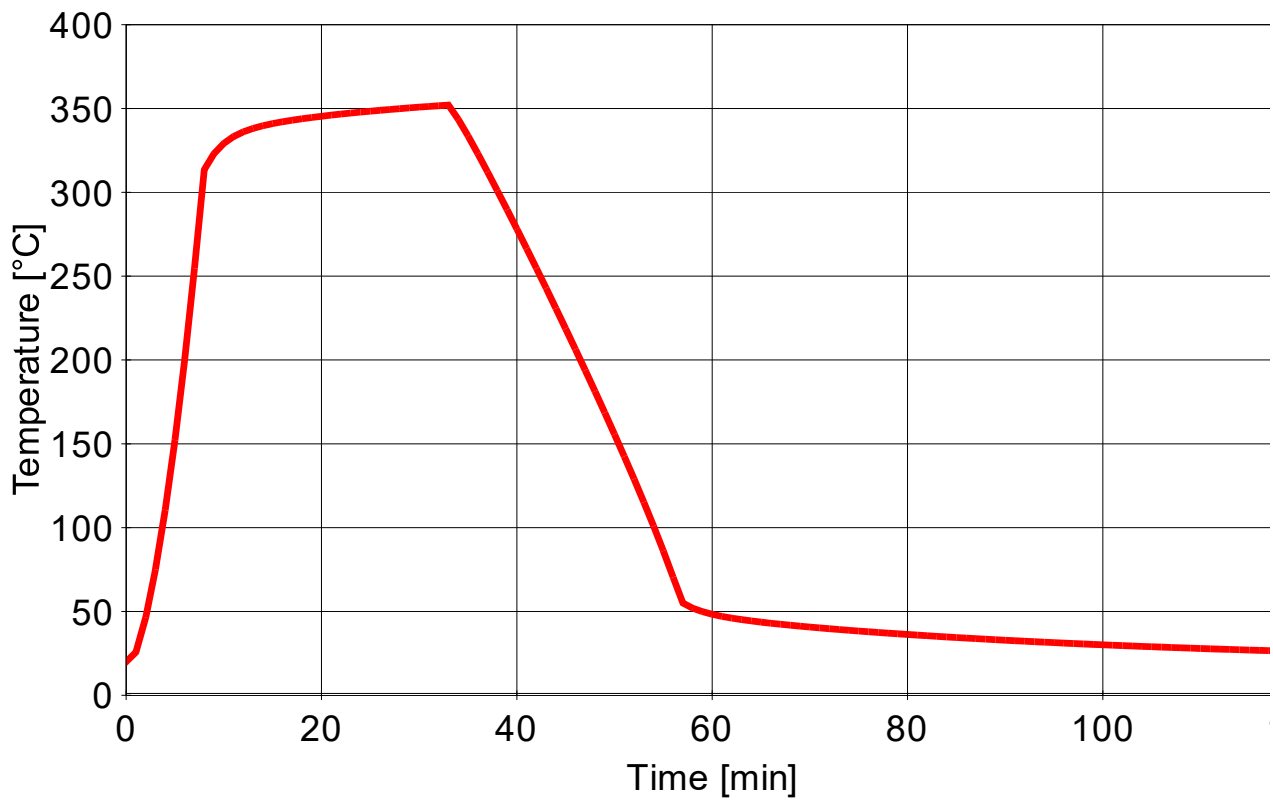
Description	Active	Value
Automatic Water Extinguishing System	No	$\delta_{n,1} = 1$
Independent Water Supplies	No	$\delta_{n,2} = 1$
Automatic Fire Detection by Heat	No	$\delta_{n,3} = 1$
Automatic Fire Detection by Smoke	No	
Automatic Alarm Transmission to Fire Brigade	No	$\delta_{n,5} = 1$
Work Fire Brigade	No	$\delta_{n,6} = 1$

Off Site Fire Brigade		No	
Safe Access Routes		Yes	$\delta_{n, 8} = 1$
Staircases Under Overpressure in Fire Alarm		No	
Fire Fighting Devices		Yes	$\delta_{n, 9} = 1$
Smoke Exhaust System		No	$\delta_{n, 10} = 1,5$
Fire Risk Area:	10,12	$m_l$	$\delta_{q, 1} = 0,97$
Danger of Fire Activation:			$\delta_{q, 2} = 1$
$q_{f, d} =$	594,8	MJ/ $m_l$	
Combustion Heat of Fuel:	17,5	MJ/kg	
Combustion Efficiency Factor:	0,8		
Combustion Model:	Extended fire duration		

## RESULTS

Fire Area: The maximum fire area ( 10.12 $m_l$ ) is greater than 25% of the floor area ( 10.12 $m_l$ ). The fire load is uniformly distributed.

# Gas Temperature



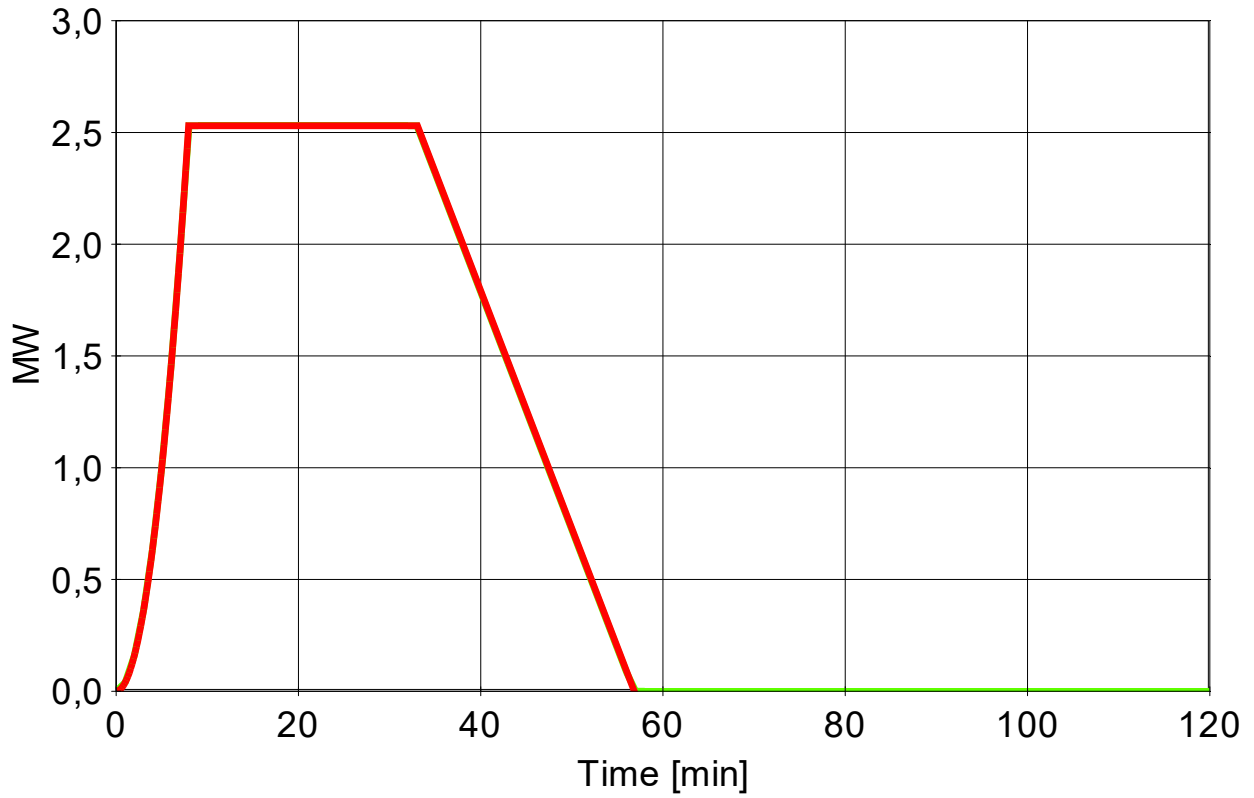
Analysis Name: Kancelar

Peak: 352 °C

At: 33 min

Figure 1. Hot and Cold Zone Temperature

# Rate of Heat Release



Analysis Name: Kancelar

Peak: 2,53 MW

At: 8,0 min

Figure 2. RHR Data and Computed

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH  
SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA  
ÚČINKŮ POŽÁRU**

**PŘÍLOHA Č. 3 – VÝPOČET SOUČiniteLE  
PROSTUPU TEPLA VYBRANÝCH  
KONSTRUKCÍ**

**2018**

**JAKUB ŠEJNA**



## I. Obsah

II.	SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ .....	3
III.	KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY.....	4
	ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY : .....	4
	Skladba konstrukce (od interiéru): .....	4
	Okrajové podmínky výpočtu: .....	5
	VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE:.....	6
	Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:.....	6
	Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti: .....	6
	Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788: .....	6
	Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: .....	7
	Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:.....	8
IV.	KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY.....	9
	ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY : .....	9
	Skladba konstrukce (od interiéru) :.....	9
	Okrajové podmínky výpočtu : .....	10
	VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE:.....	11
	Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:.....	11
	Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti: .....	11
	Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788: .....	11
	Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: .....	12
	Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:.....	13

## II. SHRUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

**Teplo 2017 EDU** tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kece	Typ	R [m <sup>2</sup> K/W]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Ma,max[kg/m <sup>2</sup> ]	Odpaření	DeltaT10
Obvodová stěna... kondenzací v.p.	stěna ---	3.750	0.255	nedochází ke		
Střešní plášť... kondenzací v.p.	střecha ---	3.761	0.256	nedochází ke		

### Vysvětlivky:

R tepelný odpor konstrukce  
 U součinitel prostupu tepla konstrukce  
 Ma,max maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok  
 DeltaT10 pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

### III. KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Obvodová stěna**  
 Zpracovatel : Jakub Šejna  
 Zakázka : Bakalářská práce  
 Datum : 18.03.2018

#### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášťová  
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.050 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru):

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Rigidur	0,0250	0,2020	1100,0	1200,0	40,0	0.0000
2	Dřevo měkké (t	0,0300	0,3750*	2510,0	400,0	0,3	0.0000
3	Rockwool Rockf	0,0002	0,2100	1470,0	900,0	500000,0	0.0000
4	Rockwool Rockn	0,1800	0,0410*	840,2	100,0	2,0	0.0000
5	Dřevo měkké (t	0,0200	0,1800	2510,0	400,0	157,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

\* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Rigidur	---
2	Dřevo měkké (tok kolmo k vláknům)	--se vzdochovou dutinou velká vzduch. dutina dle EN ISO

6946 (standard)

větraná

0.0300 m

3 Rockwool Rockfol - PE  
 4 Rockwool Rocknroll

EN ISO 6946

Směr tepelného toku: nahoru

Typ vzduchové vrstvy: slabě

Tloušťka vzduchové vrstvy:

---

vliv systematických tep. mostů dle

Tep. vodivost zákl. materiálu:

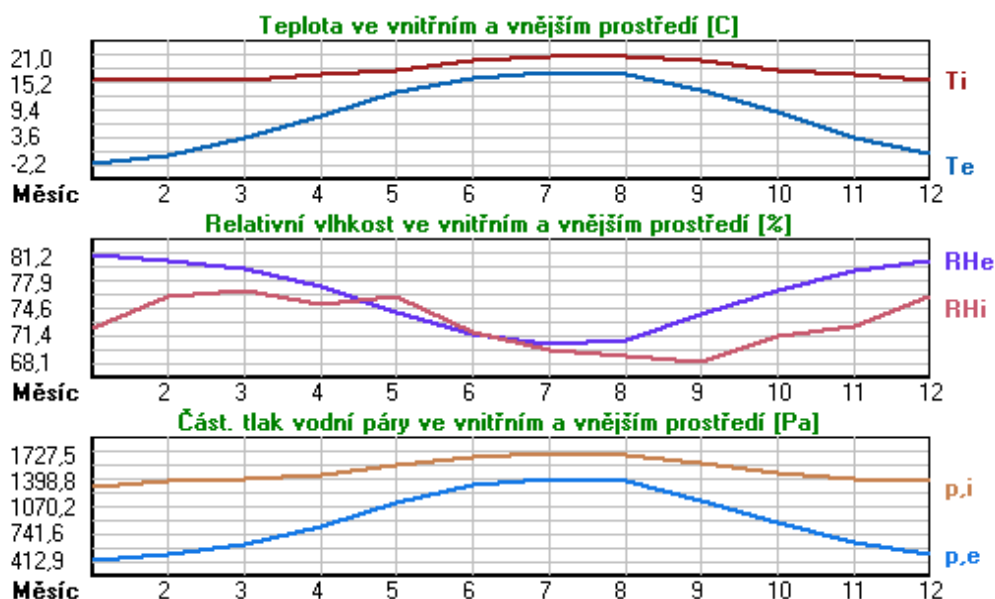
0.041 W/(m.K)		Tep. vodivost tep. mostů:
0.180 W/(m.K)		Šířka tepelných mostů:
0.1200 m		Tloušťka tepelných mostů:
0.1800 m		Os. vzdálenost tep. mostů:
1000.0000 m		
5	Dřevo měkké (tok kolmo k vláknům)	---

**Okrajové podmínky výpočtu:**

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru $R_{si}$ :	0.13 m <sup>2</sup> K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty $R_{si}$ :	0.25 m <sup>2</sup> K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru $R_{se}$ :	0.04 m <sup>2</sup> K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty $R_{se}$ :	0.04 m <sup>2</sup> K/W
Návrhová venkovní teplota $T_e$ :	-13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu $T_{ai}$ :	16.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu $R_{He}$ :	84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu $R_{Hi}$ :	75.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	$T_{ai}$ [C]	$R_{Hi}$ [%]	$P_i$ [Pa]	$T_e$ [C]	$R_{He}$	$P_e$ [Pa]	
1	31	744	16.0	72.3	1313.9	-2.2	81.2	412.9
2	28	672	16.0	76.0	1381.1	-0.3	80.5	479.4
3	31	744	16.0	76.9	1397.5	3.3	79.4	614.3
4	30	720	17.0	75.1	1454.4	8.1	77.3	834.5
5	31	744	18.0	76.1	1569.8	13.2	74.2	1125.4
6	30	720	20.0	71.7	1675.6	16.3	71.6	1326.3
7	31	744	21.0	69.5	1727.5	17.7	70.2	1421.0
8	31	744	21.0	68.8	1710.1	17.2	70.7	1386.7
9	30	720	20.0	68.1	1591.5	13.5	73.9	1143.0
10	31	744	18.0	71.3	1470.8	8.8	76.9	870.5
11	30	720	17.0	72.5	1404.1	3.6	79.2	625.9
12	31	744	16.0	76.2	1384.8	-0.2	80.5	483.4

Poznámka:  $T_{ai}$ ,  $R_{Hi}$  a  $P_i$  jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a  $T_e$ ,  $R_{He}$  a  $P_e$  jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE:

### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 3.750 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.255 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>k,c</sub> : 0.28 / 0.31 / 0.36 / 0.46 W/m<sup>2</sup>K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z<sub>pT</sub> : 5.6E+0011 m/s

Teplotní útlum konstrukce N<sub>y</sub>\* podle EN ISO 13786 : 62.9

Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 7.1 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 14.21 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub> : 0.938

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R<sub>si</sub>=0,25 m<sup>2</sup>K/W.

