



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Vliv větrání na požární odolnost ocelové konstrukce výrobní haly ETIS v Bratislavě

Effect of ventilation on the steel structure fire resistance of ETIS production hall in Bratislava

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracovala: Aneta Teplá
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Požární bezpečnost staveb
Vedoucí práce: prof. Ing. František Wald, CSc.

Praha 2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: TEPLÁ Jméno: Aneta Osobní číslo: 477212
Zadávací katedra: K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor/specializace: Požární bezpečnost staveb - obor Q

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vliv větrání na požární odolnost ocelové konstrukce výrobní haly ETIS v Bratislavě
Název bakalářské práce anglicky: Effect of ventilation on the steel structure fire resistance of ETIS production hall in Bratislava

Pokyny pro vypracování:

Zkrácené požárně bezpečnostní řešení se zaměřením na požární odolnost

Požární scénáře.

Únosnost vybraného ocelového prvku za běžné a zvýšené teploty

Studie vlivu požárního větrání a na požární odolnosti prvku konstrukce.

Shrnutí

Seznam doporučené literatury:

Wald, F.; Beneš, M.; Chladná, M.; Karpaš, J.; Holický, M.; Kuklík, P.; Kroupa, L.; Langer, J. et al. Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí, Praha: CTU. Publishing House, 2005. ISBN 80-01-03157-8.

Wald, F.; Wang, Y.C.; Burgess, I.W.; Gillie, M. Performance-Based Fire Engineering of Structures, Boca Raton: CRC Press, 2012. ISBN 978-0-415-55733-7

Jméno vedoucího bakalářské práce: prof. Ing. František Wald, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 27.2.2023

Termín odevzdání BP v IS KOS: 22.5.2023

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“.

24.2.2023
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Vliv větrání na požární odolnost ocelové konstrukce výrobní haly ETIS v Bratislavě“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 22. 5. 2023

.....

Aneta Teplá

Poděkování

Tímto bych velice ráda poděkovala panu prof. Ing. Františku Waldovi, CSc. za jeho odborné vedení práce, cenné rady, a především za obrovskou dávku trpělivosti. Mé díky patří také panu Ing. Jakubu Šejnovi, za jeho čas věnovaný konzultacím obou požárních částí této bakalářské práce. V neposlední řadě bych také chtěla poděkovat rodičům a všem, kteří mě ve studiu podporovali.

Anotace

Bakalářská práce je zaměřena na požární návrh příhradového nosníku z vysokopevnostní oceli. Jeho pruty a styčníky jsou nejprve řešeny za běžné teploty. Druhá část práce pokrývá rámcové požárně bezpečnostní řešení celého objektu tiskařské haly, včetně požárních požadavků na navrhovaný nosník. Jsou rozebrány požární scénáře a pro variantu prostorového požáru zónovým modelem stanovena teplota. Oba posuzované požární úseky jsou modelovány bez přirozeného požárního větrání a včetně jeho vlivu. Vybrané prvky příhradového nosníku jsou posouzeny za zvýšené teploty. Požárního větrání výrobní haly je navrženo tak, aby příhradový nosník nemusel být opatřen protipožární ochranou. Při požáru zvýšená teplota ocelových prvků nesnižuje jejich požadovanou únosnost.

Klíčová slova

Tiskařská hala; příhradový nosník; vysokopevnostní ocel; zařízení pro odvod tepla a kouře; zónový model.

Annotation

The bachelor thesis is focused on the fire design of a high strength steel truss. Its members and joints are firstly designed under normal temperature. The second part of the thesis covers the framework fire safety design of the whole printing hall building, including the fire requirements for the proposed beam. The fire scenarios are discussed, and the temperature is determined for the space fire variant by the zone model. The two fire compartments considered are modelled without and including the effect of natural fire ventilation. Selected truss members are assessed under elevated temperature. The fire ventilation of the production hall is designed so that the truss does not need to be provided with fire protection. In a fire, the elevated temperature of the steel elements does not reduce their required resistance.

Keywords

Printing Hall; truss; high strength steel; heat and smoke extraction devices; zone model.

Obsah práce

Část A – NÁVRH PŘÍHRADOVÉHO VAZNÍKU

Textová část:	Statický návrh vazníku za běžné teploty
	Požární scénáře
	Modelace v programu OZone a posouzení vazníku za zvýšené teploty bez opatření
	Návrh požárního větrání a posouzení vazníku za zvýšené teploty
Přílohy:	A.I – Výstup z programu SCIA Engineer 22.0
	A.II – Výstup z programu Ozone 3.0.4

Část B – POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ

Textová část:	Požárně bezpečnostní řešení
Výkresová část:	01 ... Půdorys 1NP ... 1:200 ... A3
	02 ... Půdorys 2NP ... 1:200 ... A3
Přílohy:	B.I – Podrobný výpočet SPB všech PÚ
	B.II – Výpočtové zhodnocení mezních rozměrů PÚ



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

**Vliv větrání na požární odolnost ocelové konstrukce výrobní
haly ETIS v Bratislavě**

Effect of ventilation on the steel structure fire resistance of ETIS
production hall in Bratislava

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Část A – NÁVRH PŘÍHRADOVÉHO VAZNÍKU

Vypracovala: Aneta Teplá

Praha 2023

Obsah

Seznam zkratk	9
1 Úvod	10
1.1 Cíl práce	10
2 Stručný popis stavby	11
2.1 Podmínky, ve kterých se stavba nachází	11
3 Návrh vazníku za běžné teploty	13
3.1 Výpočet zatížení	13
3.1.1 Stálé zatížení	13
3.1.2 Proměnné zatížení	13
3.2 Návrh střešního pláště	18
3.3 Návrh vaznice	20
3.3.1 Zatížení vaznice tlakem	20
3.3.2 Zatížení vaznice sáním větru	21
3.4 Návrh vazníku	23
3.4.1 Zatěžovací stavy	23
3.4.2 Stálé zatížení	24
3.4.3 Proměnné zatížení	24
3.4.4 Kombinace zatěžovacích stavů	25
3.4.5 Vzorové výpočty návrhu profilů v příhradovém nosníku	27
3.5 Návrh styčnicku příhradového nosníku	32
3.5.1 Ověření rozsahu platnosti návrhu	33
3.5.2 Tvary porušení	34
4 Požární scénáře	37
4.1 Požární scénář I.	37
4.2 Požární scénář III.	38
5 OZone	40

5.1	Model PÚ N01.02-II. v programu OZone – varianta 1	42
5.1.1	Vstupní parametry	42
5.1.2	Posouzení pásnice vazníku za požáru	43
5.1.3	Návrh požárního větrání PÚ N01.02-II.	44
5.1.4	Redukce únosnosti styčnicků za požáru	44
5.1.5	Model PÚ v OZone s navrženým požárním větráním	46
5.1.6	Posouzení pásnice vazníku při požárním odvětrávání	47
5.1.7	Alternativní návrhy způsobu větrání	47
5.2	Model PÚ N01.03-II. v programu OZone	48
5.2.1	Vstupní parametry	48
5.2.2	Posouzení pásnice vazníku za požáru	49
6	Závěr	50
	Seznam použité literatury	51
	Seznam obrázků	53
	Seznam tabulek	54
	Příloha A.I: Výstup z programu SCIA Engineer	55
	Příloha A.II: Výstup z programu OZone	56

Seznam zkratek

FV	....	fotovoltaika
KZS	....	kombinace zatěžovacích stavů
PBŘ	....	požárně bezpečnostní řešení
PO	....	požární odolnost
PÚ	....	požární úsek
RHR _r ¹	....	rychlost uvolňování tepla
RHS ²	....	obdélníkový dutý průřez
ZOKT	....	zařízení pro odvod kouře a tepla

¹ Z angl. rate of heat release

² Z angl. rectangular hollow section

1 Úvod

Předmětem zadání bakalářské práce je tiskařská hala, která je navržena v Bratislavě. Pro účely této bakalářské práce se uvažuje, že budova je situována v blízkém okolí Brna, kde lze využít českou legislativu a normy, platné na území ČR. V práci je připraven statický posudek vazníku z vysokopevnostní oceli. Je posouzena střešní konstrukce, tj. vaznice, vazníky a spoje vazníku za běžné teploty. Druhá část práce se zaměřuje na rámcové požárně bezpečnostní řešení celého objektu tiskařské haly, včetně požárních požadavků na navrhovaný nosník.

Z požadavků v druhé části a studie požárních scénářů je rozebrán vliv teploty požáru na střešní ocelové konstrukce. Instalaci přirozeného odvětrávání kouře a tepla se dosáhne dostatečné požární odolnosti řešené střešní nosné konstrukce.

1.1 Cíl práce

Cílem práce je na základě požadavků požárně bezpečnostního řešení staticky posoudit nosník ve výrobní hale na účinky požáru. Primárním požadavkem je zajištění únosnosti nosníku po stanovenou dobu bez nutnosti dodatečné požární ochrany. Pro dosažení tohoto požadavku bylo zvoleno přirozené požární odvětrání zplodin požáru.

Instalace zařízení pro odvod kouře a tepla je ověřena analýzou tepla v požárním úseku a přestupu tepla do střešní konstrukce dvouzónovým modelem v programu OZone a stanovením požární odolnosti střechy.

2 Stručný popis stavby

Jedná se o tiskařskou halu, která se skládá z dvoupodlažní administrativní části a z výrobní haly. V této bakalářské práci byly posuzovány vazníky, zhotovené z vysokopevnostní oceli, které se nachází v části samotné výrobní haly.

Hala je tvořena v podélném směru sloupy ve vzájemném rozestupu 7,83 m, na něž jsou kloubově uloženy Prattovy nosníky³, o celkovém rozponu 32,8 m. Tyto vazníky byly propojeny v podélném směru vaznicemi z tenkostěnných profilů.