Číslo měsíce      Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:      Vypočtené hodnoty

RH <sub>si</sub> [%]	----- 80% -----		----- 100% -----		T <sub>si</sub> [C]	f <sub>Rsi</sub>
	T <sub>si</sub> ,m[C]	f <sub>Rsi</sub> ,m	T <sub>si</sub> ,m[C]	f <sub>Rsi</sub> ,m		
1	14.4	0.913	11.0	0.726	14.9	0.938

77.7	2	15.2	0.951	11.8	0.741	15.0	0.938
81.1	3	15.4	0.951	12.0	0.681	15.2	0.938
80.9	4	16.0	0.888	12.6	0.501	16.4	0.938
77.8	5	17.2	0.835	13.7	0.110	17.7	0.938
77.5	6	18.2	0.525	14.7	-----	19.8	0.938
72.7	7	18.7	0.312	15.2	-----	20.8	0.938
70.4	8	18.6	0.360	15.1	-----	20.8	0.938
69.8	9	17.4	0.604	13.9	0.068	19.6	0.938
69.8	10	16.2	0.802	12.7	0.427	17.4	0.938
73.9	11	15.5	0.885	12.0	0.629	16.2	0.938
76.4	12	15.2	0.953	11.8	0.742	15.0	0.938
81.3							

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540:

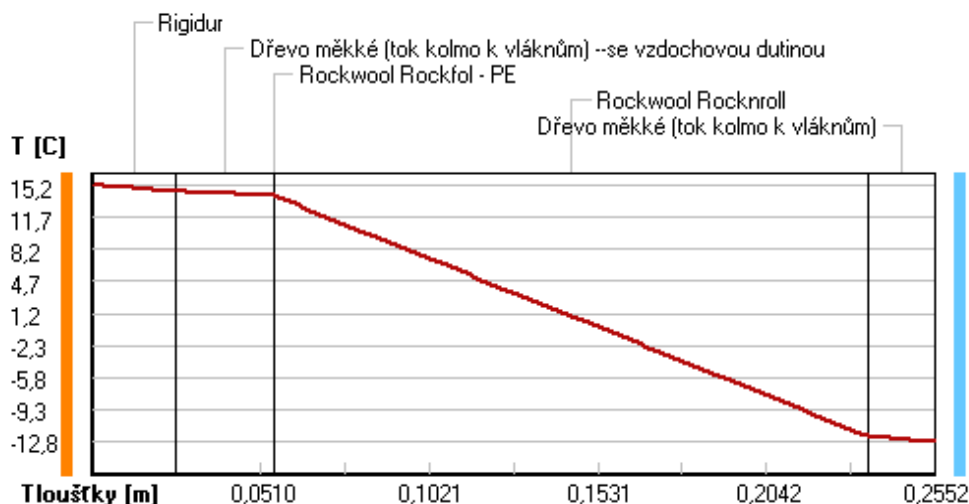
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

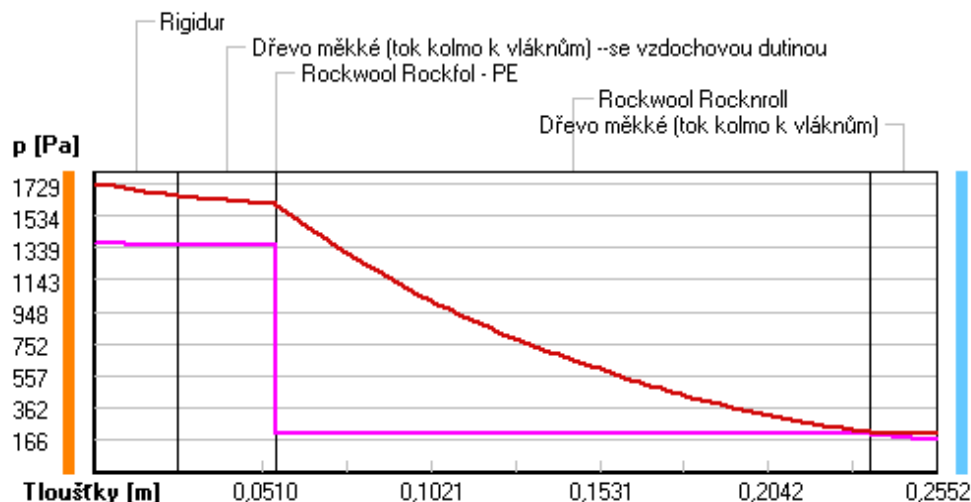
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	15.2	14.5	14.0	14.0	-12.1	-12.8
p [Pa]:	1363	1352	1351	206	202	166
p,sat [Pa]:	1729	1649	1599	1599	215	202

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

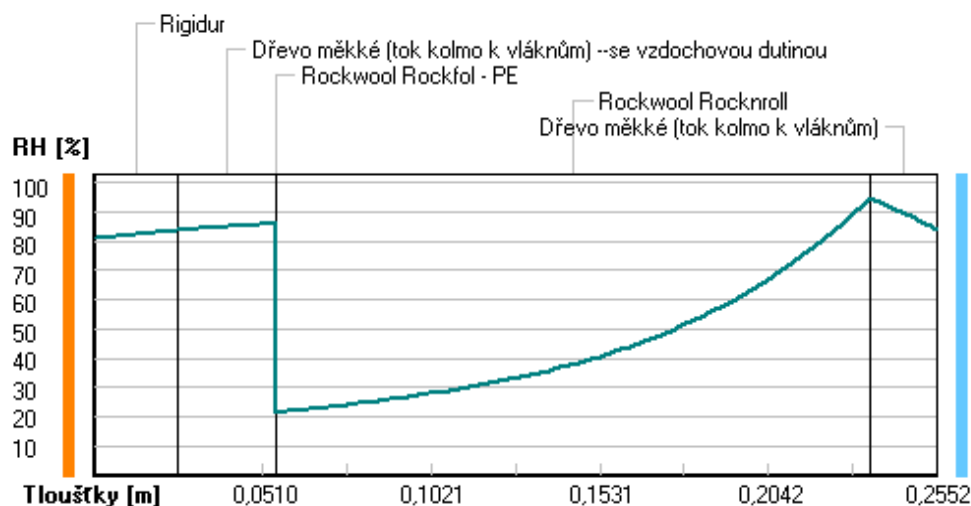
### Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



**Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách**



**Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách**



Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry  $G_d$  : 2.290E-0009 kg/(m<sup>2</sup>.s)

**Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:**

Roční cyklus č. 1

**V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.**

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční

cyklus):

rok	Číslo nad 90%	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za				
			pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	
	1	Rigidur	---	61	304	---	---
	2	Dřevo měkké (t	---	61	214	90	---
	3	Rockwool Rockf	---	61	214	90	---
	4	Rockwool Rockn	---	---	244	121	---
	5	Dřevo měkké (t	---	---	244	121	---

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční

křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní

vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

**Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.**

## IV. KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Střešní plášť**  
 Zpracovatel : Jakub Šejna  
 Zakázka : Bakalářská práce  
 Datum : 18.03.2018

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová  
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.050 W/m<sup>2</sup>K

### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Rigidur	0,0250	0,2020	1100,0	1200,0	40,0	0.0000
2	Dřevo měkké (t	0,0300	0,3750*	2510,0	400,0	0,3	0.0000
3	Rockwool Rockf	0,0002	0,2100	1470,0	900,0	500000,0	0.0000
4	Rockwool Rockn	0,1800	0,0410*	840,2	100,0	2,0	0.0000
5	Dřevo měkké (t	0,0200	0,1800	2510,0	400,0	157,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita

D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je



počáteční zabudovaná  
vlhkost ve vrstvě.

\* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

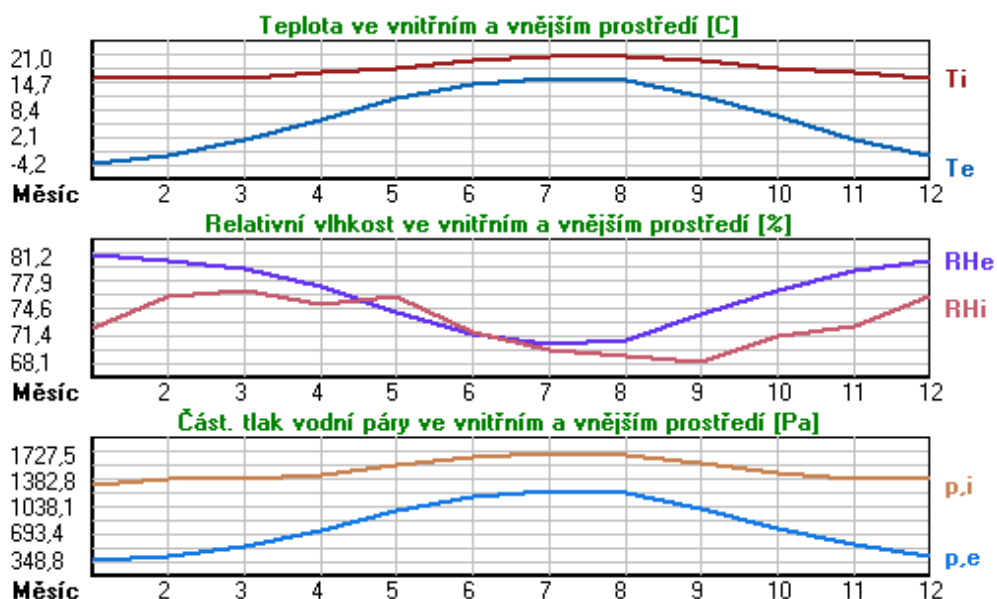
Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Rigidur	---
2	Dřevo měkké (tok kolmo k vláknům)	--se vzduchovou dutinou velká vzduch. dutina dle EN ISO 6946 (standard)
		Směr tepelného toku: nahoru Typ vzduchové vrstvy: slabě Tloušťka vzduchové vrstvy:
		větraná
		0.0300 m
3	Rockwool Rockfol - PE	---
4	Rockwool Rocknroll	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946
		Tep. vodivost zákl. materiálu: Tep. vodivost tep. mostů: Šířka tepelných mostů: Tloušťka tepelných mostů: Os. vzdálenost tep. mostů:
		0.041 W/(m.K)
		0.180 W/(m.K)
		0.1200 m
		0.1800 m
		1000.0000 m
5	Dřevo měkké (tok kolmo k vláknům)	---

### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi :	0.10 m <sup>2</sup> K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi :	0.25 m <sup>2</sup> K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse :	0.04 m <sup>2</sup> K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse :	0.04 m <sup>2</sup> K/W
Návrhová venkovní teplota Te :	-13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai :	16.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe :	84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi :	75.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe	Pe [Pa]	
1	31	744	16.0	72.3	1313.9	-4.2	81.2	348.8
2	28	672	16.0	76.0	1381.1	-2.3	80.5	405.9
3	31	744	16.0	76.9	1397.5	1.3	79.4	532.6
4	30	720	17.0	75.1	1454.4	6.1	77.3	727.5
5	31	744	18.0	76.1	1569.8	11.2	74.2	986.5
6	30	720	20.0	71.7	1675.6	14.3	71.6	1166.4
7	31	744	21.0	69.5	1727.5	15.7	70.2	1251.5
8	31	744	21.0	68.8	1710.1	15.2	70.7	1220.6
9	30	720	20.0	68.1	1591.5	11.5	73.9	1002.3
10	31	744	18.0	71.3	1470.8	6.8	76.9	759.5
11	30	720	17.0	72.5	1404.1	1.6	79.2	542.8
12	31	744	16.0	76.2	1384.8	-2.2	80.5	409.4

Poznámka: Tai, RHi a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



C Průměrná měsíční venkovní teplota  $T_e$  byla v souladu s EN ISO 13788 snížena o 2 (orientační zohlednění výměny tepla sáláním mezi střešou a oblohou).  
 Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %  
 Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.  
 Počet hodnocených let : 1

### VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE:

#### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 3.761 m<sup>2</sup>K/W  
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.256 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované kce  $U_{k,c}$  : 0.28 / 0.31 / 0.36 / 0.46 W/m<sup>2</sup>K  
 Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

#### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difuzní odpor konstrukce  $Z_p T$  : 5.6E+0011 m/s  
 Teplotní útlum konstrukce  $N_y^*$  podle EN ISO 13786 : 76.2  
 Fázový posun teplotního kmitu  $\Psi_i^*$  podle EN ISO 13786 : 6.9 h

#### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách  $T_{s,i,p}$  : 14.21 C  
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách  $f_{Rsi,p}$  : 0.938

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně  $R_{si}=0,25$  m<sup>2</sup>K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty	
	80%		100%		$T_{s,i}$ [C]	$f_{Rsi}$
RHsi[%]	$T_{s,i,m}$ [C]	$f_{Rsi,m}$	$T_{s,i,m}$ [C]	$f_{Rsi,m}$	$T_{s,i}$ [C]	$f_{Rsi}$
1	14.4	0.922	11.0	0.754	14.8	0.938

78.3	2	15.2	0.956	11.8	0.769	14.9	0.938
81.7	3	15.4	0.958	12.0	0.725	15.1	0.938
81.5	4	16.0	0.909	12.6	0.593	16.3	0.938
78.4	5	17.2	0.883	13.7	0.372	17.6	0.938
78.1	6	18.2	0.692	14.7	0.076	19.6	0.938
73.3	7	18.7	0.572	15.2	-----	20.7	0.938
70.9	8	18.6	0.581	15.1	-----	20.6	0.938
70.3	9	17.4	0.697	13.9	0.287	19.5	0.938
70.4	10	16.2	0.838	12.7	0.530	17.3	0.938
74.5	11	15.5	0.900	12.0	0.677	16.0	0.938
77.0	12	15.2	0.958	11.8	0.770	14.9	0.938
81.9							

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540:

(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční

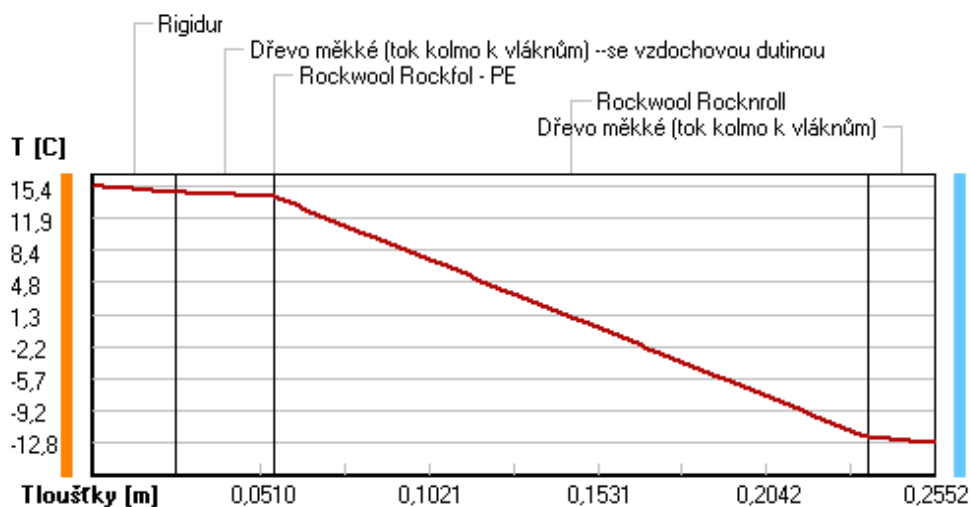
radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

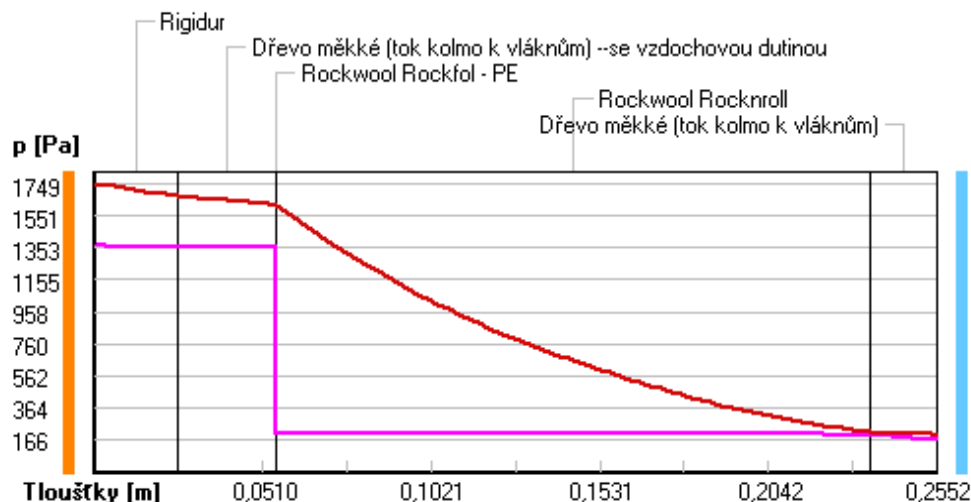
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	15.4	14.7	14.2	14.2	-12.1	-12.8
p [Pa]:	1363	1352	1351	206	202	166
p,sat [Pa]:	1749	1668	1617	1616	215	202

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

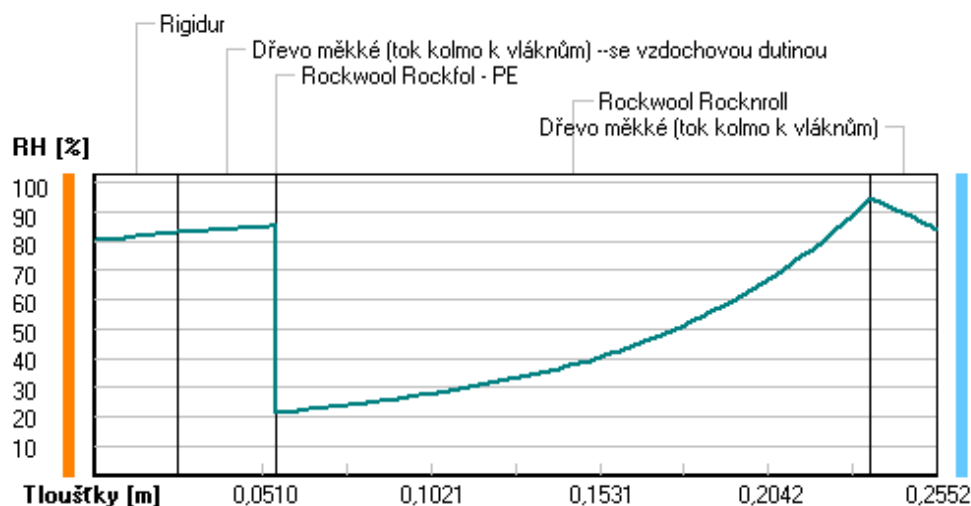
### Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



**Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách**



**Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách**



Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry  $G_d$  : 2.290E-0009 kg/(m<sup>2</sup>.s)

**Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:**

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční

cyklus):

rok	Číslo nad 90%	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za				
			pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	
	1	Rigidur	---	61	304	---	---
	2	Dřevo měkké (t	---	---	275	90	---
	3	Rockwool Rockf	---	---	275	90	---
	4	Rockwool Rockn	---	---	214	151	---
	5	Dřevo měkké (t	---	---	214	151	---

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční

křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

**Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.**

Teplu 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

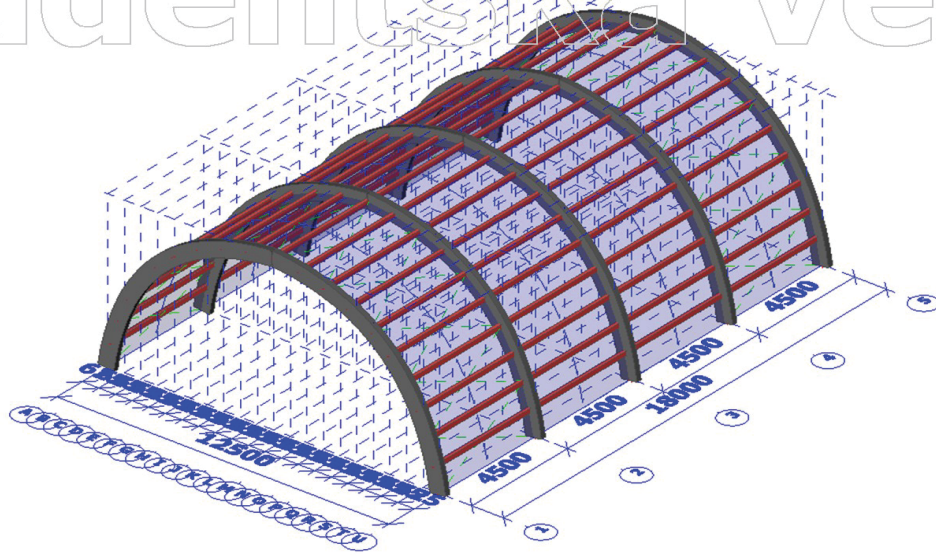
**POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH  
SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA  
ÚČINKŮ POŽÁRU**

**PŘÍLOHA Č. 4 – SCIA REPORT**

**2018**

**JAKUB ŠEJNA**

# Studentská verze



## 1. Výkaz materiálu

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Celkový součet :	7604,1	375,587	1,9304e+01

### Vysvětlivky symbolů

Povrch Pozn.: pro výpočet plochy povrchu se uvažuje pouze jeden povrch každého 2D dílce

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Dřevěný rám - OBDEL (200; 600)	lamely SB	44,4	98,796	4386,5	158,074	370,0	1,1856e+01
Vaznice - OBDEL (120; 180)	jehlicnate-S1	8,0	342,000	2733,3	205,200	370,0	7,3872e+00
Ztužidlo - RD20	S 235	2,5	196,488	484,3	12,313	7850,0	6,1697e-02

# Studentská verze



## 2. Protokol o výpočtu

### Lineární výpočet

Počet 2D prvků	0
Počet 1D prvků	1216
Počet uzlů sítě	1105
Počet rovnic	6630
Zatěžovací stavy	Vlastní tíha
	Sníh - nenavátý
	Vítr - východní
	Užitné
	Stálé
	Vítr - západní
	Sníh - navátý
	Sníh - NARODNÍ PŘÍLOHA
Spuštění výpočtu	02.04.2018 09:43
Konec výpočtu	02.04.2018 09:43

### Suma zatížení a reakcí.

	[kN]	X	Y	Z
Zatěžovací stav Vlastní tíha	zatížení	0.0	0.0	-74.6
	reakce v uzlech	0.0	0.0	74.6
	reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	0.0	0.0	0.0
Zatěžovací stav Sníh - nenavátý	zatížení	0.0	0.0	-131.2
	reakce v uzlech	-0.0	0.0	131.2
	reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	0.0	0.0	0.0
Zatěžovací stav Vítr - východní	zatížení	37.0	0.0	0.0
	reakce v uzlech	-37.0	0.0	-0.0
	reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	0.0	0.0	0.0
Zatěžovací stav Užitné	zatížení	0.0	0.0	-90.0
	reakce v uzlech	-0.0	0.0	90.0
	reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	0.0	0.0	0.0
Zatěžovací stav Stálé	zatížení	0.0	0.0	-58.5
	reakce v uzlech	-0.0	0.0	58.5
	reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	0.0	0.0	0.0
Zatěžovací stav Vítr - západní	zatížení	-37.0	0.0	-0.0
	reakce v uzlech	37.0	0.0	0.0
	reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	0.0	0.0	0.0
Zatěžovací stav Sníh - navátý	zatížení	-0.0	0.0	-60.7
	reakce v uzlech	0.0	0.0	60.7
	reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	0.0	0.0	0.0
Zatěžovací stav Sníh - NARODNÍ PŘÍLOHA	zatížení	-0.0	0.0	-63.9
	reakce v uzlech	0.0	0.0	63.9
	reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	0.0	0.0	0.0

Studentská verze



### 3. Vnitřní síly na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

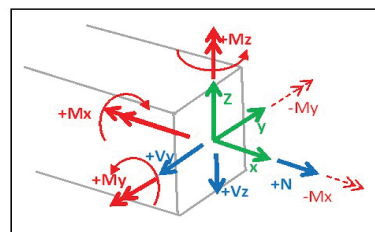
Zatěžovací stavy : Vlastní tíha

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B5	Dřevěný rám - OBDEL	0,000	Vlastní tíha	<b>-8,31</b>	0,00	<b>-1,73</b>	0,00	0,00	0,00
B72	Vaznice - OBDEL	0,000	Vlastní tíha	<b>0,11</b>	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
B10	Dřevěný rám - OBDEL	2,964	Vlastní tíha	-5,31	<b>-0,03</b>	-0,27	0,00	-2,57	0,02
B3	Dřevěný rám - OBDEL	2,964	Vlastní tíha	-5,31	<b>0,03</b>	-0,27	0,00	-2,57	-0,02
B5	Dřevěný rám - OBDEL	5,928	Vlastní tíha	-4,47	0,00	<b>0,94</b>	0,00	-1,81	0,00
B10	Dřevěný rám - OBDEL	6,916	Vlastní tíha	-2,98	0,00	0,61	<b>0,00</b>	-1,01	0,00
B3	Dřevěný rám - OBDEL	6,916	Vlastní tíha	-2,98	0,00	0,61	<b>0,00</b>	-1,01	0,00
B5	Dřevěný rám - OBDEL	3,458	Vlastní tíha	-6,07	0,00	0,00	0,00	<b>-2,95</b>	0,00
B12	Vaznice - OBDEL	2,250	Vlastní tíha	-0,03	0,00	0,00	0,00	<b>0,20</b>	0,00
B11	Dřevěný rám - OBDEL	2,964	Vlastní tíha	-5,31	0,03	-0,27	0,00	-2,57	<b>-0,02</b>
B2	Dřevěný rám - OBDEL	2,964	Vlastní tíha	-5,31	-0,03	-0,27	0,00	-2,57	<b>0,02</b>

### 4. Skupiny výsledků

#### 4.1. Skupiny výsledků - Všechny MSU

Jméno	Výpis
Všechny MSU	BASE (bez sněhu a větru) - Lineární - únosnost
	BASE a sníh nenavátý - Lineární - únosnost
	BASE a sníh navátý - Lineární - únosnost
	BASE a sníh národní příloha - Lineární - únosnost
	BASE a vítr západní - Lineární - únosnost
	BASE a vítr východní - Lineární - únosnost
	TOTAL - Vítr východní, Sníh nenavátý - Lineární - únosnost
	TOTAL - Vítr západní, Sníh nenavátý - Lineární - únosnost
	TOTAL a Vítr východní, Sníh navátý - Lineární - únosnost
	TOTAL a Vítr západní, Sníh navátý - Lineární - únosnost
	TOTAL a Vítr západní, Sníh národní příloha - Lineární - únosnost
	TOTAL a Vítr východní, Sníh národní příloha - Lineární - únosnost



Lineární výpočet, Extrém : Průřez, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

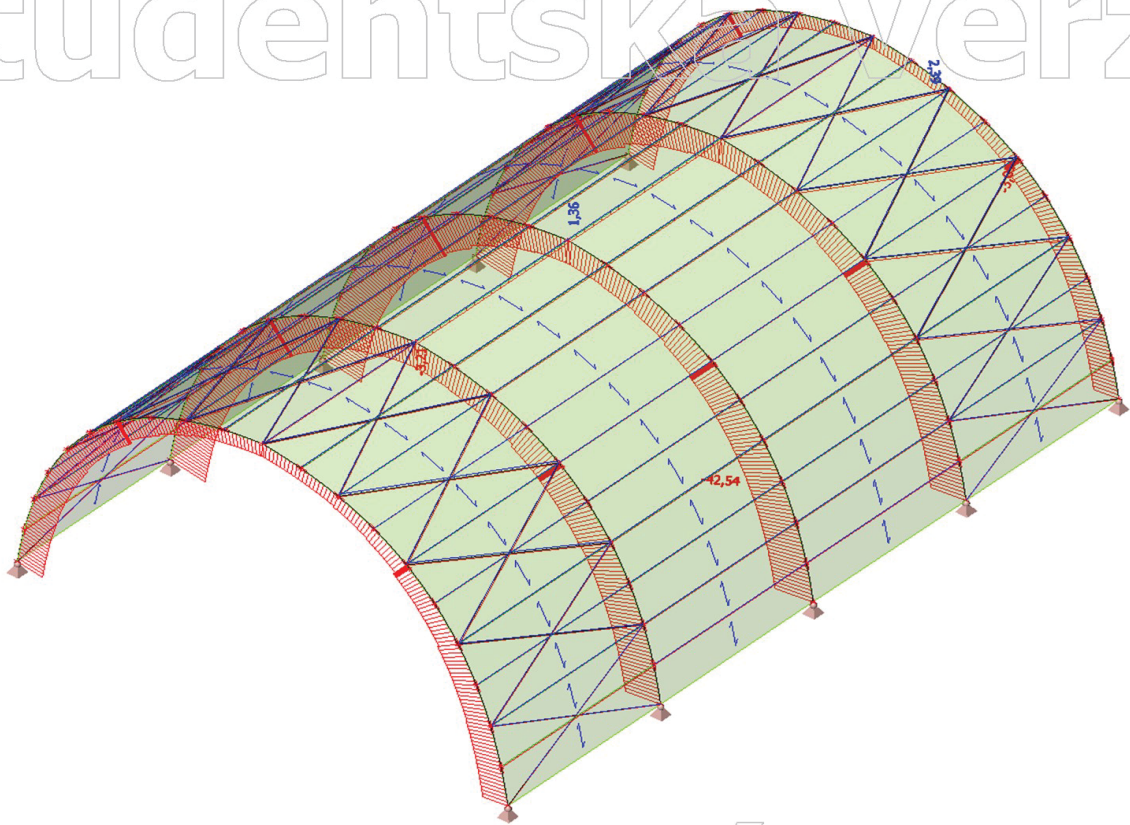
Třída : Všechny MSU

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B7	Dřevěný rám - OBDEL	2,964	BASE a sníh nenavátý/1	<b>-42,54</b>	0,00	-4,27	0,00	-27,83	0,00
B2	Dřevěný rám - OBDEL	0,000	BASE (bez sněhu a větru)/2	-17,41	<b>-1,98</b>	0,33	-0,01	0,00	0,00
B11	Dřevěný rám - OBDEL	0,000	BASE (bez sněhu a větru)/2	-17,41	<b>1,98</b>	0,33	0,01	0,00	0,00
B7	Dřevěný rám - OBDEL	0,000	BASE a sníh nenavátý/1	-41,88	0,00	<b>-13,16</b>	0,00	0,00	0,00
B7	Dřevěný rám - OBDEL	6,916	BASE a sníh nenavátý/1	-35,07	0,00	<b>12,13</b>	0,00	-12,32	0,00
B11	Dřevěný rám - OBDEL	3,952	BASE (bez sněhu a větru)/2	-15,21	-0,51	-1,18	<b>-0,76</b>	0,08	2,76
B2	Dřevěný rám - OBDEL	3,952	BASE (bez sněhu a větru)/2	-15,22	0,51	-1,18	<b>0,76</b>	0,08	-2,76
B7	Dřevěný rám - OBDEL	4,150	BASE a sníh nenavátý/1	-41,84	0,00	0,06	0,00	<b>-30,69</b>	0,00
B6	Dřevěný rám - OBDEL	4,940	BASE a vítr východní/3	-8,39	0,00	0,80	0,00	<b>8,19</b>	0,00
B2	Dřevěný rám - OBDEL	2,964	BASE (bez sněhu a větru)/2	-15,46	0,34	-1,22	0,74	0,35	<b>-2,76</b>
B11	Dřevěný rám - OBDEL	2,964	BASE (bez sněhu a větru)/2	-15,46	-0,34	-1,22	-0,74	0,35	<b>2,76</b>
B13	Vaznice - OBDEL	0,000	BASE a sníh nenavátý/1	<b>-3,21</b>	0,00	3,73	0,00	0,00	0,00
B14	Vaznice - OBDEL	0,000	BASE (bez sněhu a větru)/2	<b>1,36</b>	0,00	2,07	0,00	0,00	0,00
B87	Vaznice - OBDEL	4,500	BASE (bez sněhu a větru)/2	-1,59	<b>-3,18</b>	-0,77	0,00	0,00	<b>-2,52</b>
B84	Vaznice - OBDEL	0,000	BASE (bez sněhu a větru)/2	-1,59	<b>3,18</b>	0,77	0,00	0,00	-2,52
B12	Vaznice - OBDEL	4,500	BASE a sníh nenavátý/1	-1,19	0,00	<b>-3,73</b>	0,00	0,00	0,00
B12	Vaznice - OBDEL	0,000	BASE a sníh nenavátý/1	-1,19	0,00	<b>3,73</b>	0,00	0,00	0,00
B59	Vaznice - OBDEL	0,000	BASE a sníh nenavátý/1	-0,11	0,18	3,70	<b>0,00</b>	0,00	-0,09
B47	Vaznice - OBDEL	0,000	BASE a sníh nenavátý/1	-0,11	-0,18	3,70	<b>0,00</b>	0,00	0,09
B12	Vaznice - OBDEL	2,250	BASE a sníh nenavátý/1	-1,19	0,00	0,00	0,00	<b>4,20</b>	0,00
B19	Vaznice - OBDEL	4,500	BASE (bez sněhu a větru)/2	-1,59	3,18	-0,77	0,00	0,00	<b>2,52</b>
B141	Ztužidlo - RD20	0,000	BASE a sníh nenavátý/1	<b>-3,03</b>	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
B128	Ztužidlo - RD20	4,911	BASE a sníh nenavátý/1	<b>2,39</b>	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
B119	Ztužidlo - RD20	0,000	BASE (bez sněhu a větru)/2	-0,03	<b>0,00</b>	0,05	0,00	0,00	0,00
B140	Ztužidlo - RD20	0,000	BASE (bez sněhu a větru)/2	-0,03	<b>0,00</b>	0,05	0,00	0,00	0,00
B108	Ztužidlo - RD20	4,913	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,57	0,00	<b>-0,06</b>	0,00	0,00	0,00
B108	Ztužidlo - RD20	0,000	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,56	0,00	<b>0,06</b>	0,00	0,00	0,00
B111	Ztužidlo - RD20	0,000	BASE a sníh nenavátý/1	1,08	0,00	0,06	<b>0,00</b>	0,00	0,00
B132	Ztužidlo - RD20	0,000	BASE a sníh nenavátý/1	1,08	0,00	0,06	<b>0,00</b>	0,00	0,00
B108	Ztužidlo - RD20	2,456	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,56	0,00	0,00	0,00	<b>0,07</b>	0,00
B119	Ztužidlo - RD20	4,914	BASE (bez sněhu a větru)/2	-0,08	0,00	-0,05	0,00	0,00	<b>-0,01</b>
B140	Ztužidlo - RD20	4,914	BASE (bez sněhu a větru)/2	-0,08	0,00	-0,05	0,00	0,00	<b>0,01</b>



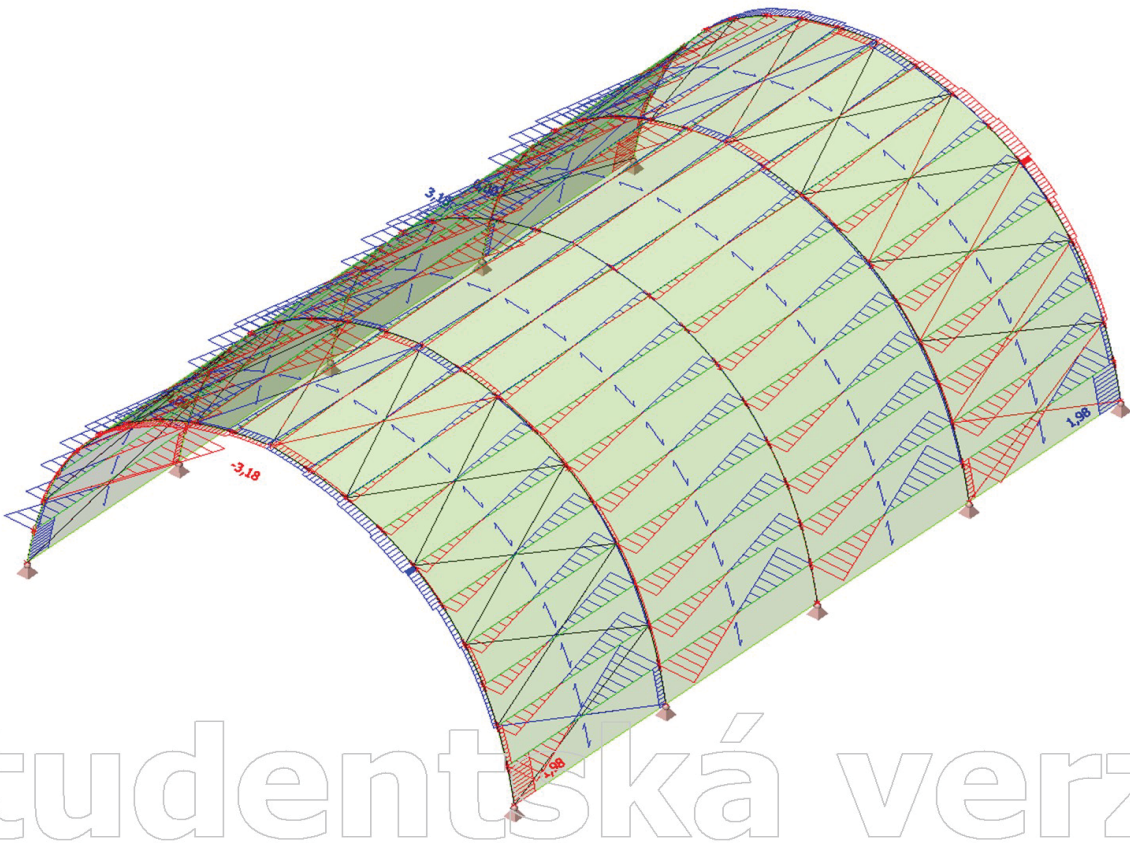
4.1.1.  $N_x$

Studentská verze



4.1.2.  $V_y$

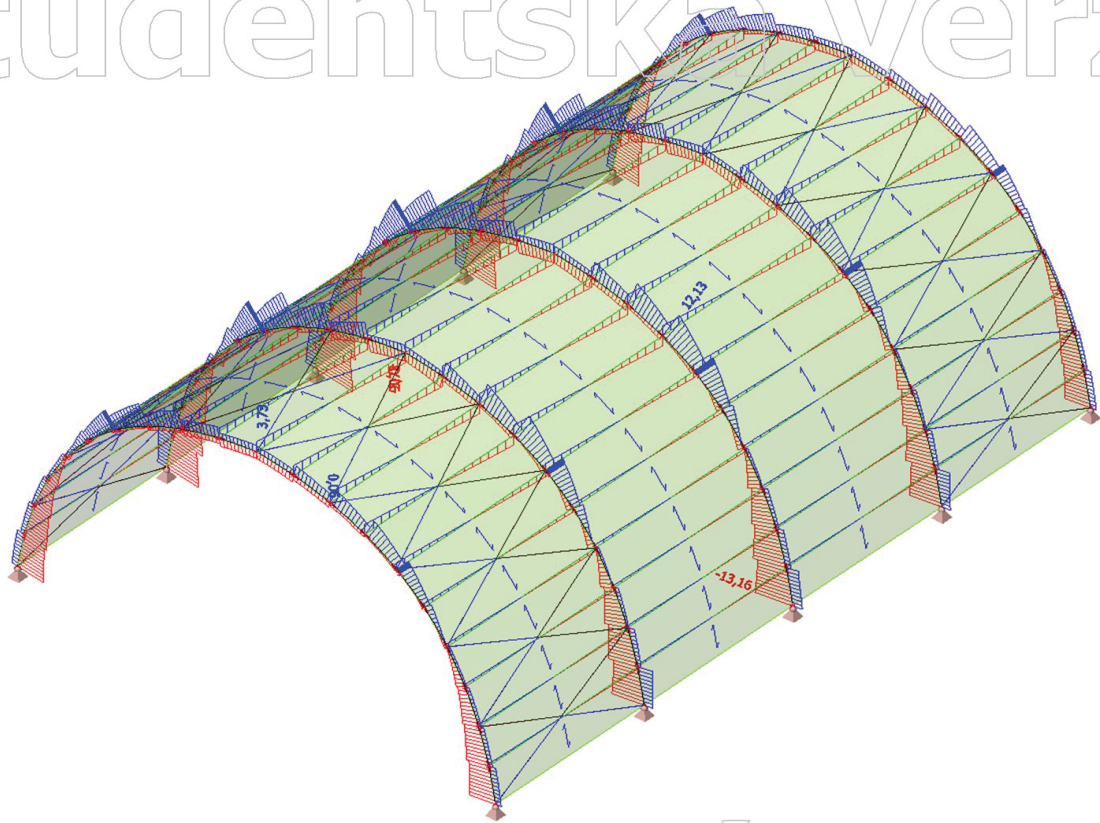
Studentská verze



Studentská verze

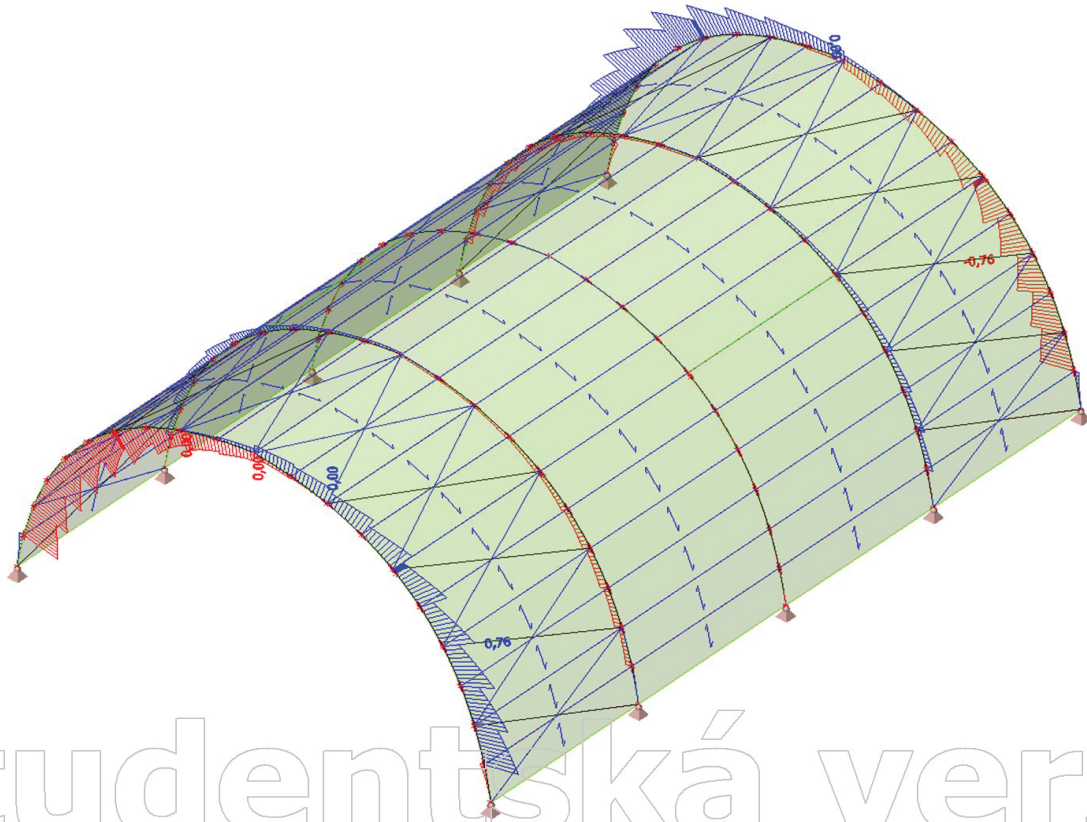
4.1.3. Vz

Studentská verze



4.1.4. Mx

Studentská verze

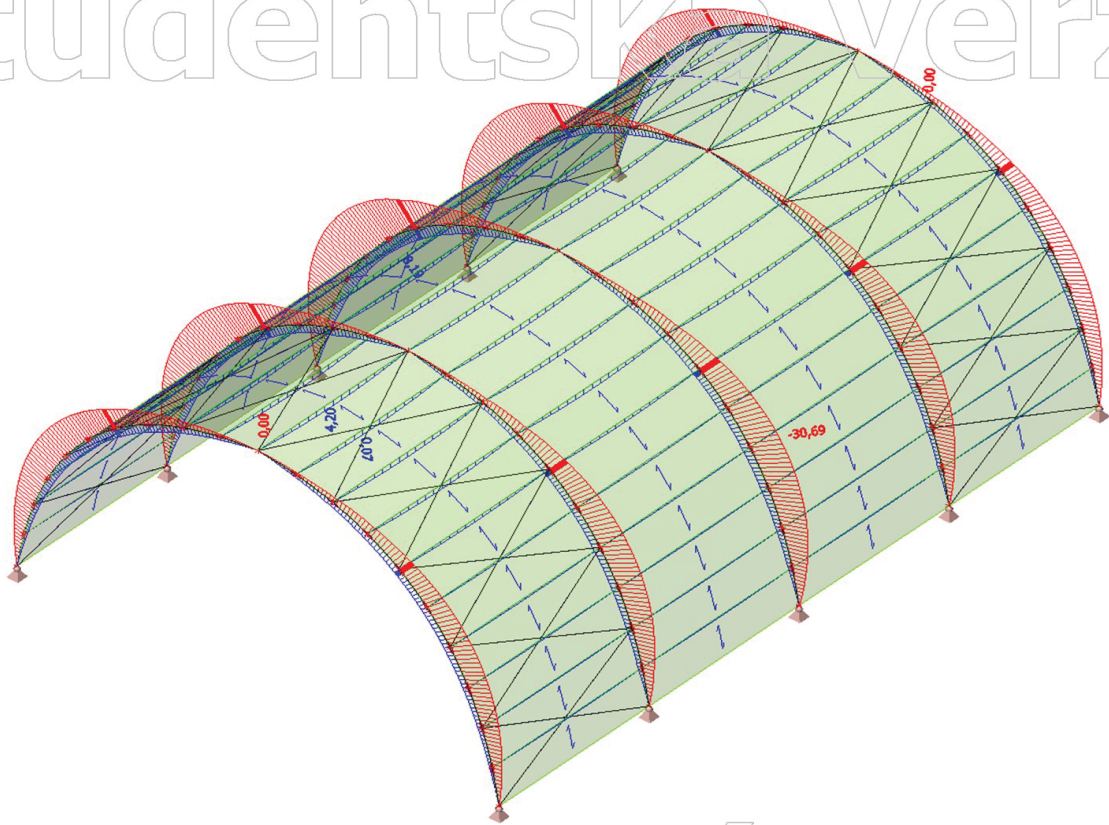


Studentská verze



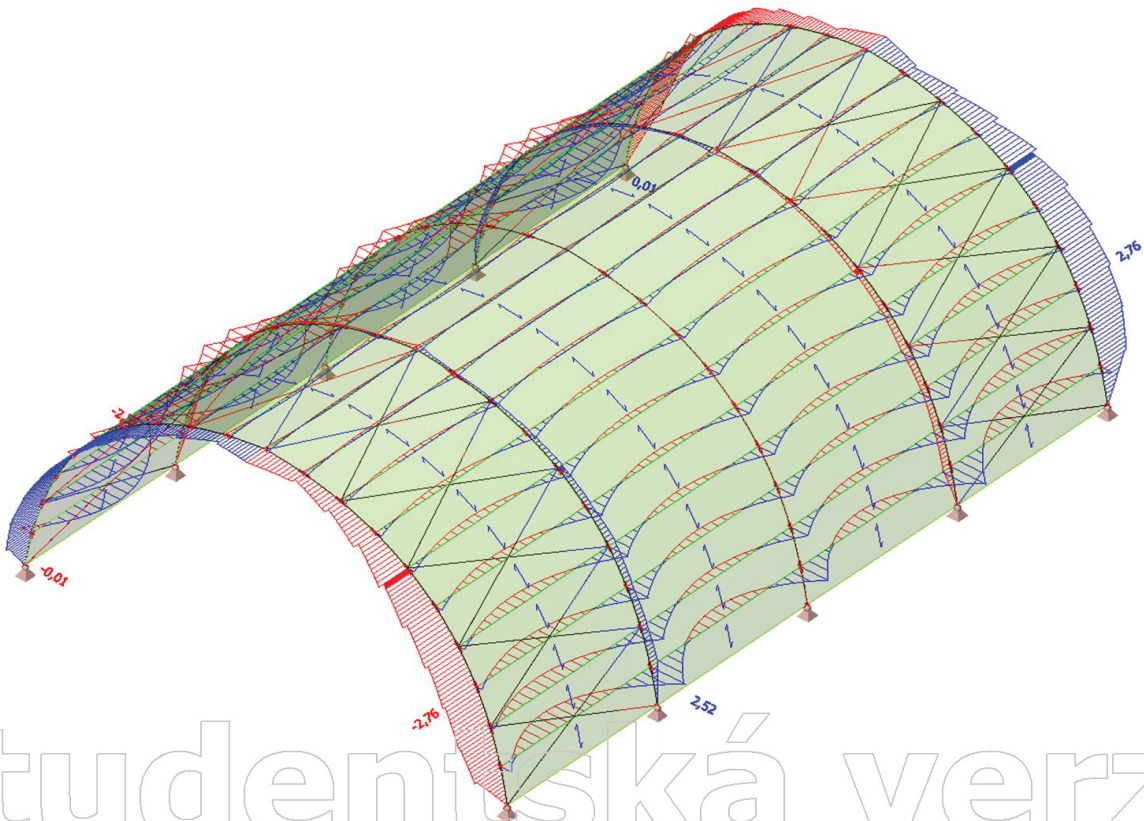
4.1.5. My

Studentská verze



4.1.6. Mz

Studentská verze



Studentská verze

## 5. Skupiny výsledků

### 5.1. Skupiny výsledků - Všechny MSU

Jméno	Výpis
Všechny MSU	BASE (bez sněhu a větru) - Lineární - únosnost
	BASE a sníh nenavátý - Lineární - únosnost
	BASE a sníh navátý - Lineární - únosnost
	BASE a sníh národní příloha - Lineární - únosnost
	BASE a vítr západní - Lineární - únosnost
	BASE a vítr východní - Lineární - únosnost
	TOTAL - Vítr východní, Sníh nenavátý - Lineární - únosnost
	TOTAL - Vítr západní, Sníh nenavátý - Lineární - únosnost
	TOTAL a Vítr východní, Sníh navátý - Lineární - únosnost
	TOTAL a Vítr západní, Sníh navátý - Lineární - únosnost
	TOTAL a Vítr západní, Sníh národní příloha - Lineární - únosnost
	TOTAL a Vítr východní, Sníh národní příloha - Lineární - únosnost