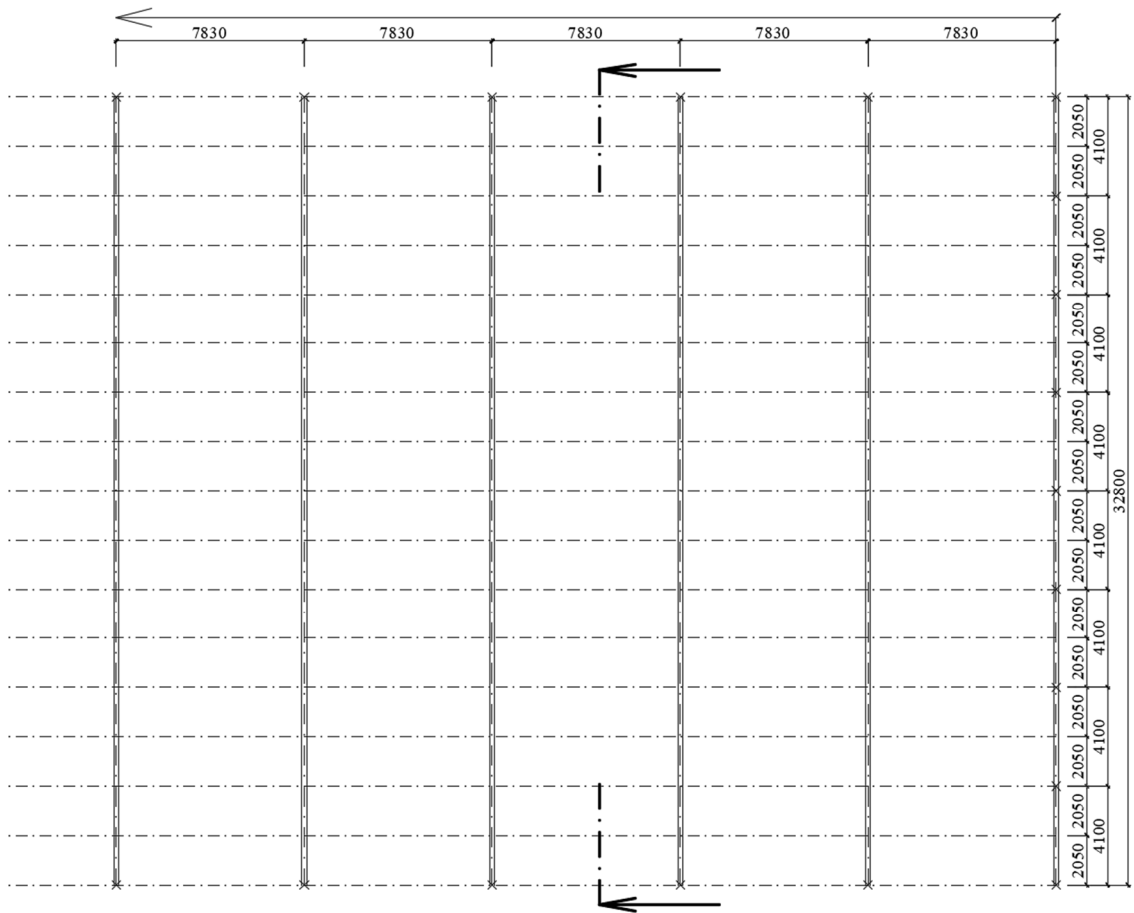
Střecha byla navržena jako plochá, nepochozí v systémovém řešení od firmy Kingspan, s přípravou pro fotovoltaické panely. Na žádost investora se počítá s jejich pozdější instalací na střechu objektu pro snížení odběru elektrické energie ze sítě. Tím se částečně ušetří za provozní náklady.

Obvodové stěny celého objektu byly navrženy v systémovém řešení sendvičových panelů firmy Kingspan. Z modulového uspořádání horizontálně kladených stěnových panelů o výšce 1,15 m vyplynulo, že při konstrukční výšce objektu 6,4 m bude střecha lemována atikou o výšce 500 mm.

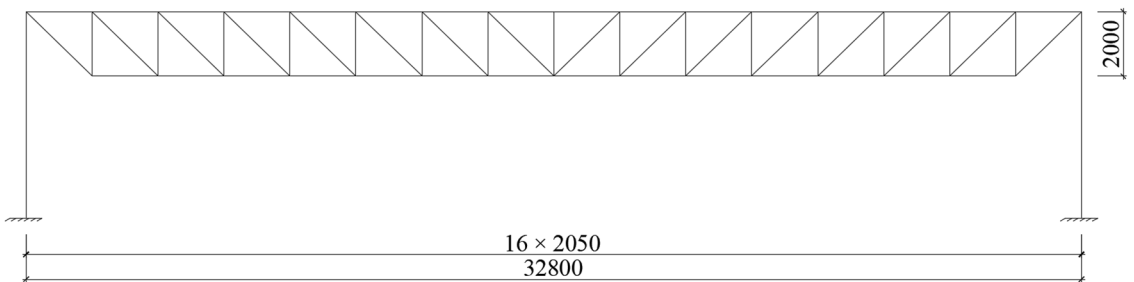
2.1 Podmínky, ve kterých se stavba nachází

Hala byla původně navržena pro předměstí Bratislavy. Pro účely bakalářské práce bylo uvažováno, že hala bude situována v Brně, aby bylo možné využít českou legislativu a normy platné na území ČR.

³ Prattův nosník je charakteristický svými diagonálami, které se svažují ze stran ve směru střední svislice. Diagonály v tomto nosníku jsou namáhány tahem, svislice tlakem.



Obrázek 2.1 – Rozmístění sloupů, vazníků a vaznic v halové části (rozměry jsou uvedeny v mm)



Obrázek 2.2 – Schéma příhradového vazníku (rozměry jsou uvedeny v mm)

3 Návrh vazníku za běžné teploty

3.1 Výpočet zatížení

3.1.1 Stálé zatížení

Střešní plášť

Střecha haly je navržena ze sendvičových panelů s izolačním jádrem. Panely jsou doporučeny pro instalaci na ploché střechy objektů, jejichž vnitřní teplota neklesá pod 5°C.

Do stálého zatížení je započítána i plošná tíha plánovaných fotovoltaických panelů.

Tabulka 3.1 – Přehled stálého zatížení ploché nepochozí střechy

	Vrstva skladby	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]
1.	Sendvičový panel KS1000 X-DEK XD	140	-	22,73	0,23
2.	Fotovoltaické panely	-	-	22	0,22
				$\Sigma =$	0,45

3.1.2 Proměnné zatížení

Užitné zatížení

Dle tabulky 6.9 Eurokódu 1991-1-1 se střecha řešeného objektu zařazuje jako nepřístupná s výjimkou údržby a oprav – kategorie H. Z národní přílohy NA.2.9 ČSN EN 1991-1-1 pro tuto kategorii vyplývá doporučené užitné zatížení $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$. Toto zatížení je možné uvažovat maximálně na ploše 10 m².

Článek 3.3.2 normy stanovuje, že užitné zatížení na střeše se neuvažuje spolu s proměnným zatížením sněhu a větru. Pro výpočet kombinačních stavů je využit součinitel kombinační hodnoty zatížení $\psi_{0,i}$ podle tabulky A.1.1 ČSN EN 1990.

Zatížení sněhem

Objekt se uvažuje v těsné blízkosti Brna. Podle národní přílohy NA ČSN EN 1991-1-3 patří do sněhové oblasti II se sněhovým zatížením $s_k = 1 \text{ kPa}$.

$$s = \mu_i \times C_e \times C_t \times s_k$$

Do vzorce podle článku 5.2 (3) a EN 1991-1-3 se dosadí:

μ_i tvarový součinitel pro ploché střechy $\mu_i = 0,8$ [-]

C_e součinitel expozice $C_e = 1$ [-]

C_t tepelný součinitel $C_t = 1$ [-]

s_k charakteristická hodnota zatížení sněhem pro danou lokalitu $s_k = 1 \text{ kPa}$

$$s = 0,8 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem

Podle národní přílohy NA ČSN EN 1991-1-4 objekt spadá do oblasti II. Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$.

– Základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0}$$

Do vzorce dle článku 4.2 (2) ČSN EN 1991-1-4 se dosadí:

c_{dir} součinitel směru větru $c_{dir} = 1$ [-]

c_{season} součinitel ročního období $c_{season} = 1$ [-]

$v_{b,0}$ výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

$$v_b = 1 \times 1 \times 25 = 25 \text{ m/s}$$

- Základní tlak větru

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2$$

ρ měrná hmotnost vzduchu doporučená dle ČSN EN 1991-1-4 $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$$q_b = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 = 390,625 \text{ N/m}^2$$

- Maximální dynamický tlak

$$q_p = c_e(z) \times q_b$$

c_e součinitel expozice odvozen z obrázku 4.2 ČSN EN 1991-1-4 pro $z_e = 6,4 \text{ m}$ a kategorii terénu III $c_e = 1,42 [-]$

$$q_p = 1,42 \times 0,39 = 0,554 \text{ kN/m}^2$$

- Tlak větru na vnější povrch

$$w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$$

c_{pe} součinitel vnějšího tlaku dle tabulek 7.1 a 7.2 ČSN EN 1991-1-4

- **Vítr působící na svislé stěny objektu**

Součinitel zatížení větrem $c_{pe,10}$ se stanoví odečtením z tabulky 7.1 normy ČSN EN 1991-1-4 pro poměr výšky objektu a rozměru, kolmém vůči směru větru. Z národní přílohy NA.2.26 vyplývá, že výškou objektu se rozumí referenční výška z_e .

$$z_e / b = 6,4 / 33,6 = 0,19 [-]$$

Tabulka 3.2 – Součinitelé vnějšího tlaku a výsledné tlakové zatížení, působící na svislou stěnu

	$c_{pe,10}$ [-]				
	Oblast A	Oblast B	Oblast C	Oblast D	Oblast E
$h/b \leq 0,25$	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3
	w_e [kN/m ²]				
	-0,938	-0,625	-0,391	0,547	-0,234

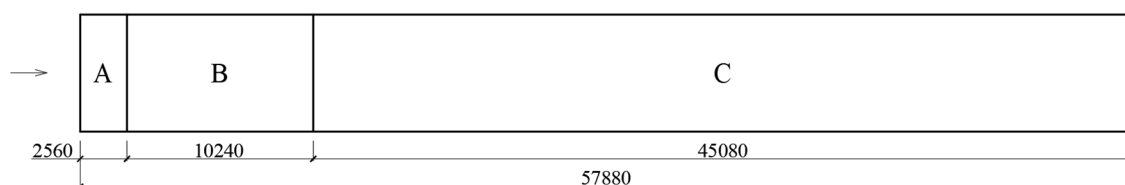
$$e = \min (b; 2h) = \min (33,6; 2 \times 6,4) = 12,8 \text{ m}$$

b – rozměr kolmý ke směru větru

h – konstrukční výška objektu

$$\frac{1}{5} \times e = 2,56 \text{ m}$$

$$\frac{4}{5} \times e = 10,24 \text{ m}$$



Obrázek 3.1 – Schéma působení podélného větru na stěnu (rozměry jsou uvedeny v mm)

- **Vítr příčný –kolmo na delší stranu objektu**

Obdobně jako pro stěny se součinitel zatížení větrem c_{pe} stanoví odečtením hodnoty z tabulek, uvedených v příslušném eurokódu. Pro ploché střechy se sklonem $-5^\circ < \alpha < 5^\circ$ se využije tabulka 7.2 normy ČSN EN 1991-1-4. Konkrétní hodnoty součinitele se stanoví pro poměr výšky atiky a výšky objektu. V tabulce lze lineárně interpolovat.