#### 5.1.1. Deformace na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Průřez

Výběr : Vše

Třída : Všechny MSU

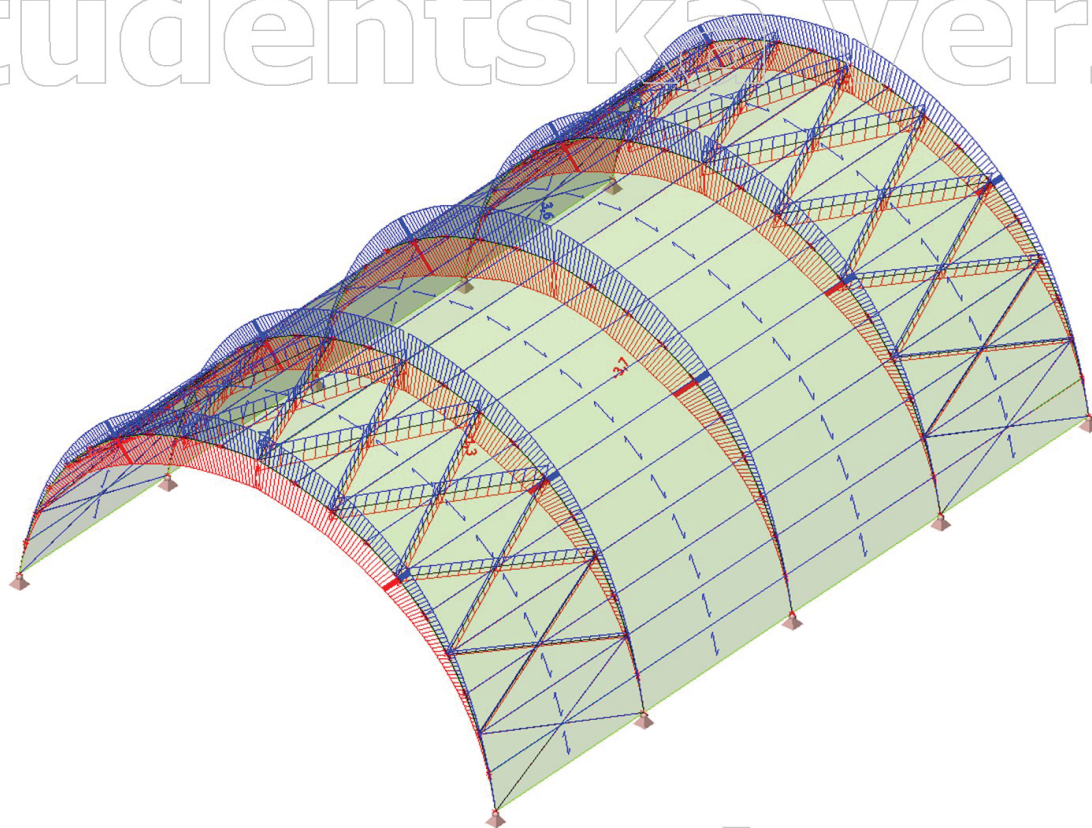
Prvek	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]	Výslednice [mm]
B7	7,410	TOTAL - Vítr východní, Sníh nenavátý/4	<b>-3,7</b>	0,0	-0,2	0,0	1,8	0,0	3,7
B6	9,781	BASE a vítr východní/3	<b>3,6</b>	0,0	-0,9	0,0	-0,4	0,0	3,7
B2	9,880	BASE a sníh nenavátý/1	-0,6	<b>-0,1</b>	-6,5	0,5	1,7	0,0	6,5
B3	9,880	BASE a sníh nenavátý/1	-0,6	<b>0,1</b>	-6,5	-0,5	1,7	0,0	6,5
B6	9,880	BASE a sníh nenavátý/1	-0,9	0,0	<b>-9,7</b>	0,0	2,6	0,0	9,7
B7	3,853	TOTAL - Vítr východní, Sníh nenavátý/4	-1,6	0,0	<b>5,3</b>	0,0	-0,2	0,0	5,5
B11	0,988	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,0	0,1	-0,1	<b>-6,6</b>	0,0	0,0	0,1
B2	0,988	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,0	-0,1	-0,1	<b>6,6</b>	0,0	0,0	0,1
B7	0,000	TOTAL - Vítr východní, Sníh nenavátý/4	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>-2,0</b>	0,0	0,0
B7	9,880	BASE a sníh nenavátý/1	-0,9	0,0	-9,7	0,0	<b>2,6</b>	0,0	9,7
B2	0,099	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	<b>-0,2</b>	0,0
B11	0,099	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,0	0,0	0,0	-6,5	0,0	<b>0,2</b>	0,0
B15	4,500	BASE a sníh nenavátý/1	<b>-0,1</b>	0,0	-6,5	-1,7	<b>-11,2</b>	0,0	6,5
B12	0,000	BASE a sníh nenavátý/1	<b>0,1</b>	0,0	-6,5	-1,7	<b>11,2</b>	0,0	6,5
B87	2,000	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,0	<b>-10,0</b>	-3,2	0,1	0,4	-0,3	10,5
B16	2,500	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,0	<b>10,0</b>	-3,2	-0,1	-0,4	0,3	10,5
B14	2,250	BASE a sníh nenavátý/1	0,0	0,0	<b>-24,6</b>	-2,4	-0,3	0,0	24,6
B29	0,000	TOTAL - Vítr východní, Sníh nenavátý/4	0,0	-5,4	<b>1,4</b>	0,1	1,5	0,0	5,5
B13	4,500	BASE a sníh nenavátý/1	0,0	0,0	-9,7	<b>-2,6</b>	-10,5	0,0	9,7
B53	0,000	BASE a sníh nenavátý/1	0,0	0,3	-7,2	<b>2,6</b>	10,6	0,0	7,2
B16	4,250	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,0	1,8	-0,6	0,0	-2,2	<b>-6,9</b>	1,9
B19	0,250	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,0	1,8	-0,6	0,0	2,2	<b>6,9</b>	1,9
B106	4,911	TOTAL - Vítr východní, Sníh nenavátý/4	<b>-1,3</b>	-2,4	-2,1	-1,6	-72,0	0,3	3,4
B134	0,000	TOTAL - Vítr západní, Sníh nenavátý/5	<b>1,3</b>	2,4	-2,1	1,6	72,0	0,3	3,4
B140	3,103	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,0	<b>-4,8</b>	-96,1	-1,4	-26,3	0,1	96,2
B122	3,103	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,0	<b>4,8</b>	-96,1	1,4	-26,3	-0,1	96,2
B120	2,456	BASE a sníh nenavátý/1	0,6	0,0	<b>-118,9</b>	0,4	-1,1	-0,2	118,9
B142	4,911	TOTAL - Vítr východní, Sníh nenavátý/4	0,9	-4,4	<b>1,5</b>	0,2	-70,7	-0,2	4,8
B140	4,914	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,0	0,0	0,0	<b>-2,6</b>	-68,1	5,9	0,0
B100	0,000	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,0	0,0	0,0	<b>2,6</b>	68,1	<b>5,9</b>	0,0
B131	4,913	BASE a sníh nenavátý/1	0,5	0,6	-3,1	1,3	<b>-74,8</b>	0,3	3,2
B108	0,000	BASE a sníh nenavátý/1	-0,5	-0,6	-3,1	-1,3	<b>74,8</b>	0,3	3,2
B122	4,914	BASE (bez sněhu a větru)/2	0,0	0,0	0,0	2,6	-68,1	<b>-5,9</b>	0,0

Studentská verze



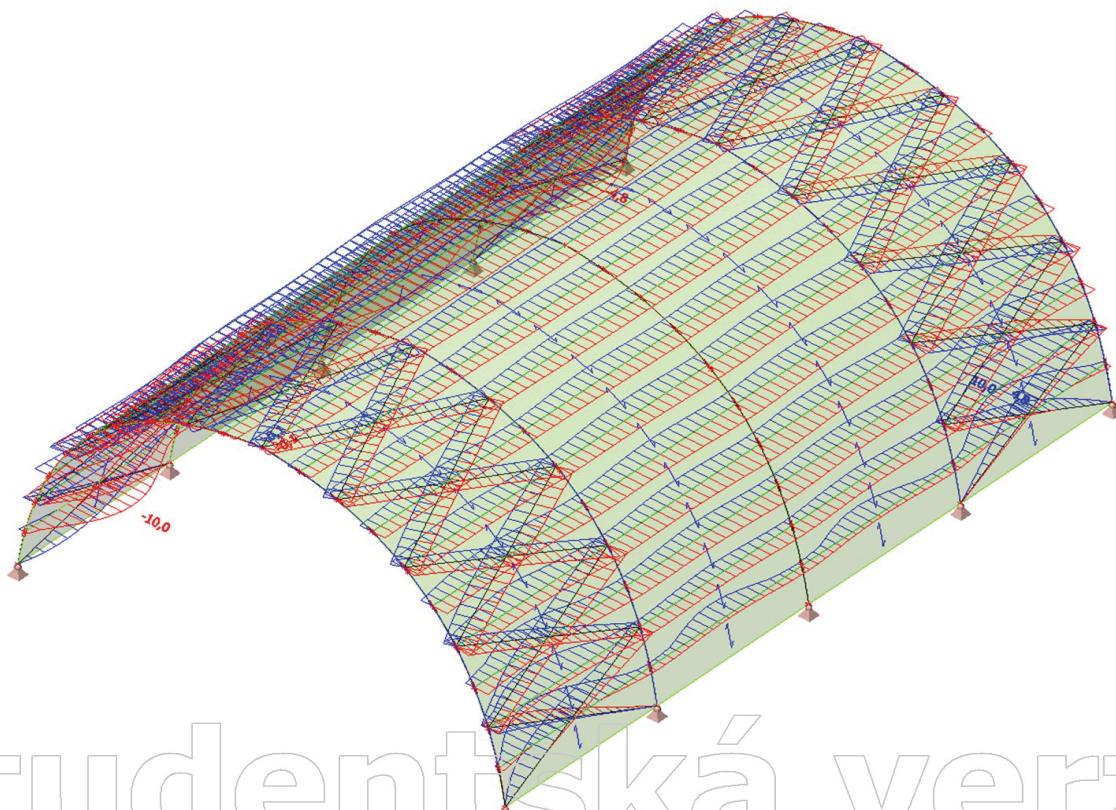
5.1.2. ux

Studentská verze



5.1.3. uy

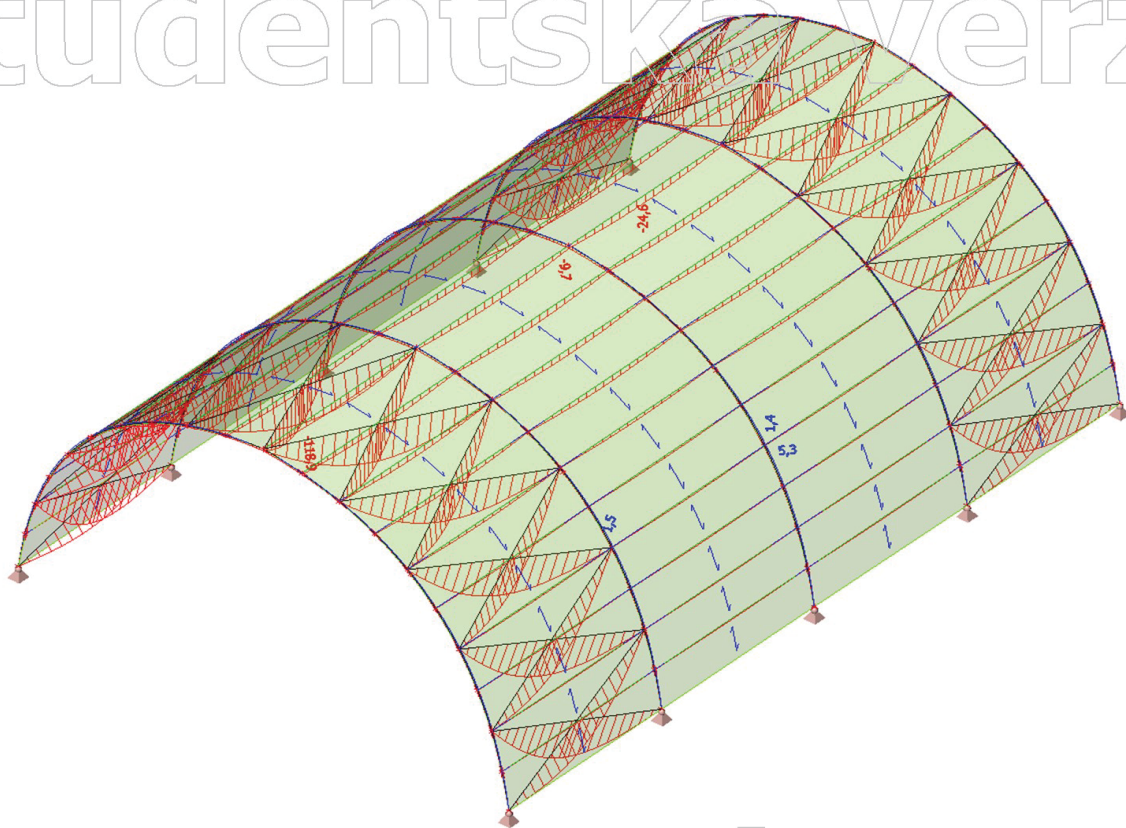
Studentská verze



Studentská verze

5.1.4. uz

Studentská verze



Studentská verze

Studentská verze

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH  
SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA  
ÚČINKŮ POŽÁRU**

**PŘÍLOHA Č. 5 – NÁVRH HLAVNÍCH  
NOSNÝCH PRVKŮ**

**2018**

**JAKUB ŠEJNA**



## Statické posouzení zakřiveného nosníku za účinku požáru

dle ČSN EN 1995-1-1 a ČSN EN 1995-1-2

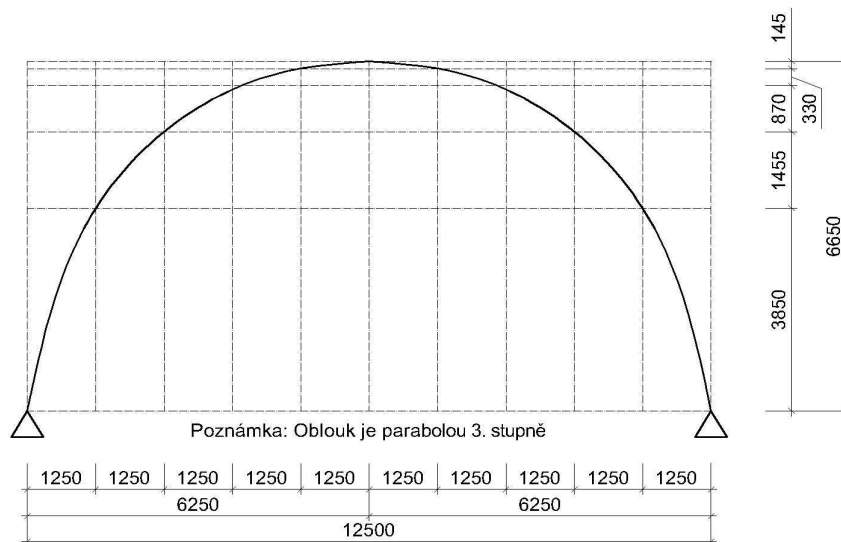
### Podmínky:

- 1) Nosníku je bráněno klopení  $k_{crit} = 1,00$
- 2) Hustota dřeva  $\rho > 290 \text{ kg/m}^3$
- 3) Třída trvání zatížení = krátkodobé

### Postup posouzení:

- 1) Posouzení nosníku za běžné teploty
- 2) Posouzení nosníku za účinků požáru
  - a) Redukce zatížení
  - b) Redukce průřezu

### Statické schéma:



### Základní rozměry:

Výška rámu	$h_r =$	6,65 m
Rozpětí rámu	$b_r =$	12,50 m
Šířka nosníku	$b =$	0,16 m
Výška norníku	$h = h_{ap} =$	0,48 m

POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA ÚČINKŮ POŽÁRU  
ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ

Materiálové charakteristiky:

Třída dřeva =	GL24h
Ohyb	$f_{m,k}^{b,c} = 24,00 \text{ N/mm}^2$
Tah rovnoběžně	$f_{t,0,k} = 16,50 \text{ N/mm}^2$
Tah kolmo	$f_{t,90,k} = 0,50 \text{ N/mm}^2$
Tlak rovnoběžně	$f_{c,0,k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$
Tah kolmo	$f_{c,90,k} = 2,70 \text{ N/mm}^2$
Smyk a kroucení	$f_{v,kd} = 3,50 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti rovnoběžně	$E_{0,mean}^e = 11,60 \text{ kN/mm}^2$
Modul pružnosti kolmo	$E_{90,mean}^e = 0,39 \text{ kN/mm}^2$
Modul pružnosti ve smyku	$G_{mean}^{d,e} = 0,72 \text{ kN/mm}^2$
Hustota	$\rho_k = 380,00 \text{ kg/m}^3$