$$h_p / h = 0,5 / 6,4 = 0,078 \text{ [-]}$$

Tabulka 3.3 – Součinitelé vnějšího tlaku a výsledné tlakové zatížení, působící na plochou střechu v obou směrech

	C _{pe,10} [-]			
	Oblast F	Oblast G	Oblast H	Oblast I
h_p/h = 0,05	-1,4	-0,9	-0,7	±0,2
h_p/h = 0,10	-1,2	-0,8	-0,7	±0,2
C _{pe,10} [-]				
h_p/h = 0,078	-1,288	-0,844	-0,7	±0,2
	w _e [kN/m ²]			
	-1,007	-0,660	-0,547	±0,156

$$e = \min (b; 2h) = \min (57,88; 2 \times 6,4) = 12,8 \text{ m}$$

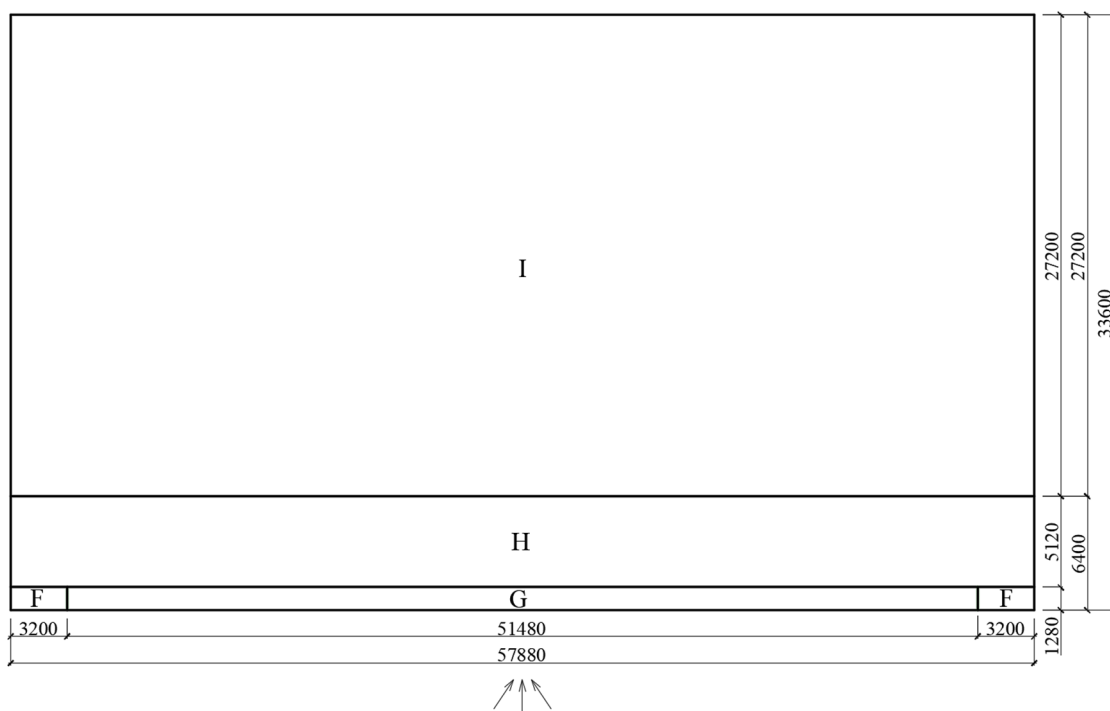
b – rozměr kolmý ke směru větru

h – konstrukční výška objektu

$$\frac{1}{2} \times e = 6,4 \text{ m}$$

$$\frac{1}{4} \times e = 3,2 \text{ m}$$

$$\frac{1}{10} \times e = 1,28 \text{ m}$$



Obrázek 3.2 – Schéma rozložení působení příčného větru na plochou střechu (rozměry jsou uvedeny v mm)

- **Vítr podélný – působící podél delší strany objektu**

$$e = \min (b; 2h) = \min (33,6; 2 \times 6,4) = 12,8 \text{ m}$$

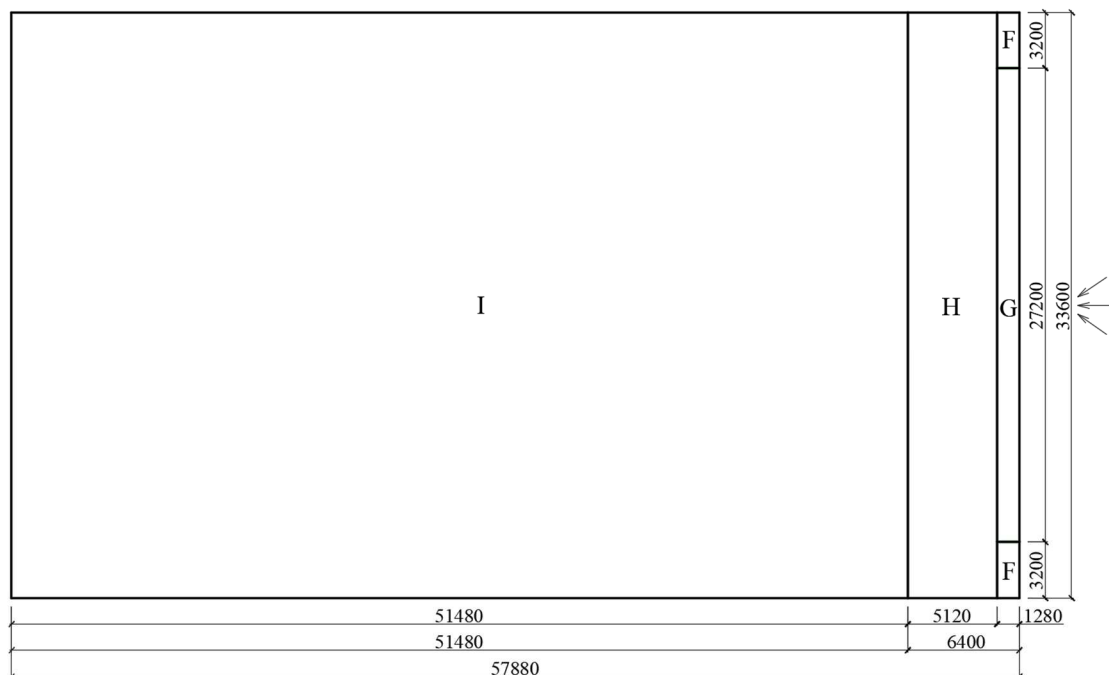
b – rozměr kolmý ke směru větru

h – konstrukční výška objektu

$$\frac{1}{2} \times e = 6,4 \text{ m}$$

$$\frac{1}{4} \times e = 3,2 \text{ m}$$

$$\frac{1}{10} \times e = 1,28 \text{ m}$$



Obrázek 3.3 – Schéma rozložení působení podélného větru na plochou střechu (rozměry jsou uvedeny v mm)

3.2 Návrh střešního pláště

Pro návrh střešního pláště se stanoví maximální kombinace působícího zatížení.

Kombinace maximálního zatížení tlakem je dána složkami stálého zatížení vlastní vahou, předpokládaného stálého zatížení fotovoltaickými panely, sněhem a užitným zatížením. Jednotlivá zatížení se uvažují s dílčími součiniteli bezpečnosti γ_g / γ_q . Složky nedominantního proměnného zatížení se redukují součiniteli kombinace zatížení $\psi_{0,i}$ podle tabulky A1.1 ČSN EN 1990.

$$f_{Ed,c} = \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times q_{k,s} + \gamma_q \times q_{k,už} \times \psi_{0,1}$$

$$f_{Ed,c} = 1,35 \times (0,23 + 0,22) + 1,5 \times 0,75 + 1,5 \times 0,8 \times 0,7 = 2,33 \text{ kN/m}^2$$

Při posouzení střešního pláště na sání větru se ve výpočtu kombinace zatížení uvažuje pouze vlastní váha střešního pláště a sání větru. Součinitel γ_g je v tomto případě roven 1.

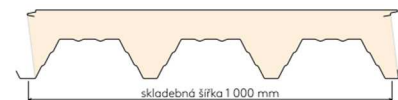
$$f_{Ed,t} = \gamma_g \times g_k + \gamma_q \times q_{k,w}$$

$$f_{Ed,t} = 1 \times (0,23 + 0,22) + 1,5 \times (-1,288) = -1,06 \text{ kN/m}^2$$

Výsledná hodnota f_{Ed} musí být nižší než hodnota f_{Rd} , stanovená z tabulek výrobce střešních panelů pro zatížení tlakem i sáním.

Střešní panel KS1000 XD

vnější plech 0,7 mm (plošná profilace minibox)/vnitřní plech 1,1 mm



Systém	Tloušťka jádra [mm]	Případ zatížení	Všechna zatížení v kN/m ² pro dané rozpory v metrech													
			2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	
Prostý nosník	80	Tlak	9,03	7,18	5,95	5,07	3,93	3,08	2,50	2,08	1,76	1,44	1,11	0,85	0,65	
		Sání	16,31	11,15	8,26	6,45	5,23	4,26	3,37	2,73	2,26	1,90	1,62	1,40	1,21	
		a _{min} [mm]	150	150	148	131	113	100	90	82	77	65	52	42	40	
	100	Tlak	9,02	7,18	5,94	5,06	4,23	3,32	2,70	2,24	1,91	1,64	1,35	1,06	0,83	
		Sání	15,38	10,65	7,99	6,32	5,17	4,34	3,71	3,04	2,53	2,14	1,84	1,59	1,40	
		a _{min} [mm]	150	150	150	150	143	126	113	103	96	89	79	66	54	
Spojitý nosník o 2 polích	80	Tlak	9,03	7,18	5,95	5,07	3,93	3,08	2,50	2,07	1,76	1,52	1,25	1,04		
		Sání	16,30	11,15	8,26	6,45	5,23	4,34	3,68	3,16	2,76	2,43	2,15	1,93		
		a _{min} [mm]	150	150	150	150	132	115	103	94	87	81	72	64		
	100	b _{min} [mm]	300	300	300	300	263	230	206	187	174	163	144	128		
		Tlak	9,02	7,18	5,94	5,06	4,23	3,32	2,69	2,24	1,90	1,64	1,44	1,27		
		Sání	15,38	10,65	7,99	6,32	5,17	4,34	3,71	3,22	2,83	2,50	2,24	2,01		
100	a _{min} [mm]	150	150	150	150	143	126	113	103	95	89	85	81			
	b _{min} [mm]	300	300	300	299	287	251	225	206	191	179	170	161			

Obrázek 3.4 – Návrhové tabulky pro posouzení střešního pláště z panelů Kingspan

Posouzení:

$$f_{Ed,c} \leq f_{Rd,c}$$

$$2,33 \leq 9,02 \text{ kN/m}^2$$

VYHOVUJE

$$f_{Ed,t} \leq f_{Rd,t}$$

$$-1,06 \leq -15,38 \text{ kN/m}^2$$

VYHOVUJE

Návrh střešního pláště ze střešních panelů KS1000 XD o výšce 140 mm od výrobce Kingspan je vyhovující.