Zatížení nosníku:

Moment ve vrcholu	$M_{ap,d} = 29,94 \text{ kNm}$
-------------------	--------------------------------

Vstupní data:

Způsob uložení nosníku	prostě uložený
Požadovaná požární odolnost	$t_{REQ} = 30 \text{ min}$
Třída provozu 1	$k_{def} = 0,60$
Krátkodobé zatížení	$k_{mod} = 0,90$
Využití prostoru	Výrobní
Použitý materiál =	Lepené dřevo
Součinitel	$\gamma_M = 1,25$

**Posouzení za běžné teploty:**

1)  $\sigma_{m,d} \leq k_r f_{m,d}$

$$\sigma_{m,d} = 6k_1 M_{ap,d} / b h_{ap}^2 = 5021,28 \text{ kPa}$$

$$f_{m,d} = k_{mod} f_{m,k}^{b,c} / \gamma_M = 17,28 \text{ MPa}$$

$$k_1 = k_1 + k_2 (h_{ap}/r) + k_3 (h_{ap}/r)^2 + k_4 (h_{ap}/r)^3 = 1,03$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \text{tg} \alpha_{ap} + 5,4 \text{tg}^2 \alpha_{ap} = 1,00$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \text{tg} \alpha_{ap} = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \text{tg} \alpha_{ap} - 7,8 \text{tg}^2 \alpha_{ap} = 0,60$$

$$k_4 = 6 \text{tg}^2 \alpha_{ap} = 0,00$$

$$r = r_{in} + 0,5 h_{ap} = 6,49 \text{ m}$$

POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA ÚČINKŮ POŽÁRU  
ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ

$$r_{in} = 6,25 \text{ m}$$

$$\alpha_{ap} = 0,00^\circ$$

$$k_r = 1,00$$

$$r_{in}/t = 312,50 > 240$$

$$t = 0,02 \text{ m}$$

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

$$\sigma_{m,d} = 5,02 \text{ MPa} < k_r f_{m,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE, ÚNOSNOST JE SPLNĚNA**

$$2) \sigma_{t,90,d} < k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}$$

$$k_{vol} = (V_0/V)^{0,2} = 0,42$$

$$k_{dis} = 1,70$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} f_{t,90,k} / \gamma_M = 0,36 \text{ MPa}$$

$$V_0 = 0,01 \text{ m}^3$$

$$V = 2V_b/3 = 0,81 \text{ m}^3$$

$$V_b = 1,21 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{t,90,d} = 6k_p M_{ap,d} / bh_{ap}^2 = 93,5625 \text{ kPa}$$

$$k_p = k_5 + k_6(h_{ap}/r) + k_7(h_{ap}/r)^2 = 0,0192$$

$$k_5 = 0,2 \text{tg} \alpha_{ap} = 0$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \text{tg} \alpha_{ap} + 2,6 \text{tg}^2 \alpha_{ap} = 0,25$$

$$k_7 = 2,1 \text{tg} \alpha_{ap} - 4 \text{tg}^2 \alpha_{ap} = 0$$

$$\sigma_{t,90,d} < k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}$$

$$\sigma_{t,90,d} = 0,09 \text{ MPa} < k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d} = 0,25 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE, ÚNOSNOST JE SPLNĚNA**

3)  $\tau_d < f_{v,kd}$

$$\tau_d = V_{\max}/bh = 1,66 \text{ MPa}$$

$$V_{\max} = 12,78 \text{ kN}$$

$$\tau_d = 1,66 \text{ MPa} < f_{v,kd} = 3,50 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE, ÚNOSNOST JE SPLNĚNA**

4)  $\tau_{\text{tor},d} < k_{\text{shape}}f_{v,kd}$

$$k_{\text{shape}} = \min(1+0,15h/b; 2,0) = 1,45$$

$$k_{\text{shape}}f_{v,kd} = 5,08 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{tor},d} = M_k/W = 4,23 \text{ MPa}$$

$$M_k = 0,26 \text{ kNm}$$

$$W = 0,006144 \text{ m}^3$$

$$\tau_{\text{tor},d} = 4,23 \text{ MPa} < k_{\text{shape}}f_{v,kd} = 5,08 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE, ÚNOSNOST JE SPLNĚNA**

5) Průhyby

$$w_{\text{net},\text{fin}} = l/350 = 28,22857 \text{ mm}$$

$$l = 9880 \text{ mm}$$

$$w = 12,2 \text{ mm}$$

$$w = 12,20 \text{ mm} < w_{\text{net},\text{fin}} = 28,23 \text{ mm}$$

**VYHOVUJE, ÚNOSNOST JE SPLNĚNA**

**2) Posouzení nosníku za účinků požáru**

$$d_{\text{CHAR}} = \beta_n t_{fi} = 21,0 \text{ [mm]}$$

$$\beta_N = 0,70 \text{ [-]}$$

$$d_{\text{eff}} = d_{\text{CHAR}} + d_o k_o = 28,0 \text{ [mm]}$$

$$k_o = 1,0 \text{ [mm]}$$

$$d_o = 7,0 \text{ [mm]}$$

POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA ÚČINKŮ POŽÁRU  
ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ

Chránění nosníku proti účinkům požáru:

z prava =	NE, není chráněno	↘			
z leva =	NE, není chráněno	↗	x =	2	[-]
z hora =	ANO, je chráněno	↘			
z dola =	NE, není chráněno	↗	y =	1	[-]

Výpočet efektivních rozměrů průřezu:

$$b_{\text{eff}} = b - d_{\text{eff}}y = 0,104 \text{ [mm]}$$

$$h_{\text{eff}} = h - d_{\text{eff}}x = 0,452 \text{ [mm]}$$

Posouzení požární odolnosti:

$$\sigma_{M,fi} \leq f_{md,fi}$$

$$\sigma_{M,fi} = M_{ed,fi} / W_{fi} = M_{ed}\eta_{fi} / \frac{1}{6}b_{\text{eff}}h_{\text{eff}}^2 = 5072,76 \text{ [KPa]}$$

$$\eta_{fi} = 0,60 \text{ [-]}$$

$$f_{md,fi} = k_{\text{mod}}f_{m,20} / \gamma_{M,fi} = 30 \text{ [MPa]}$$

$$k_{\text{mod}} = 1,0 \text{ [-]}$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0 \text{ [-]}$$

$$f_{m,fi} = 30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{M,fi} \leq f_{md,fi}$$

$$\sigma_{M,fi} = 5,07 \text{ MPa} < f_{md,fi} = 30,00 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE, POŽÁRNÍ ODOLNOST JE SPLNĚNA**

# Posouzení dřevěné vaznice

dle ČSN EN 1995-1-1

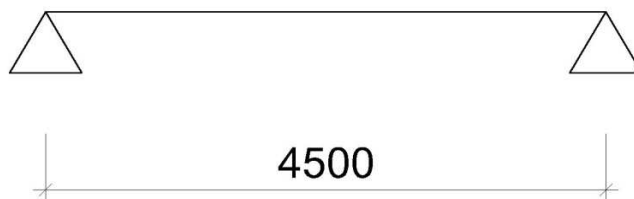
## Podmínky:

- 1) Nosníku je bráněno klopení  $k_{crit} = 1,00$
- 2) Hustota dřeva  $\rho > 290 \text{ kg/m}^3$
- 3) Třída trvání zatížení = krátkodobé

## Postup posouzení:

- 1) Posouzení nosníku za běžné teploty
- 2) Posouzení nosníku za účinků požáru
  - a) Redukce zatížení
  - b) Redukce průřezu
  - c) Úprava materiálů

## Schéma:



## Základní rozměry:

Šířka nosníku	b =	0,12 m
Výška nosníku	h =	0,18 m

## Materiálové charakteristiky:

Třída dřeva =	C24	
Ohyb	$f_{m,k}^{b,c} =$	24,00 N/mm <sup>2</sup>
Tah rovnoběžně	$f_{t,0,k} =$	14,00 N/mm <sup>2</sup>
Tah kolmo	$f_{t,90,k} =$	0,40 N/mm <sup>2</sup>
Tlak rovnoběžně	$f_{c,0,k} =$	21,00 N/mm <sup>2</sup>
Tah kolmo	$f_{c,90,k} =$	2,50 N/mm <sup>2</sup>
Smyk a kroucení	$f_{v,kd} =$	4,00 N/mm <sup>2</sup>
Modul pružnosti rovnoběžně	$E_{0,mean}^e =$	11,00 kN/mm <sup>2</sup>
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05} =$	7,40 kN/mm <sup>2</sup>
Modul pružnosti kolmo	$E_{90,mean}^e =$	0,37 kN/mm <sup>2</sup>

POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA ÚČINKŮ POŽÁRU  
ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ

Modul pružnosti ve smyku  $G_{\text{mean}}^{d,e} = 0,69 \text{ kN/mm}^2$

Hustota  $\rho_k = 420,00 \text{ kg/m}^3$

Zatížení nosníku:

Moment  $M_{\text{ed},20} = 4,20 \text{ kNm}$

(Při otočené vaznici je druhý moment  $M_{\text{ed},20,2} = 2,61$ , proto posuzují pouze na  $M_{\text{ed},20}$ )

Vstupní data:

Způsob uložení nosníku	prostě uložený
Požadovaná požární odolnost	$t_{\text{REQ}} = 30 \text{ min}$
Třída provozu 1	$k_{\text{def}} = 0,60$
Krátkodobé zatížení	$k_{\text{mod}} = 0,90$
Využití prostoru	Výrobní
Použitý materiál =	Rostlé dřevo
	$\gamma_M = 1,3$

**Posouzení nosníku za běžné teploty**

1)  $\sigma_{\text{myd}} < f_{\text{md}}$

$\sigma_{\text{myd}} = M_{\text{Ed},20} / (bh^2/6) = 1080,247 \text{ kPa}$

$f_{\text{md}} = f_{\text{mk}} k_{\text{mod}} / \gamma_M = 16,62 \text{ MPa}$

$\sigma_{\text{m,d}} = 1,08 \text{ MPa} < \sigma_{\text{m,d}} \leq f_{\text{m,d}} = 16,62 \text{ MPa}$

**VYHOVUJE, ÚNOSNOST JE SPLNĚNA**

2)  $\tau_d < f_{v,kd}$

$\tau_d = V_{\text{max}} / bh = 1,51 \text{ MPa}$

$V_{\text{max}} = 3,27 \text{ kN}$

$\tau_d = 1,51 \text{ MPa} < f_{v,kd} = 4,00 \text{ MPa}$

**VYHOVUJE, ÚNOSNOST JE SPLNĚNA**

3)  $\tau_{\text{tor,d}} < k_{\text{shape}} f_{v,kd}$

$k_{\text{shape}} = \min(1+0,15h/b; 2,0) = 1,23$

$k_{\text{shape}} f_{v,kd} = 4,90 \text{ MPa}$

$\tau_{\text{tor,d}} = M_k / W = 1,54 \text{ MPa}$

$M_k = 0,01 \text{ kNm}$

$W = 0,000648 \text{ m}^3$

$$\tau_{\text{tor,d}} = 1,54 \text{ MPa} < k_{\text{shape}} f_{v,\text{kd}} = 4,90 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE, ÚNOSNOST JE SPLNĚNA**

#### 4) Průhyby

$$w_{\text{net,fin}} = l/250 = 18 \text{ mm}$$

$$l = 4500 \text{ mm}$$

$$w = 16,2 \text{ mm}$$

$$w = 16,20 \text{ mm} < w_{\text{net,fin}} = 18,00 \text{ mm}$$

**VYHOVUJE, ÚNOSNOST JE SPLNĚNA**



## Posouzení dřevěného stěnového panelu chráněného izolací v dutině s krycí vrstvou SDK za účinků požáru

### Podmínky:

- 1) Hustota dřeva  $\rho > 290 \text{ kg/m}^3$
- 2) Třída trvání zatížení = krátkodobé
- 3) Opláštění ze sádkartonu typu A

### Postup posouzení:

- 1) Posouzení nosníku za účinků požáru
  - a) Posouzení požární odolnosti odbovových stěn
  - b) Redukce průřezu

### Vstupní data:

Požadovaná požární odolnost		$t_{REQ} =$	30 [min]
Třída provozu 1	→	$k_{def} =$	0,60 [-]
Krátkodobé zatížení	→	$k_{mod} =$	0,90 [-]
Využití prostoru =	Výrobní		
Použitý materiál =	Rostlé dřevo		
Typ dřeva =	C24 → $f_{mk} =$		24,00 [Mpa]

### Rozměry sloupku/vaznice:

Šířka sloupku →	$b =$	0,120 [m]
Výška sloupku →	$h =$	0,180 [m]

### Izolace:

Minerální vata

### SDK typu A:

$$h_p = t_0 = 25 \text{ [mm]}$$

### Požární odolnost obvodové stěny:

$$t_f = 30 \text{ [min]}$$

### Čas působení normového požáru:

$$t_{fire} = 60 \text{ [min]}$$

### Nominální hloubka zuhelnatění

$$d_{char} = \beta_n t = 66,924 \text{ [mm]}$$

### Nominální rychlost zuhelnatění

$$(t_{ch} < t_f) \quad \beta_{n,a} = k_s k_2 k_n \beta_0 = 0,82 \text{ [-]}$$

$$(t > t_f) \quad \beta_{n,b} = k_s k_3 k_n \beta_0 = 2,23 \text{ [-]}$$

$$\text{výsledné:} \quad \beta_n = 2,23 \text{ [-]}$$

### Čas počátku zuhelnatění

$$t_{ch} = 2,8h_p - 14 = 56 \text{ [min]}$$

### Součinitel převádějící nepravidelný zbytkový průřez:

$$k_n = 1,5 \text{ [-]}$$

$$\beta_0 = 0,65 \text{ [-]}$$

### Součinitel průřezu:

POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA ÚČINKŮ POŽÁRU  
ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ

$$k_s = 1,1 \text{ [-]}$$

Součinitel izolace:

$$k_2 = 0,768 \text{ [-]}$$

Součinitel dodatečné ochrany:

$$k_3 = 0,036t_f + 1 = 2,08 \text{ [-]}$$

Nominální hloubka zuhelnatění v čase  $t_{fire}$ :

$$d_{char.n} = b_{n.a}(t_f - t_{ch}) + b_{n.b}(t_{fire} - t_f) = 45,52 \text{ [mm]}$$

Čas porušení:

$$t_{f.connect} = t_{ch} + (l_f - l_{a.min} - h_p) / (k_s k_2 k_n k_j \beta_0) = 104,09 \text{ [min]}$$

$$k_j = 1,15 \text{ [-]}$$

$$l_f = 85,00 \text{ [mm]}$$

$$l_{a.min} = l_f - h_p - d_{char.n} = 14,48 \text{ [mm]} > 10 \text{ mm}$$

$$t_{f.connect} = 60^* \text{ min} > t_f = 30 \text{ min}$$

**vyhovuje**

\* Omezení času z hlediska normy

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH  
SYSTÉMŮ VÝROBNÍ HALY ZA  
ÚČINKŮ POŽÁRU**

**VÝKRESOVÁ ČÁST**

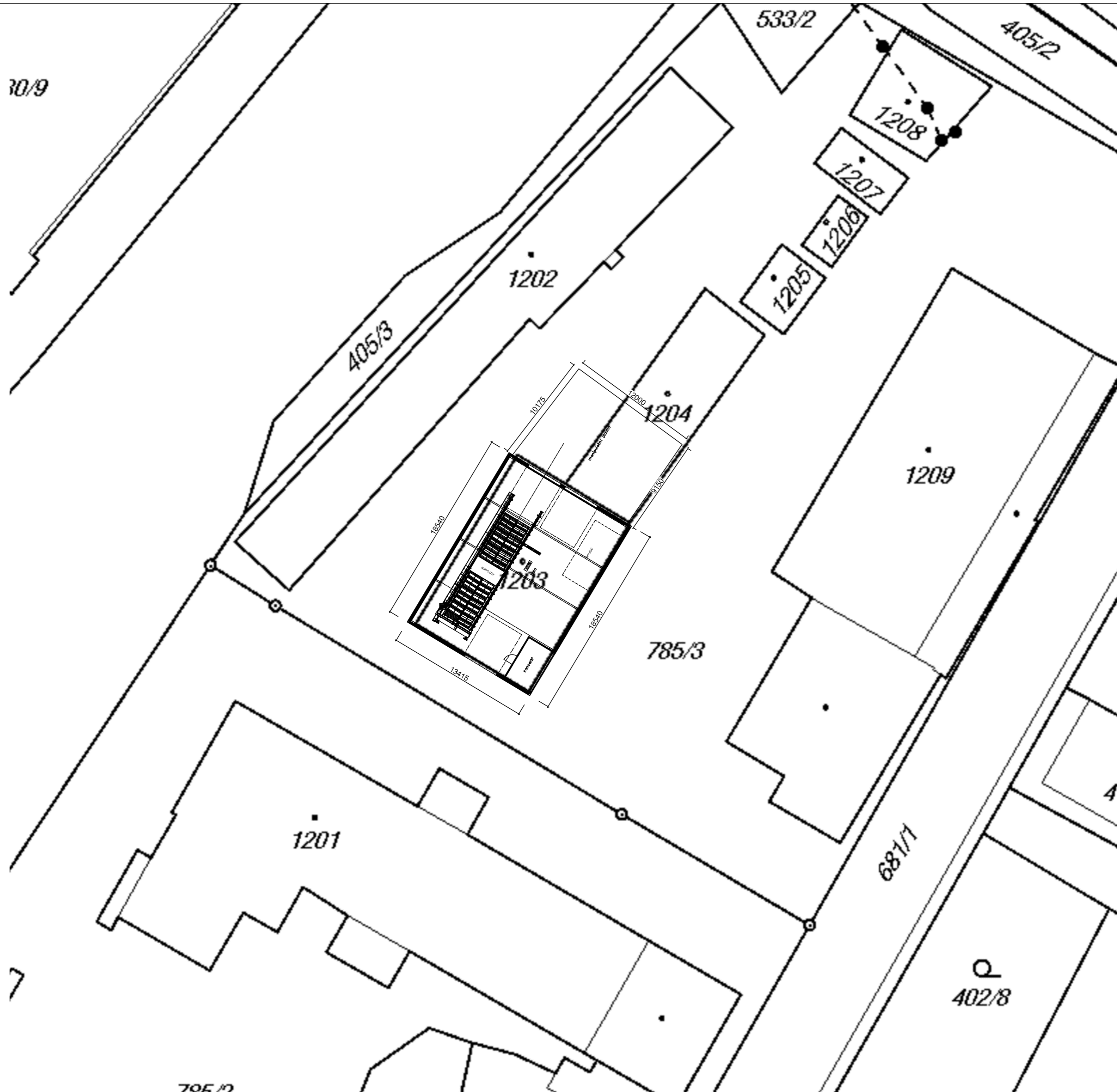
**2018**

**JAKUB ŠEJNA**



## **SEZNAM VÝKRESŮ**

- **KOORDINAČNÍ SITUACE**
- **PŮDORYS 1.NP**
- **ŘEZ**
- **PNP – HRANICE 18,5 kW/m<sup>2</sup>**
- **PNP – SITUACE**



Hlavní projektant/ projekční kancelář:

**Jakub Šejna**  
Fakulta Stavební ČVUT

Investor:

**IKOV STAVEBNÍ s.r.o.**

Název projektu	
<b>Výrobní hala Autogen Slatiňany</b>	
Stupeň dokumentace:	
Studie	Studie
Fáze:	
D	Dokumentace objektu
Stavební objekt:	
SO-01	Výrovní hala
Profesní díl:	
IP	Inženýrsko-projektční

Zpracovatel části:

Jakub Šejna  
Fakulta Stavební  
Stavební inženýrství  
Požární bezpečnost budov

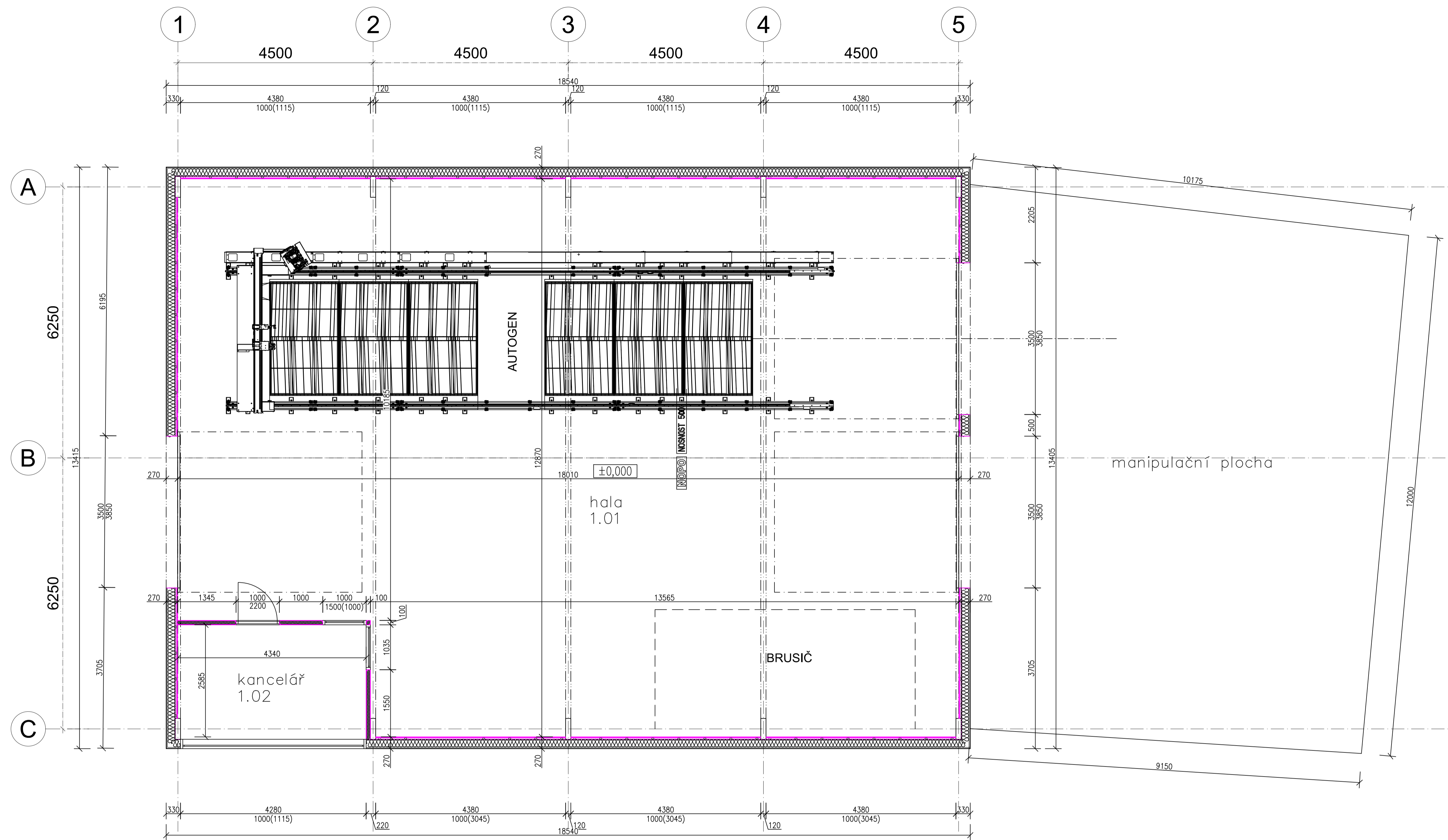
České vysoké učení technické v Praze

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lukáš Velebil  
Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí  
Fakulta Stavební  
České vysoké učení technické v Praze

<b>VÝKRESOVÁ ČÁST</b>	
<b>VÝROBNÍ HALA AUTOGEN SLATIŇANY</b>	
<b>ST.P.1203, K.Ú. SLATIŇANY</b>	
Datum:	Výkres:
V/2017	Koordinační situace
Formát:	Měřítko:
A2	1:250
Číslo výkresu:	Revize:
V 1.1	0





**LEGENDA MÍSTNOSTÍ:**

Č. M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	PLOCHA [m <sup>2</sup> ]
1.01	VÝROBNÍ HALA	212,50
1.02	KANCELÁŘ	10,10
	CELKEM	222,6

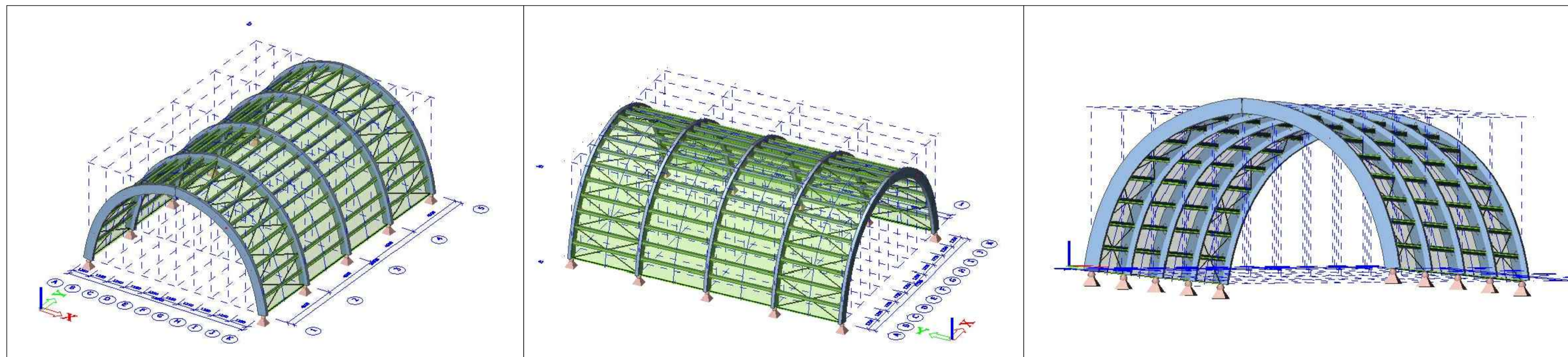
Hlavní projektant/ projekční kancelář:  
**Jakub Šejna**  
 Fakulta Stavební ČVUT  
 Investor:  
**IKOV STAVEBNÍ s.r.o.**

Název projektu <b>Výrobní hala Autogen Slatiňany</b>	
Stupeň dokumentace: Studie      Studie	
Fáze: D	Dokumentace objektu
Stavební objekt: SO-01	Výrovní hala
Profesní díl: IP	Inženýrsko-projektční

Zpracovatel části:  
 Jakub Šejna  
 Fakulta Stavební  
 Stavební inženýrství  
 Požární bezpečnost budov  
 České vysoké učení technické v Praze  
 Vedoucí bakalářské práce:  
 Ing. Lukáš Velebil  
 Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí  
 Fakulta Stavební  
 České vysoké učení technické v Praze

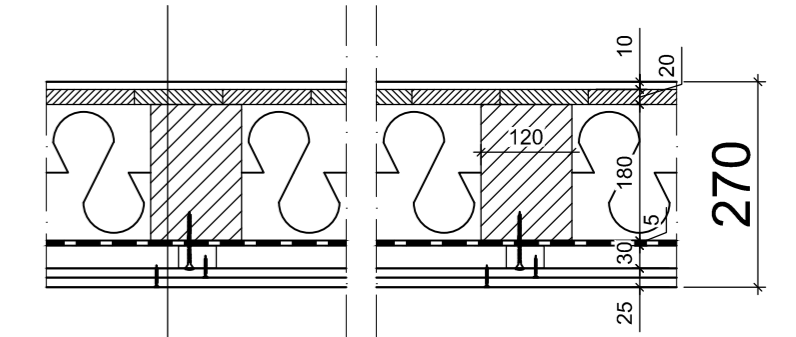
<b>VÝKRESOVÁ ČÁST</b> <b>VÝROBNÍ HALA AUTOGEN SLATIŇANY</b> <b>ST.P.1203, K.Ú. SLATIŇANY</b>	
Datum: V/2017	Výkres: PŮDORYS 1.NP
Formát: A1	Měřítko: 1:50
Číslo výkresu: D.1.2	Revize: 0

**3D - statické náhledy**

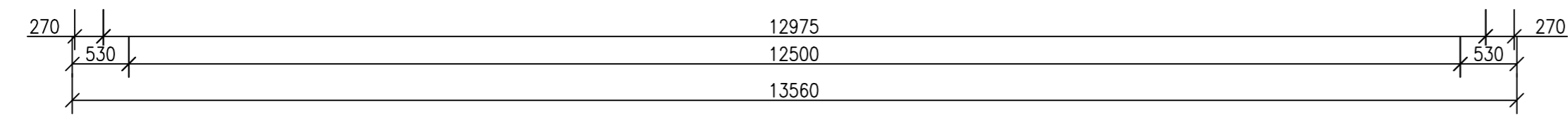
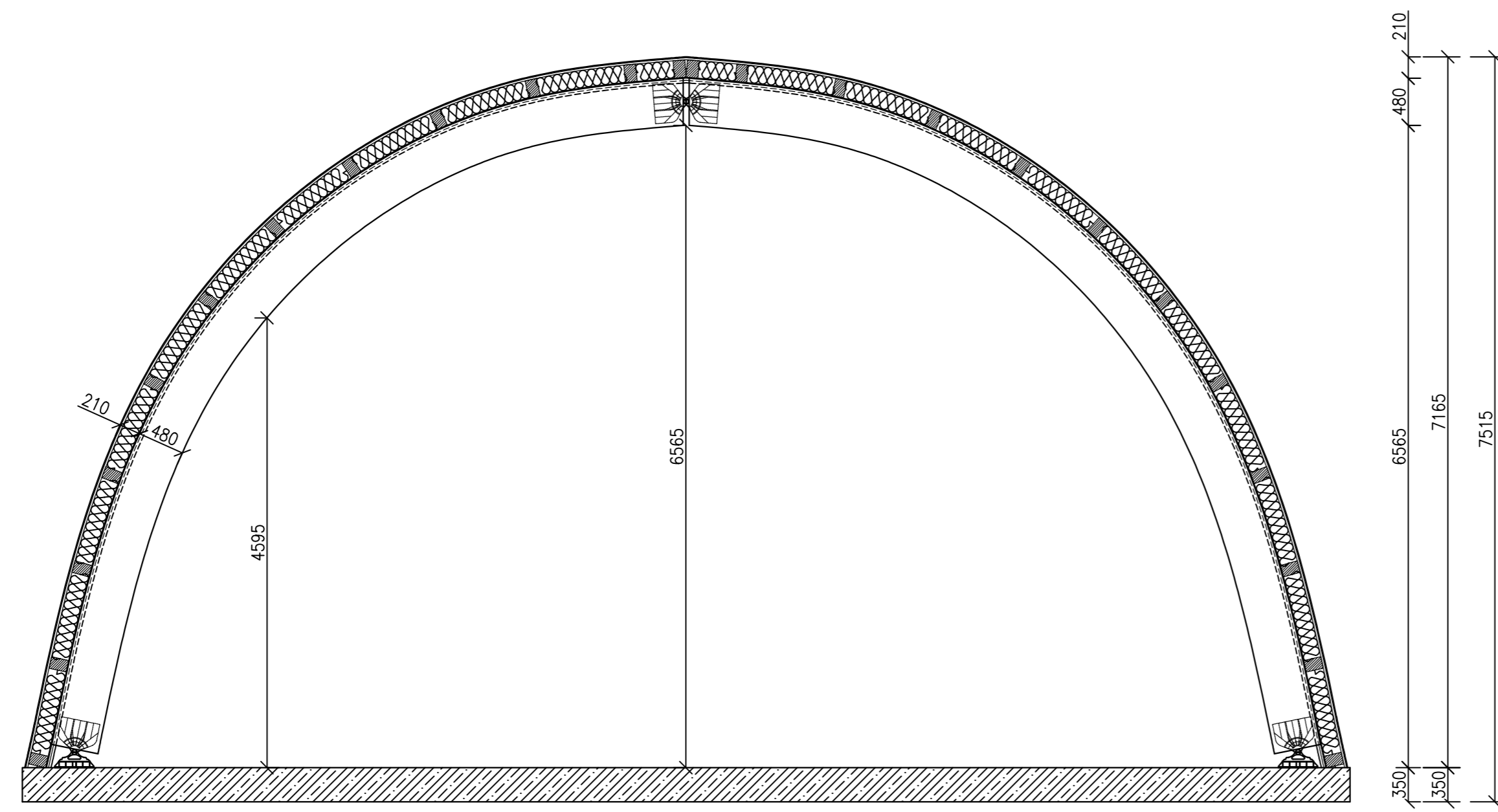