3.3 Návrh vaznice

V práci je navržena tenkostěnná vaznice, pro kterou se stanoví nejvyšší kombinace zatížení. Jedná se o první vnitřní vaznici, která má zatěžovací šířku rovnou rozestupu mezi vaznicemi. Statické schéma se uvažuje jako spojitý nosník o více polích. Spojitého nosníku bylo dosaženo vzájemným přesahem jednotlivých vaznic, kde délka překrytí bude stanovena dle výrobce.

Vaznice byla navržena na maximální zatížení tlakem, způsobené kombinací stálého zatížení a proměnného zatížení sněhem. V druhém zatěžovacím stavu byla posouzena kombinace stálého zatížení a sání větru.

3.3.1 Zatížení vaznice tlakem

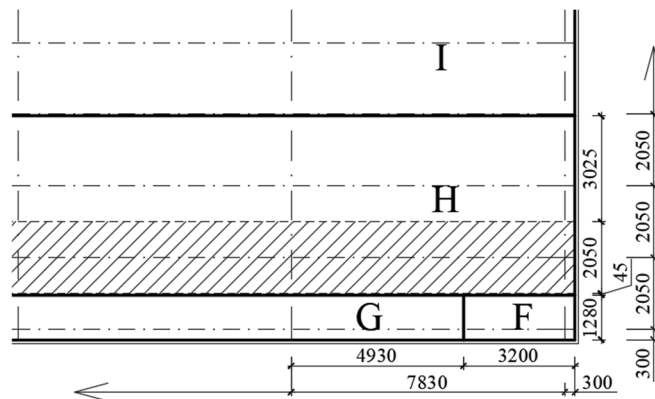
Tabulka 3.4 – Přehled liniového zatížení, působící na vaznici v tlaku

Stálé zatížení	q_k	l	g_{Ek}	γ_G	g_{Ed}
	kN/m^2	m	kN/m		kN/m
Střešní panely	0,23	2,05	0,47		0,64
FV panely	0,22	2,05	0,45	1,35	0,61
Vaznice (odhad)			0,30		0,41
$\sum g_{Ek} =$			1,22	$\sum g_{Ed} =$	1,65
Proměnné zatížení	q_k	l	q_{Ek}	γ_Q	q_{Ed}
	kN/m^2	m	kN/m		kN/m
Sníh (II. oblast)	0,8	2,05	1,64	1,5	2,460
$\sum q_{Ek} =$			1,64	$\sum q_{Ed} =$	2,46

$$f_{Ed,c} = \sum g_{Ed} + \sum q_{Ed} = 1,65 + 2,46 = 4,11 \text{ kN/m}$$

3.3.2 Zatížení vaznice sáním větru

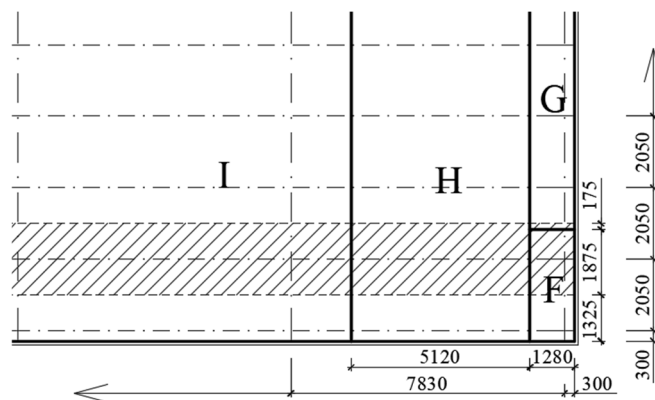
- Příčný směr



Obrázek 3.5 – Schéma rozložení působení příčného větru na vaznici (rozměry jsou uvedeny v mm)

$$w_{e,pr} = l_H \times w_H = 2,05 \times (-0,547) = -1,12 \text{ kN/m}$$

- Podélný směr



Obrázek 3.6 – Schéma rozložení působení podélného větru na vaznici (rozměry jsou uvedeny v mm)

Tabulka 3.5 – Výpočet zatížení vaznice podélným větrem

	A [m ²]	w _e [kN/m ²]	w _{e,po,i} [kN]
F	1,84	-1,007	-1,85
G	0,17	-0,660	-0,11
H	10,50	-0,547	-5,74
I	3,55	-0,156	-0,55
Σ =			-8,26

$$w_{e,po} = \sum w_{e,po,i} / B = -8,26/7,83 = -1,055 \text{ kN/m}$$

Tabulka 3.6 – Přehled liniového zatížení, působící na vaznici při sání větru

Stálé zatížení	q _k	l	g _{E_k}	γ _G	g _{Ed}
	kN/m ²	m	kN/m		kN/m
Střešní panely	0,23	2,05	0,47	1	0,47
FV panely	0,22	2,05	0,45		0,45
Vaznice (odhad)			0,30		0,30
Σg_{E_k} =			1,22	Σg_{Ed} =	1,22
Proměnné zatížení	q _k	l	q _{E_k}	γ _Q	q _{Ed}
	kN/m ²	m	kN/m		kN/m
Vítr – sání	-1,122	2,05	-2,30	1,5	-3,45
Σq_{E_k} =			-2,30	Σq_{Ed} =	-3,45

$$f_{Ed,t} = \sum g_{Ed} + \sum q_{Ed} = 1,22 + (-3,45) = -2,23 \text{ kN/m}$$

Profil	Přípustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																	
	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	
krajní: Z 120/2,0	1	7,23	6,17	5,35	4,71	4,19	3,77	3,42	3,09	2,80	2,56	2,35	2,17	2,01	1,87	1,75	1,58	1,44
	2	6,36	5,43	4,72	4,16	3,71	3,34	3,03	2,55	2,16	1,84	1,58	1,36	1,18	1,03	0,89	0,78	0,68
	3	-9,38	-7,62	-6,30	-5,29	-4,48	-3,84	-3,32	-2,92	-2,58	-2,29	-2,05	-1,84	-1,67	-1,51	-1,37	-1,26	-1,15
	4	-7,84	-6,34	-5,22	-4,36	-3,68	-3,14	-2,71	-2,31	-1,98	-1,72	-1,49	-1,30	-1,14	-1,01	-0,89	-0,78	-0,68
vnitřní: Z 120/1,5	5	10,40	7,82	6,02	4,74	3,79	3,08	2,54	2,13	1,79	1,52	1,31	1,13	0,98	0,86	0,76	0,67	0,59
	6	6,94	5,21	4,01	3,16	2,53	2,06	1,69	1,42	1,19	1,02	0,87	0,75	0,65	0,57	0,50	0,45	0,40

Obrázek 3.7 – Návrhové tabulky pro posouzení vaznice jako spojitého nosníku o 5 a více polích podle Kovové profily, spol. s.r.o.

Posouzení:	$f_{Ed,c} \leq f_{Rd,c}$	
	4,11 ≤ 7,23 kN/m	VYHOVUJE
	$f_{Ed,t} \leq f_{Rd,t}$	
	-2,23 ≤ -9,38 kN/m	VYHOVUJE

Návrh střešní vaznice z tenkostěnného profilu Z120 o výšce 120 mm od výrobce Kovové profily, spol. s.r.o. je vyhovující.

3.4 Návrh vazníku

Pro návrh ocelového vazníku byla zvolena vysokopevnostní ocel EN 10025-6-S620Q, která vychází z ČSN EN 10025-6.

- EN 10025-6 – předpis
- S – konstrukční ocel
- 620 – minimální hodnota zaručené meze kluzu v MPa při pokojové teplotě
- Q – zušlechťená ocel s minimálními hodnotami nárazové práce při nižší teplotě než -20°C

Materiál se značí EN 10025-6 – 1.8914.

Podle ČSN 1993-1-12:2006 musí být také splněna podmínka poměru pevnosti v tahu a meze kluzu:

$$f_u / f_y \geq 1,05$$

3.4.1 Zatěžovací stavy

Mezi zatěžovací stavy pro výpočet kombinací zatížení ocelového vazníku byla zahrnuta stálá a proměnná zatížení. Složky stálého zatížení tvoří vlastní tíha střešního pláště, střešních vaznic a předpokládané soustavy fotovoltaických panelů. Mezi proměnné zatížení byly zahrnuty účinky od zatížení sněhem a větrem v příčném i podélném směru.

Ve výpočtu zatížení musí být zahrnut dílčí součinitel spolehlivosti γ . Pro ČR se hodnoty stanoví dle NA2.19 ČSN EN 1990.

- stálé zatížení ... $\gamma_g = 1,35$
- užitné zatížení ... $\gamma_q = 1,5$
- stálé zatížení při sání větru $\gamma_g = 1,0$

3.4.2 Stálé zatížení

$$g_{\text{stálé}} = (f_{\text{SCH}} + f_{\text{FV}}) \times B + f_{\text{vaznice}} \times B / b$$

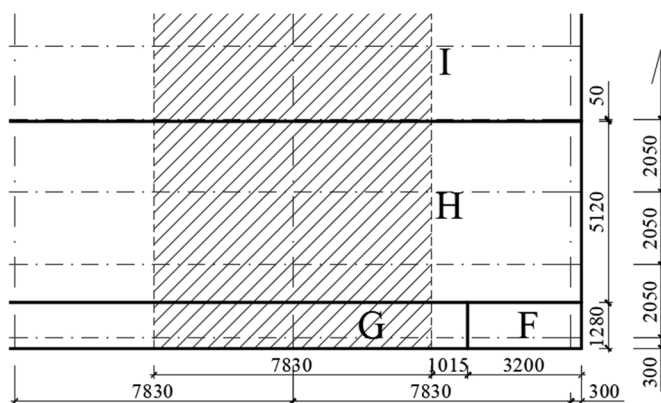
$$g_{\text{stálé}} = (0,23 + 0,22) \times 7,83 + 0,3 \times 7,83 / 2,05 = 4,67 \text{ kN/m}$$

3.4.3 Proměnné zatížení

Sníh

$$q_{\text{sníh}} = S_k \times B = 0,80 \times 7,83 = 6,26 \text{ kN/m}$$

Příčný vítr



Obrázek 3.8 – Schéma rozložení působení příčného větru na vazník (rozměry jsou uvedeny v mm)

$$q_{\text{příčný},1} = w_{e,G} \times l_G$$

$$q_{\text{příčný},1} = -0,66 \times 7,83 = -5,17 \text{ kN/m} \rightarrow \text{působí na } L_1 = 1,28 \text{ m}$$

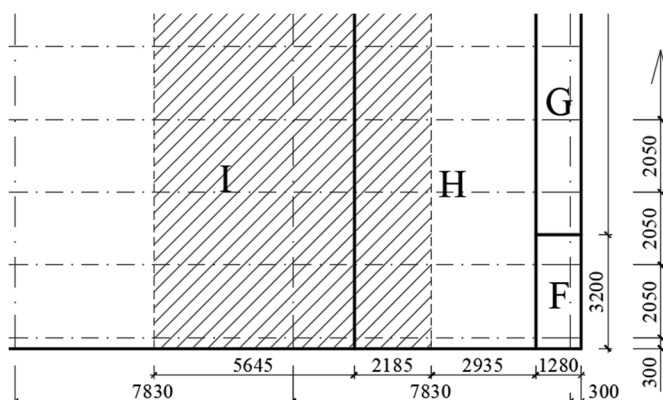
$$q_{\text{příčný},2} = w_{e,H} \times l_H$$

$$q_{\text{příčný},2} = -0,55 \times 7,83 = -4,28 \text{ kN/m} \rightarrow \text{působí na } L_2 = 5,12 \text{ m}$$

$$q_{\text{příčný},3} = w_{e,I} \times l_I$$

$$q_{\text{příčný},3} = -0,16 \times 7,83 = -1,22 \text{ kN/m} \rightarrow \text{působí na } L_3 = 26,4 \text{ m}$$

Podélný vítr



Obrázek 3.9 – Schéma rozložení působení podélného větru na vazník (rozměry jsou uvedeny v mm)

$$q_{\text{podélný}} = w_{e,H} \times l_H + w_{e,I} \times l_I$$

$$q_{\text{podélný}} = -0,55 \times 2,19 + (-0,16) \times 5,65 = -2,08 \text{ kN/m}$$

Užitné zatížení

Toto zatížení může působit na maximální ploše $10 \text{ m}^2 \rightarrow 5 \times 2 \text{ m}$

$$q_{\text{užitné}} = f_{už} \times 2 = 0,75 \times 2 = 1,5 \text{ kN/m}$$

3.4.4 Kombinace zatěžovacích stavů

V článku 6.4.3.2(3) ČSN EN 1990 je obecně stanovena základní kombinace zatížení:

$$\sum \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_P \times P + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$$

Složky zatížení

- $G_{k,j}$ - charakteristická hodnota stálého zatížení
- P – charakteristická hodnota předpjetí
- $Q_{k,1}$ - charakteristická hodnota dominantního proměnného zatížení
- $Q_{k,i}$ - charakteristické hodnoty ostatních proměnných zatížení

Dílčí součinitelé spolehlivosti

- $\gamma_{G,j}$ - dílčí součinitel spolehlivosti pro stálé zatížení
- γ_P – dílčí součinitel spolehlivosti pro předpětí
- $\gamma_{Q,i}$ - dílčí součinitelé spolehlivosti pro proměnná zatížení
- $\psi_{0,i}$ - kombinační součinitel
 - Vítr ... $\psi_0 = 0,6$
 - Sníh ... $\psi_0 = 0,5$
 - Užité zatížení ... $\psi_0 = 0,0$

Pomocí programu SCIA Engineer byly posouzeny následující kombinace zatěžovacích stavů:

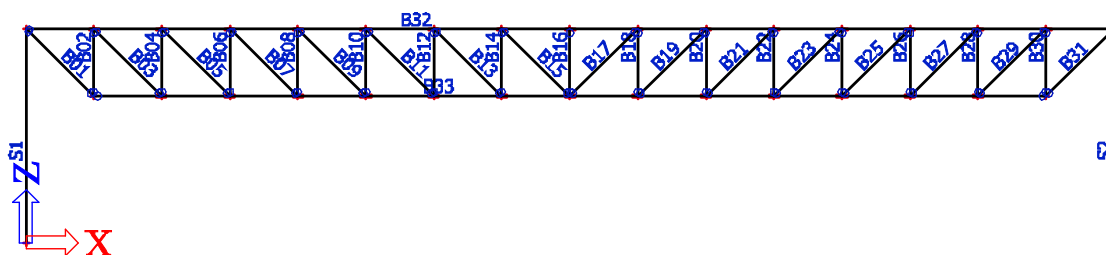
- KZS 1 – stálé + dominantní sníh
- KZS 2 – stálé + dominantní sníh + redukovaný příčný vítr
- KZS 3 – stálé + dominantní příčný vítr + redukovaný sníh
- KZS 4 – stálé + dominantní podélný vítr + redukovaný sníh
- KZS 5 – stálé + dominantní příčný vítr
- KZS 6 – stálé + dominantní podélný vítr

Z těchto kombinací zatěžovacích stavů se předpokládá, že prvky konstrukce namáhané tlakem, budou nejvíce nepříznivě ovlivněny KZS1, který působí především v tlaku. Prvky konstrukce namáhané hlavně tahem, budou nejvíce ovlivněny sáním větru, a tedy se předpokládá, že největší zatížení bude představovat KZS5 nebo KZS6.

Vyhodnocení viz report z programu SCIA Engineer, který je v příloze A.I.

3.4.5 Vzorové výpočty návrhu profilů v příhradovém nosníku

Podkladem pro výpočet jednotlivých prvků příhradového vazníku je výstup působení normálových sil z programu SCIA Engineer. Pro posouzení byly vybrány kombinace zatěžovacích stavů, při nichž v jednotlivých prvcích působí největší možná normálová síla, která může nastat v tahu nebo v tlaku.



Obrázek 3.10 – Schéma rozložení prvků příhradového vazníku z modelu ve SCIA Engineer

Tažená diagonála B01

Působící síla: $N_{Ed,B01} = 367,75 \text{ kN}$

Ocel: EN 10025-6 S620Q

$f_y = 620 \text{ MPa}$

Navržený profil: SHS 60 / 60 / 5.0

$A = 1070 \text{ mm}^2$

$i = 22 \text{ mm}$

Výpočet:

$$N_{t,Rd,B01} = A \times f_y / \gamma_{M0}$$

$$N_{t,Rd,B01} = 1070 \times 620 / 1 = 663400 \text{ N} \approx 663,4 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,B01} \leq N_{t,Rd,B01}$$

$$367,75 \text{ kN} \leq 663,4 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

55%

Tažená pásnice B33:

Působící síla: $N_{Ed,B33} = 1122,08 \text{ kN}$

Ocel: EN 10025-6 S620Q

$$f_y = 620 \text{ MPa}$$

Navržený profil: SHS 110 / 110 / 5.0

$$A = 2070 \text{ mm}^2$$

$$i = 43 \text{ mm}$$

Výpočet:

$$N_{t,Rd,B33} = A \times f_y / \gamma_{M0}$$

$$N_{t,Rd,B33} = 2070 \times 620 / 1 = 1283400 \text{ N} \approx 1283,4 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,B33} \leq N_{t,Rd,B33}$$

$$1122,08 \text{ kN} \leq 1283,4 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

87%

Tlačená svislice B02:

Působící síla: $N_{Ed,B02} = -255,97 \text{ kN}$

Ocel: EN 10025-6 S620Q

$$f_y = 620 \text{ MPa}$$

Navržený profil: SHS 60 / 60 / 5.0

$$A = 1070 \text{ mm}^2$$

$$i = 22,3 \text{ mm}$$

$$L = 2000 \text{ mm}$$

Výpočet:

Vzpěrná délka prutu: $L_{cr} = 0,75 \times L$

$$L_{cr} = 0,75 \times 2000 = 1500 \text{ mm}$$

Štíhlost prutu: $\lambda = L_{cr} / i$

$$\lambda = 1500 / 22,3 = 67,27$$

Ověření: $\lambda \leq 200$

$$67,27 \leq 200$$

VYHOVUJE

Relativní štíhlost prutu: $\lambda_1 = \pi \times \sqrt{(E / f_y)} = 93,9 \times \varepsilon$

$$\rightarrow \varepsilon = \sqrt{(235 / f_y)} = \sqrt{(235 / 620)} = 0,616$$

$$\lambda_1 = \pi \times 0,616 = 57,81$$

Poměrná štíhlost: $\lambda' = \lambda / \lambda_1$

$$\lambda' = 67,27 / 57,81 = 1,164$$

Pomocná hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti:

$$\phi = 0,5 \times (1 \times \alpha \times (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2)$$

$$\phi = 0,5 \times (1 \times 0,49 \times (1,164 - 0,2) + 1,164^2) = 1,413$$

Součinitel imperfekce $\alpha = 0,49$

Vzpěrností součinitel: $\chi = 1 / (\phi + \sqrt{(\phi^2 - \lambda'^2)})$

$$\chi = 1 / (1,413 + \sqrt{(1,413^2 - 1,164^2)})$$

$$\chi = 0,452$$

$$N_{b,Rd,B02} = \chi \times A \times f_y / \gamma_{M1}$$

$$N_{b,Rd,B02} = 0,452 \times 1070 \times 620 / 1 = 299548 \text{ N} \quad \approx \quad 299,56 \text{ kN}$$

$$|N_{Ed,B02}| \leq N_{b,Rd,B02}$$

$$255,97 \text{ kN} \leq 299,56 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

87%

Výpočty všech ostatních profilů jsou uvedeny v následující Tabulce 3.7 a Tabulce 3.8.