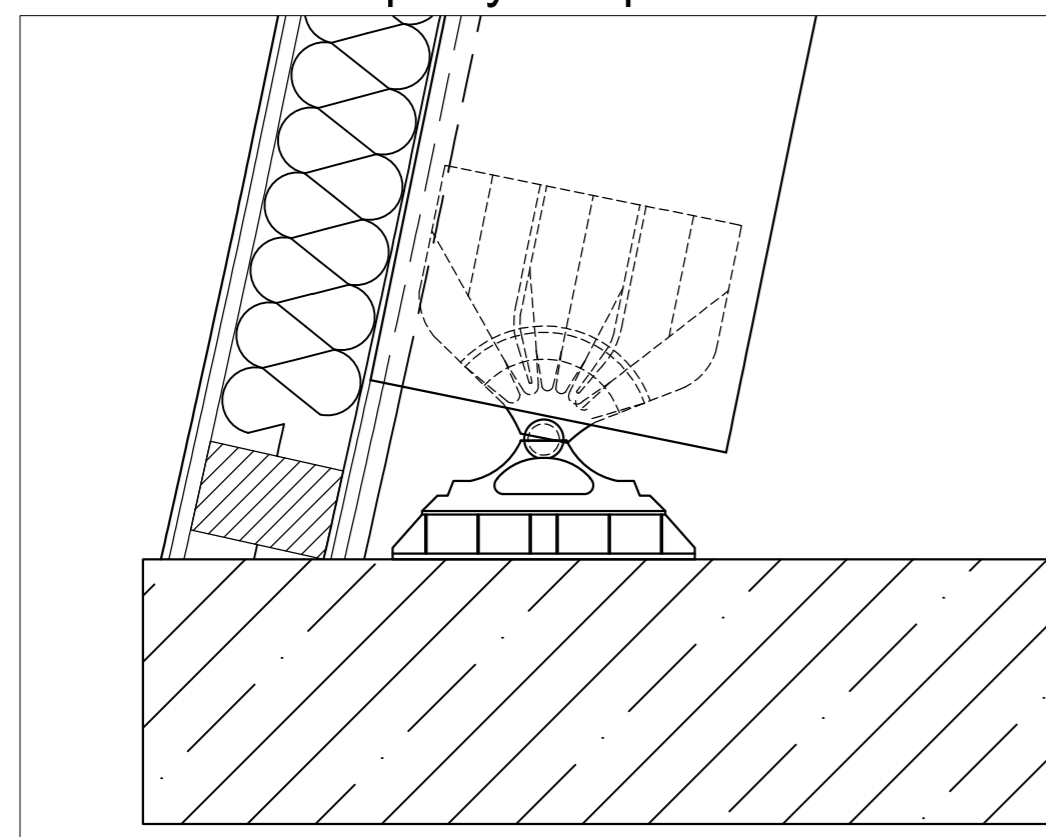
### Skladba střešního pláště



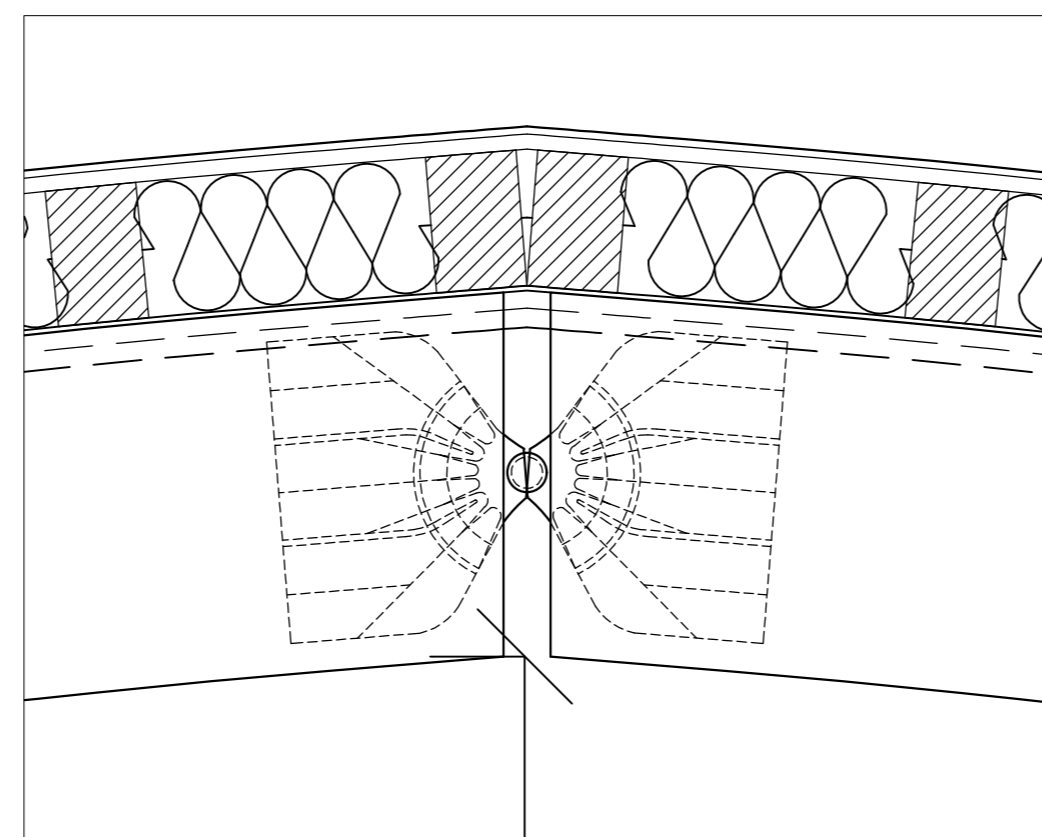
- Střešní plech falcový ( Lindab Seamline)
- Mikroventilační vrstva
- Dřevěný záklop z prken tl. 20 mm
- Dřevěný modul
  - Dřevěná vaznice tl. 120x180 mm osově 1000 mm
  - Minerální izolace ROCKWOOL tl. 180 mm
- Parozábrana
- Dřevěné montážní latě 50/30 mm
- Sádkartonová deska RIGIPS Rigidur tl. 2x 12,5 mm



1:10 - Schéma patky sloupu



1:10 - Schéma vrcholového kloubu



Hlavní projektant/ projekční kancelář:

## Jakub Šejna

Fakulta Stavební ČVUT

---

Investor:

**IKOV STAVEBNÍ s.r.o.**

Název projektu	
<b>Výrobní hala Autogen Slatiňany</b>	
Stupeň dokumentace:	
Studie	Studie
Fáze:	
D	Dokumentace objektu
Stavební objekt:	
SO-01	Výrovní hala
Profesní díl:	
IP	Inženýrsko-projektční

Zpracovatel části:

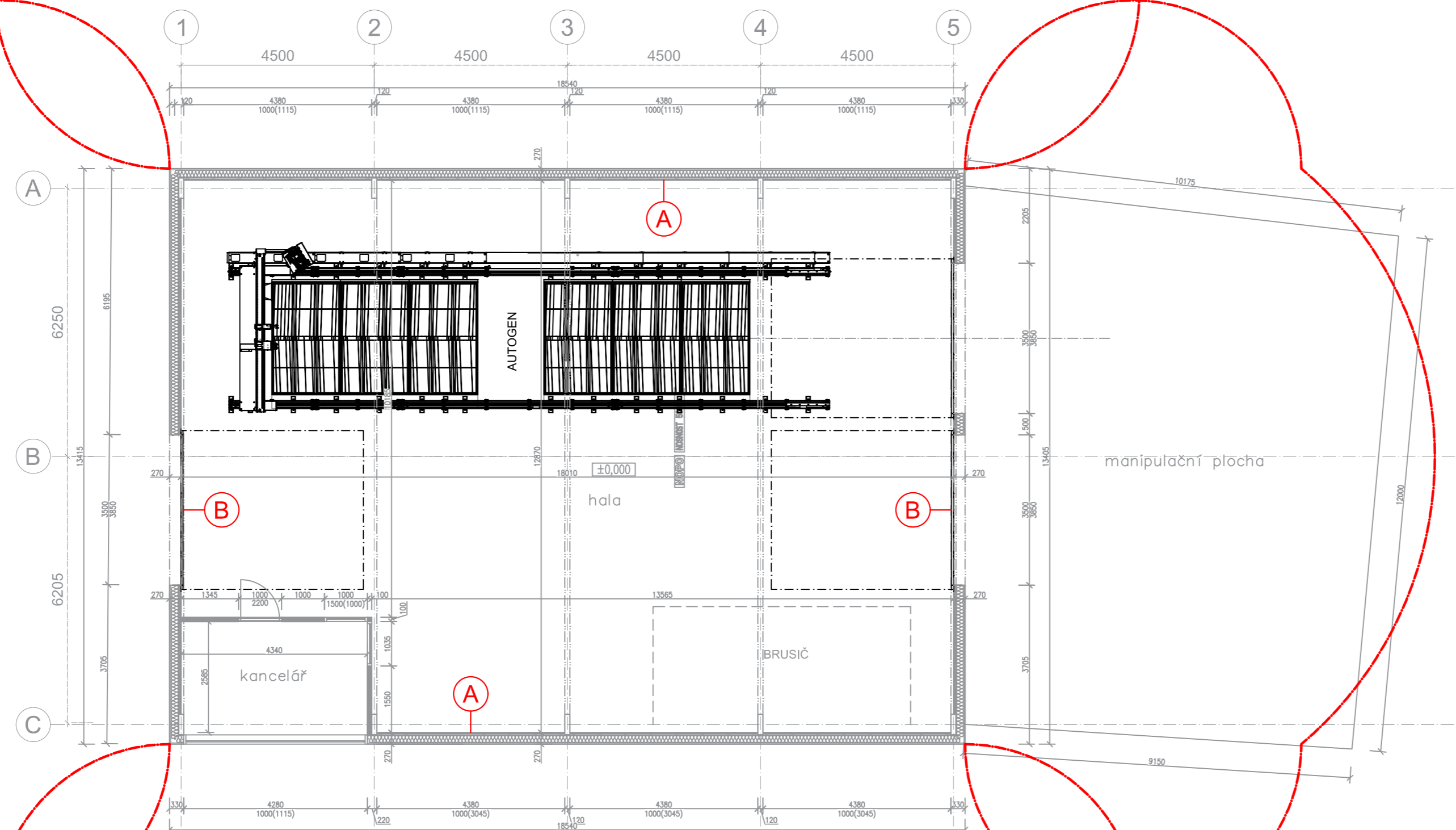
Jakub Šejna  
Fakulta Stavební  
Stavební inženýrství  
Požární bezpečnost budov

České vysoké učení technické v Praze

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lukáš Velebil  
Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí  
Fakulta Stavební  
České vysoké učení technické v Praze

<b>VÝKRESOVÁ ČÁST</b>	
<b>VÝROBNÍ HALA AUTOGEN SLATIŇANY</b>	
<b>ST.P.1203, K.Ú. SLATIŇANY</b>	
Datum:	Výkres:
V/2017	ŘEZ
Formát:	Měřítko:
A1	1:50
Číslo výkresu:	Revize:
D.1.3	0



**LEGENDA:**

Hranice  $I_{0,cr} = 18,5 \text{ kW/m}^2$



Hlavní projektant/ projekční kancelář:

**Jakub Šejna**  
Fakulta Stavební ČVUT

Investor:

**IKOV STAVEBNÍ s.r.o.**

Název projektu

**Výrobní hala Autogen Slatiňany**

Stupeň dokumentace:

Studie | Studie

Fáze:

D | Dokumentace objektu

Stavební objekt:

SO-01 | Výrovní hala

Profesní díl:

IP | Inženýrsko-projektční

Zpracovatel části:

Jakub Šejna  
Fakulta Stavební  
Stavební inženýrství  
Požární bezpečnost budov

České vysoké učení technické v Praze

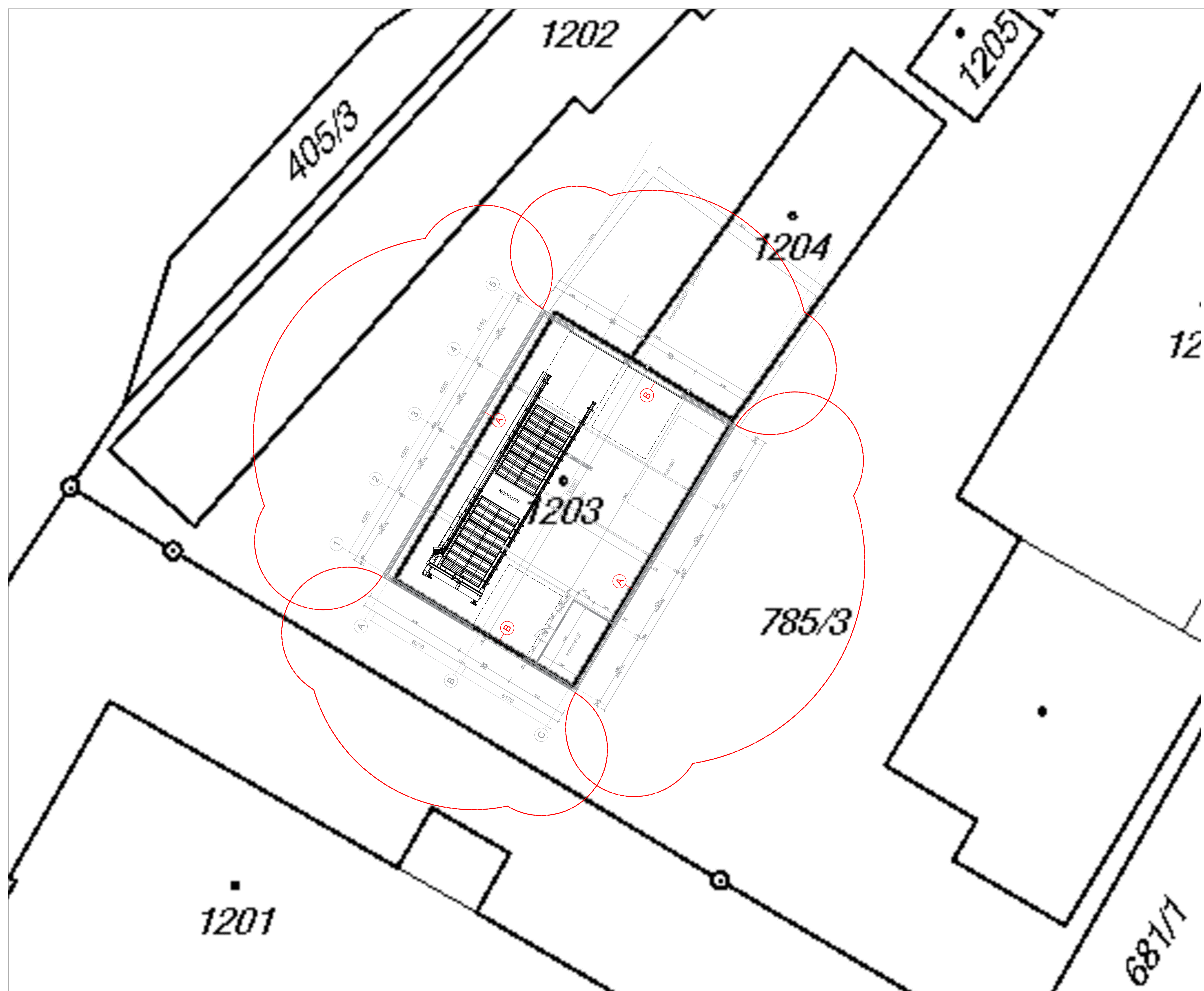
Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lukáš Velebil  
Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí  
Fakulta Stavební  
České vysoké učení technické v Praze

**VÝKRESOVÁ ČÁST**  
**VÝROBNÍ HALA AUTOGEN SLATIŇANY**  
**ST.P.1203, K.Ú. SLATIŇANY**

Datum:	V/2017	Výkres:	PNP - Hranice 18,5 kW/m <sup>2</sup>
Formát:	A2	Měřítko:	1:100
Číslo výkresu:	D.1.4	Revize:	0





LEGENDA:  
 Hranice  $l_{0,cr} = 18,5 \text{ kW/m}^2$  - - - - -

Hlavní projektant/ projektční kancelář:  
**Jakub Šejna**  
 Fakulta Stavební ČVUT

Investor:  
**IKOV STAVEBNÍ s.r.o.**

Název projektu:  
**Výrobní hala Autogen Slatiňany**

Stupeň dokumentace:  
 Studie      Studie

Fáze:  
 D      Dokumentace objektu

Stavební objekt:  
 SO-01      Výrobní hala

Profesní díl:  
 IP      Inženýrsko-projektční

Zpracovatel části:  
 Jakub Šejna  
 Fakulta Stavební  
 Stavební inženýrství  
 Požární bezpečnost budov  
 České vysoké učení technické v Praze

Vedoucí bakalářské práce:  
 Ing. Lukáš Velebil  
 Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí  
 Fakulta Stavební  
 České vysoké učení technické v Praze

**VÝKRESOVÁ ČÁST**  
**VÝROBNÍ HALA AUTOGEN SLATIŇANY**  
**ST.P.1203, K.Ú. SLATIŇANY**

Datum: V/2017	Výkres: PNP - Situace
Formát: A1	Měřítko: 1:100
Číslo výkresu: D.1.5	Revize: 0