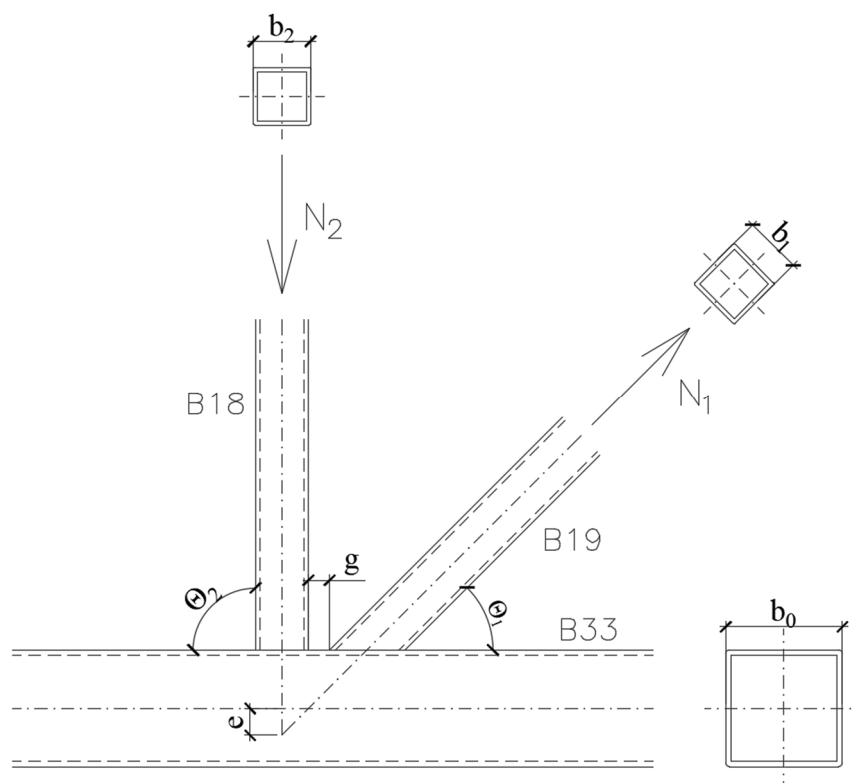
Tabulka 3.7 – Návrh tažených prvků ve vazníku

TAH								
Název	N_{Ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	i [mm]	f_y [MPa]	$N_{t,Rd}$ [kN]	$N_{Ed} / N_{t,Rd}$	< 100%
B01	367,75	RHS 60 /60 / 5.0	1070	22	620	663,40	55%	VYHOVUJE
B03	325,28	RHS 60 /60 / 5.0	1070	22	620	663,40	49%	VYHOVUJE
B05	290,96	RHS 60 /60 / 5.0	1070	22	620	663,40	44%	VYHOVUJE
B07	206,79	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	445,78	46%	VYHOVUJE
B09	173,49	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	445,78	39%	VYHOVUJE
B11	125,26	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	445,78	28%	VYHOVUJE
B13	78,74	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	445,78	18%	VYHOVUJE
B15	44,12	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	445,78	10%	VYHOVUJE
B17	44,12	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	445,78	10%	VYHOVUJE
B19	78,74	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	445,78	18%	VYHOVUJE
B21	125,26	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	445,78	28%	VYHOVUJE
B23	173,49	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	445,78	39%	VYHOVUJE
B25	206,79	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	445,78	46%	VYHOVUJE
B27	290,96	RHS 60 /60 / 5.0	1070	22	620	663,40	44%	VYHOVUJE
B29	325,28	RHS 60 /60 / 5.0	1070	22	620	663,40	49%	VYHOVUJE
B31	367,75	RHS 60 /60 / 5.0	1070	22	620	663,40	55%	VYHOVUJE
B33	1122,1	RHS 110 / 110 / 5.0	2070	43	620	1283,40	87%	VYHOVUJE

TLAK																
Název	N_{Ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	i [mm]	f_y [MPa]	L_{teor} [m]	L_{cr} / L	L_{cr} [m]	$\lambda < 200$	λ_1	λ'	ϕ	χ	$N_{b,Rd}$ [kN]	$N_{Ed} / N_{b,Rd}$	< 100%
B02	-255,97	RHS 60 / 60 / 5.0	1070	22	620	2	0,75	2	67,26	57,81	1,18	1,435	0,444	294,36	87%	VYHOVUJE
B04	-226,98	RHS 60 / 60 / 5.0	1070	22	620	2	0,75	2	67,26	57,81	1,18	1,435	0,444	294,36	77%	VYHOVUJE
B06	-202,15	RHS 60 / 60 / 5.0	1070	22	620	2	0,75	2	67,26	57,81	1,18	1,435	0,444	294,36	69%	VYHOVUJE
B08	-143,89	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	2	0,75	2	65,22	57,81	1,37	1,718	0,362	161,48	89%	VYHOVUJE
B10	-120,67	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	2	0,75	2	65,22	57,81	1,37	1,718	0,362	161,48	75%	VYHOVUJE
B12	-86,81	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	2	0,75	2	65,22	57,81	1,37	1,718	0,362	161,48	54%	VYHOVUJE
B14	-54,89	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	2	0,75	2	65,22	57,81	1,37	1,718	0,362	161,48	34%	VYHOVUJE
B16	-60,04	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	2	0,75	2	65,22	57,81	1,37	1,718	0,362	161,48	37%	VYHOVUJE
B18	-54,89	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	2	0,75	2	65,22	57,81	1,37	1,718	0,362	161,48	34%	VYHOVUJE
B20	-86,81	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	2	0,75	2	65,22	57,81	1,37	1,718	0,362	161,48	54%	VYHOVUJE
B22	-120,67	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	2	0,75	2	65,22	57,81	1,37	1,718	0,362	161,48	75%	VYHOVUJE
B24	-143,89	RHS 50 / 50 / 4.0	719	19	620	2	0,75	2	65,22	57,81	1,37	1,718	0,362	161,48	89%	VYHOVUJE
B26	-202,15	RHS 60 / 60 / 5.0	1070	22	620	2	0,75	2	67,26	57,81	1,18	1,435	0,444	294,36	69%	VYHOVUJE
B28	-226,98	RHS 60 / 60 / 5.0	1070	22	620	2	0,75	2	67,26	57,81	1,18	1,435	0,444	294,36	77%	VYHOVUJE
B30	-255,97	RHS 60 / 60 / 5.0	1070	22	620	2	0,75	2	67,26	57,81	1,18	1,435	0,444	294,36	87%	VYHOVUJE
B32	-1147,5	RHS 300 / 300 / 12,5	14200	117	620	16,4	0,9	15	126,15	57,81	2,18	3,367	0,169	1484,6	77%	VYHOVUJE

Tabulka 3.8 – Návrh tlačných prvků ve vazníku

3.5 Návrh styčnicku příhradového nosníku



Obrázek 3.11 – Schéma řešeného styčnicku

Návrh spojů v ocelových konstrukcích se provádí podle normy ČSN EN 1993-1-8. V řešeném příhradovém nosníku z geometrie vyplývá, že jednotlivé styčnický odpovídají schématu styčnick N⁴, stanoveném z obrázku 7.1 ČSN EN 1993-1-8. Tyto styčnický jsou vzorově posouzeny za běžné teploty v následujícím příkladu.

Vzhledem k tomu, že konstrukce je navrhována z vysokopevnostní oceli, je nutné podle čl. 7.1.1(4) normy ČSN EN 1993-1-12 redukovat hodnotu meze kluzu oceli f_y součinitelem 0,8.

⁴ Z angl. N-joint

Vstupní geometrické údaje a charakteristiky:

Pásnice	Diagonála	Svislice
$b_0 = h_0 = 110 \text{ mm}$	$b_1 = h_1 = 50 \text{ mm}$	$b_2 = h_2 = 50 \text{ mm}$
$t_0 = 5 \text{ mm}$	$t_1 = 4 \text{ mm}$	$t_2 = 4 \text{ mm}$
	$\theta_1 = 45^\circ$	$\theta_2 = 90^\circ$
$N_0 = 1122,1 \text{ kN}$	$N_1 = 78,74 \text{ kN}$	$N_2 = 54,89 \text{ kN}$
$g = 20 \text{ mm}$		
$E = 210 \text{ GPa}$	$f_y = 620 \text{ MPa}$	

3.5.1 Ověření rozsahu platnosti návrhu

Výpočet excentricity

$$g = (e + h_0 / 2) \times \sin(\theta_1 + \theta_2) / (\sin\theta_1 \times \sin\theta_2) - h_1 / (2 \times \sin\theta_1) - h_2 / (2 \times \sin\theta_2)$$

$$e = [g + h_1 / (2 \times \sin\theta_1) + h_2 / (2 \times \sin\theta_2)] \times (\sin\theta_1 \times \sin\theta_2) / \sin(\theta_1 + \theta_2) - h_0 / 2$$

$$e = [20 + 50 / (2 \times \sin 45^\circ) + 50 / (2 \times \sin 90^\circ)] \times (\sin 45^\circ + \sin 90^\circ) / \sin(45^\circ + 90^\circ) - 110 / 2 = 25,36 \text{ mm}$$

Excentricita

$$-0,55 \leq e \leq 0,25 \times h_0$$

$$-0,55 \leq 25,36 \leq 0,25 \times 110 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Momenty vyplývající z excentricity se uvažují podle čl. 5.1.5(6) ČSN EN 1993-1-8 pouze u tlačných prutů. V následujícím výpočtu tedy tento moment není potřeba zahrnout.

Diagonály

$$b / t \leq \min(35 \text{ mm}; 1,25 \times \sqrt{(E / f_y)})$$

$$60 / 3 \leq \min(35 \text{ mm}; 1,25 \times \sqrt{(210000 / 620)})$$

$$20 \leq \min(35 \text{ mm}; 23)$$

VYHOVUJE

Pás

- $0,5 \leq h_0 / b_0 \leq 2$
 $0,5 \leq 110 / 110 \leq 2$ **VYHOVUJE**
- $b_0 / t_0 \leq 35$
 $110 / 5 \leq 35$ **VYHOVUJE**
- $h_0 / t_0 \leq 35$
 $110 / 5 \leq 35$ **VYHOVUJE**
- $(b_0 + h_0) / t_0 \geq 25$
 $(110 + 110) / 5 \geq 25$ **VYHOVUJE**

3.5.2 Tvary porušení

Porušení líce pásu

- $N_{Rd} = 8,9 \times t_0^2 \times f_y \times k_n \times \sqrt{\gamma} / (\sin\theta \times \gamma_{M5}) \times [(\sum b_i + \sum h_i) / (2 \times m \times b_0)]$
- $\gamma = b_0 / (2 \times t_0) = 110 / 2 \times 5 = 11$
- $k_{n(tlak)} = \min (1,3 - 0,4 \times n / \beta; 1)$
 $n = \sigma_{0Ed} / (f_{y0} \times \gamma_{M5}) = 54,89 / (620 \times 1) = 0,09$
 $\beta = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2) / (4 \times b_0) = (4 \times 50) / (4 \times 110) = 0,455$
 $k_{n(tlak)} = \min (1,3 - 0,4 \times 0,09 / 0,455 = 1,22; 1) = 1$
- $k_{n(tah)} = 1$

$$N_{1Rd} = 8,9 \times 5^2 \times 620 \times 1 \times \sqrt{11} / (\sin 45^\circ \times 1) \times [(50 + 50 + 50 + 50) / (2 \times 2 \times 110)] = 294110 \text{ N} \approx 294,1 \text{ kN}$$

$$N_{2Rd} = 8,9 \times 5^2 \times 620 \times 1 \times \sqrt{11} / (\sin 90^\circ \times 1) \times [(50 + 50 + 50 + 50) / (2 \times 2 \times 110)] = 228764 \text{ N} \approx 228,8 \text{ kN}$$

Porušení pásu ve smyku

Mezera

$$g = 20 \text{ mm}$$

Plocha ve smyku

- $A_v = (2 \times h_0 + \alpha \times b_0) \times t_0$
- $\alpha = 1 / \sqrt{[1+4 \times g^2 / (3 \times t_0^2)]} = 1 / \sqrt{[1+4 \times 20^2 / (3 \times 5^2)]} = 0,212$
- $A_v = (2 \times 110 + 0,212 \times 110) \times 5 = 1216,6 \text{ mm}^2$

Únosnost

- $N_{Rd} = A_v \times f_y / (\sqrt{3} \times \sin\theta \times \gamma_{M5})$
- $N_{1Rd} = 1216,6 \times 620 / (\sqrt{3} \times \sin 45^\circ \times 1) = 615573,1 \text{ N} \approx 615,6 \text{ kN}$
- $N_{2Rd} = \dots = 435,3 \text{ kN}$

Porušení protlačení smykem

Únosnost diagonály

- $N_{Rd} = t_0 \times f_y / (\sqrt{3} \times \sin\theta \times \gamma_{M5}) \times (2 \times h_1 / \sin\theta + b_1 + b_{ep})$
- $b_{ep} = 10 \times b_1 \times t_0 / b_0 = 10 \times 50 \times 5 / 110 = 22,73 \text{ mm}$
- $22,73 \text{ mm} \leq 50 \text{ mm}$ **VYHOVUJE**

$$N_{1Rd} = 5 \times 620 / (\sqrt{3} \times \sin 45^\circ \times 1) \times (2 \times 50 / \sin 45^\circ + 50 + 22,73) = 542046,9 \text{ N} \approx 542 \text{ kN}$$

$$N_{2Rd} = \dots = 609 \text{ kN}$$

Porušení diagonály

- $N_{Rd} = t_1 \times f_y \times (2 \times h_1 - 4 \times t_1 + b_1 + b_{eff}) / \gamma_{M5}$
- $b_{eff} = 10 \times b_1 \times t_0^2 \times f_{y0} / (b_0 \times t_1 \times f_{y1})$

$$b_{\text{eff}} = 10 \times 50 \times 5^2 \times 620 / (110 \times 4 \times 620) = 28,41 \text{ mm} \leq 60 \text{ mm}$$

$$N_{1Rd} = 4 \times 620 \times (2 \times 50 - 4 \times 4 + 50 + 28,41) / 1 = 402776 \text{ N} \approx 402,8 \text{ kN}$$

Tabulka 3.9 – Přehled únosností styčníku příhradového nosníku na spodní pásnici

Typ porušení	Síla [kN]	Redukce pro S620	Výsledná síla [kN]
Porušení líce pásu	$N_{1Rd} = 294,1$	0,8	$N_{1Rd} = 235,3$
	$N_{2Rd} = 228,8$	0,8	$N_{2Rd} = 183$
Porušení páse ve smyku	$N_{1Rd} = 615,6$	0,8	$N_{1Rd} = 492,5$
	$N_{2Rd} = 435,3$	0,8	$N_{2Rd} = 348,2$
Porušení protlačení smykem	$N_{1Rd} = 542$	0,8	$N_{1Rd} = 433,6$
	$N_{2Rd} = 609$	0,8	$N_{2Rd} = 487,2$
Porušení diagonály	$N_{1Rd} = 402,8$	0,8	$N_{1Rd} = 322,2$

Únosnost styčníku je ve všech ohledech vyšší, než únosnost diagonály **VYHOVUJE**

4 Požární scénáře

V obou PÚ N01.02 – II. a N01.03 – II. haly je nutné ověřit příhradové vazníky na požární odolnost. Minimální doba, po kterou musí vazník plnit svou nosnou funkci, je stanovena v části B této bakalářské práce na 30 min.

Spodní pásnice vazníku je navržena z válcovaného průřezu čtverhranné trubky 100 / 100 / 6.0. Horní pásnice byla navržena ze stejného typu profilu 300 / 300 / 12.5. Diagonály a svislice v krajní části nosníku tvoří profily RHS 60 / 60 / 5.0, střední část je tvořena stejným profilem o rozdílné tloušťce 3 mm. Vazníky jsou vysoké 2 m a jsou rozmístěny ve vzájemném rozestupu 7,83 m.

Pro halu se uvažují tyto požární scénáře:

- I. Lokální požár palet s vytištěným materiálem – řešen dále
- II. Lokální požár skladu papíru – není předmětem zadání
- III. Prostorový požár od celkového požárního zatížení – řešen dále
- IV. Prostorový požár od části požárního zatížení – není předmětem zadání

4.1 Požární scénář I.

V PÚ se předpokládá lokální požár vytištěného zboží, připraveného k expedici. Zboží se nachází na 2 europaletách o celkové ploše $2 \times 0,96 \text{ m}^2 = 1,92 \text{ m}^2$. Ekvivalentně byla odvozena kruhová plocha požáru o poloměru 0,782 m. Hmotnost materiálu je odhadnuta na 1,5 tuny ($80 \text{ g/m}^2 \times 0,062 \text{ m}^2 \times 500 \times 5 \times 60/1000 = 750 \text{ kg} \times 2 = 1500 \text{ kg}$). Výhřevnost byla stanovena podle ČSN EN 1991-1-2 pro papír jako celulózový výrobek.

Pro účely této bakalářské práce nebude lokální požár posuzován.

4.2 Požární scénář III.

U tohoto požárního scénáře se uvažuje s plošným požárem veškerého požárního zatížení, které bylo odhadnuto pro požární úsek v části B – PBŘ. Uvažuje se, že požární zatížení je tvořeno celulórou, plasty a elektronikou, které jsou součástí strojů.

Posuzovaný požární scénář bude nejdříve namodelován podle výchozího návrhového stavu v části PBŘ. Jedná se především o geometrii a umístění otvorů. V případě, že ocelový profil nevyhoví, bude v požárním scénáři zahrnuto ZOKT podle návrhu z přílohy H ČSN 73 0802.

Předpokládá se:

- a. Střední rychlost rozvoje požáru $t_a = 300$ s (tab. E.5 ČSN EN 1991-1-2)
- b. Rychlost uvolňování tepla $RHR_f = 500$ kW/m²
- c. Požární zatížení převzaté z PBŘ
- d. Výhřevnost dřeva $H_d = 20$ MJ/kg (tab. E.3 ČSN EN 1991-1-2)

V případě návrhu přirozeného odvětrávání bude posouzeno několik variant řešení:

PÚ N01.02-II.

V tomto PÚ se nachází vrata a dveře o celkové ploše 26 m².

Odvodní otvory budou ve variantách umístěny následovně:

1. Otvory o vypočtené ploše a s výškou 1 m budou umístěny na západní stěně PÚ pod střechou.
2. Otvory o vypočtené ploše a s výškou 2,5 m budou umístěny na západní stěně PÚ pod střechou.
3. Otvory šířky podle 1. a výšky podle 2., umístěny na západní stěně PÚ pod střechou.
4. Otvory o vypočtené ploše a s výškou 1 m budou umístěny na severní stěně PÚ vůči přírodním otvorům, pod střechou.
5. Otvory o vypočtené ploše a s výškou 2,5 m budou umístěny na severní stěně PÚ vůči přírodním otvorům, pod střechou.

6. Otvory šířky podle 4. a výšky podle 5., umístěny na severní stěně PÚ pod střechou.

PÚ N01.02-III.

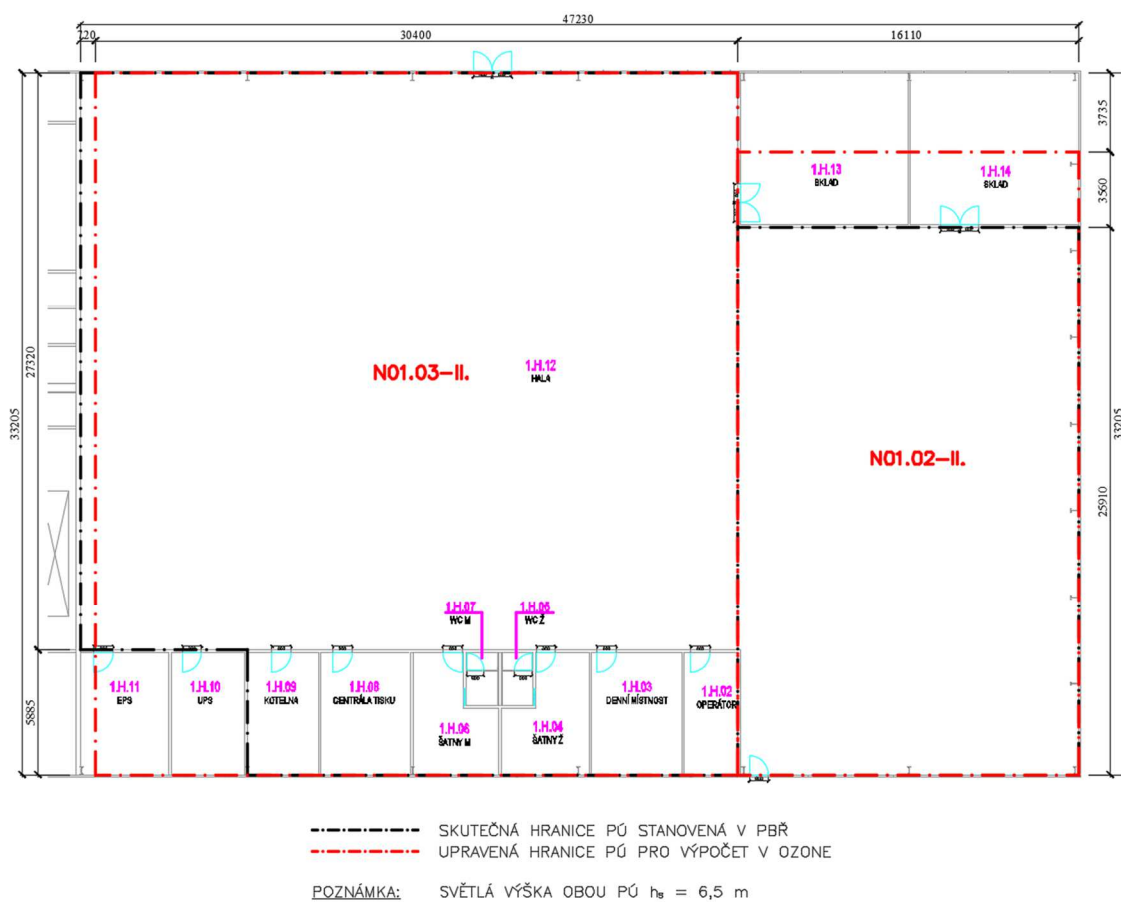
V tomto PÚ se nachází otvory o celkové ploše 42 m² s osou ve výšce

Odvodní otvory budou ve variantách umístěny následovně:

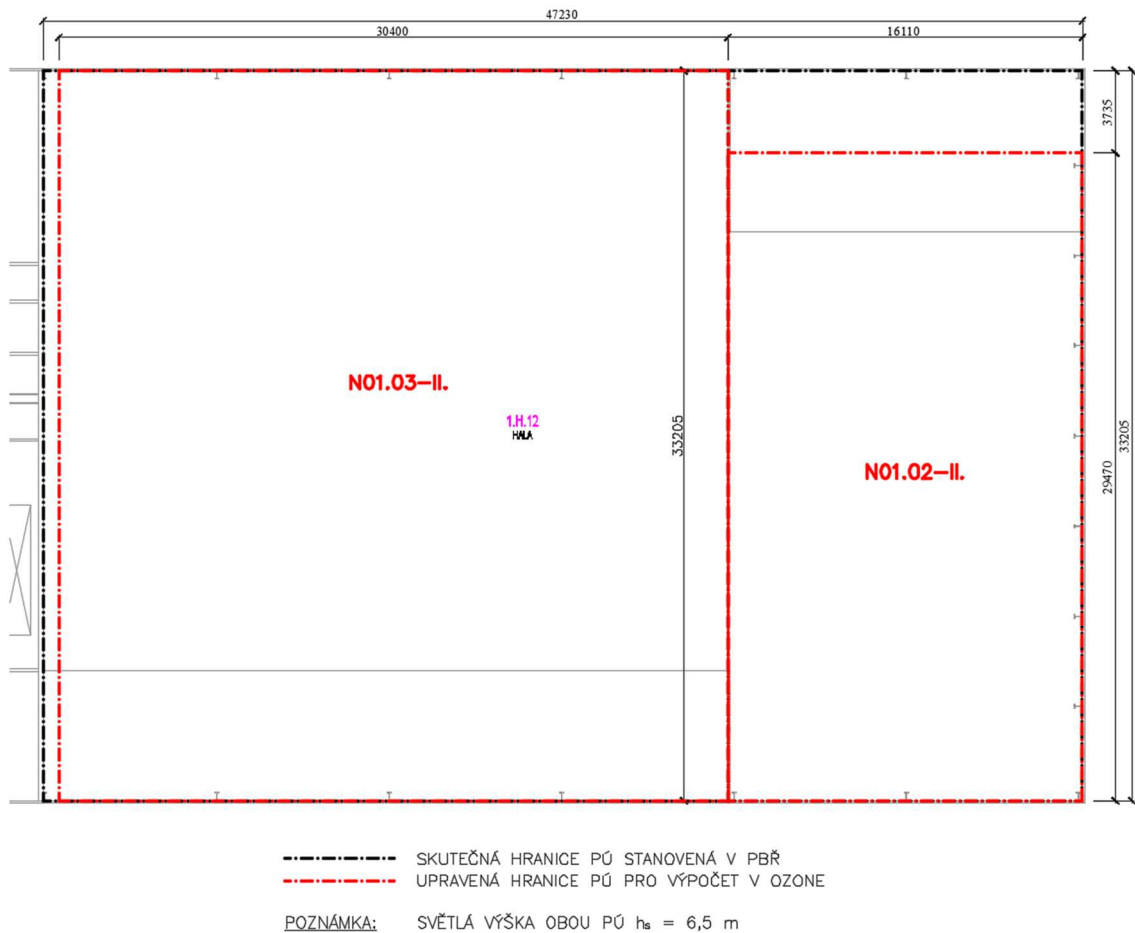
1. Otvory o vypočtené ploše a s výškou 1 m budou umístěny na severní stěně PÚ pod střechou.
2. Otvory o vypočtené ploše a s výškou 2,5 m budou umístěny na severní stěně PÚ pod střechou.
3. Otvory šířky podle 1. a výšky podle 2., umístěny na severní stěně PÚ pod střechou.

5 OZone

V programu OZone lze posuzovat požární úsek pouze pravidelných tvarů kvádrů či krychle. Pro účely posouzení PÚ v této bakalářské práci byla geometrie PÚ pozměněna tak, aby zůstal zachován objem posuzovaných PÚ a zároveň tvar nebyl členitý. Modely požárních úseků se pak posuzují pomocí dvouzónového modelu.



Obrázek 5.1 – Zobrazení úpravy geometrie požárních úseků v INP pro výpočet v OZone



Obrázek 5.2 – Zobrazení úpravy geometrie požárních úseků ve 2NP pro výpočet v OZone

Výše znázorněná modifikace PŮ nemá vliv na umístění větracích otvorů ZOKT.

Program nepodporuje širokou škálu ocelových profilů, proto byl navržený profil tažené pásnice RHS 110 / 110 / 5.0 nahrazen na základě přepočtu poměru A/V za profil HE 100 M.

$$\underline{\text{RHS 100/100/6.0}} \quad A = 2070 \text{ mm}^2$$

$$O = 4 \times 110 = 440 \text{ mm}$$

$$A/V = 440 / 2070 = 0,22 \text{ 1/mm} \approx 212,56 \text{ 1/m}$$

$$\underline{\text{HE 100 M}} \quad A = 5324 \text{ mm}^2$$

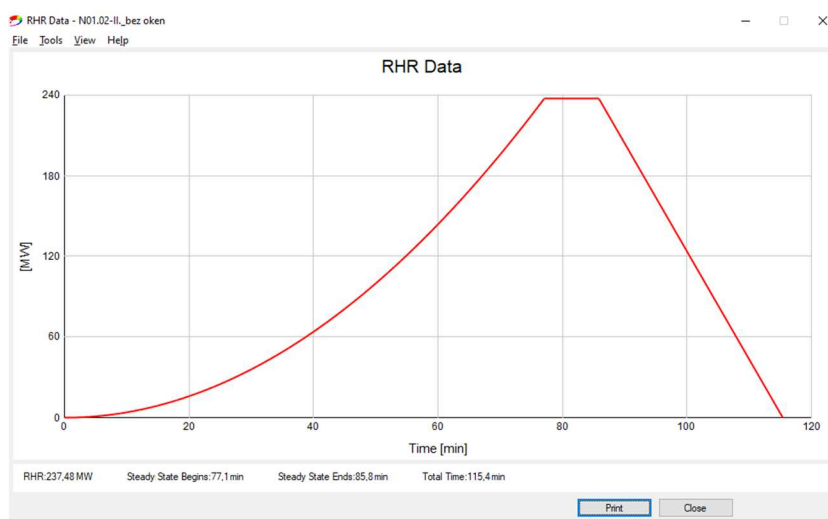
$$O = 996,39 \text{ mm}$$

$$A/V = 996,39 / 5324 = 0,19 \text{ 1/mm} \approx 187,15 \text{ 1/m}$$

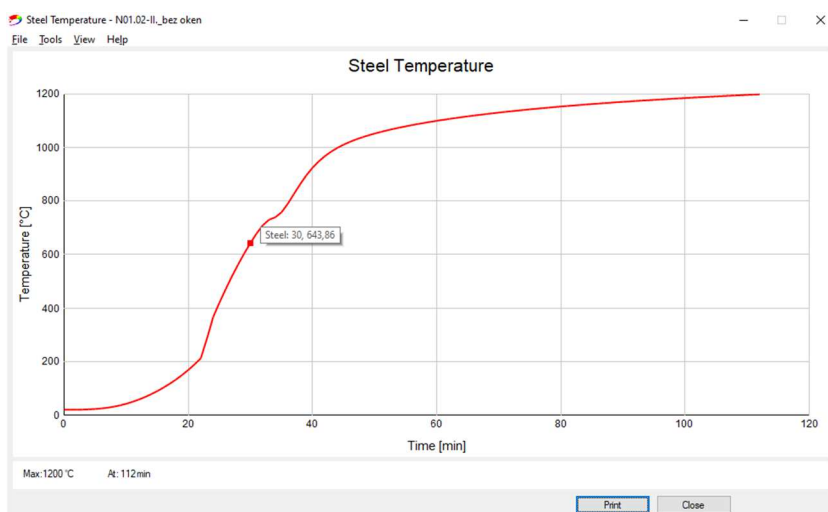
5.1 Model PÚ N01.02-II. v programu OZone – varianta 1

5.1.1 Vstupní parametry

Rozměr PÚ N01.02-II.:	16,11 × 29,47 × 6,25 m
Rychlost rozvoje požáru:	$t_{\alpha} = 300$ s
Rychlost uvolňování tepla:	$RHR_f = 500$ kW/m ²
Požární zatížení:	$q_{f,k} = p \times H_d = 65 \times 17,5 = 1140$ MJ/m ²
Otvory:	vrata 2 × 3 × 4 m
	dveře 1 × 2 m



Obrázek 5.3 – Průběh tepelného toku z programu OZone



Obrázek 5.4 – Průběh teploty ocelového profilu z programu OZone; průřez v čase $t = 30$ min dosáhne teploty $\theta = 644^{\circ}\text{C}$

5.1.2 Posouzení pásnice vazníku za požáru

V části PBŘ je stanovená požadovaná požární odolnost nosníku na 30 minut, po které musí ocelový nosník plnit svoji nosnou funkci.

Pro posouzení je nutné nejdříve stanovit redukční součinitel pro návrhovou úroveň zatížení při požární situaci. Tento postup je uveden v článku 2.4.2(3) normy ČSN EN 1991-1-2.

$$E_{d,fi,t} = \eta_{fi} \times E_d$$

Redukční součinitel zatížení

$$\eta_{fi} = (G_k + \psi_{fi} \times Q_{k,1}) / (\gamma_G \times G_k + \gamma_{Q1} \times Q_{k,1})$$

Do tohoto vzorce se dosadí následující:

ψ_{fi} součinitel kombinace pro častou hodnotu $\psi_{fi} = 0,3$

γ_G součinitel spolehlivosti pro stálé zatížení $\gamma_G = 1,35$

γ_Q součinitel spolehlivosti pro stálé zatížení $\gamma_Q = 1,5$

$$\eta_{fi} = [(0,22 + 0,23) + 0,3 \times 0,8] / (1,35 \times 0,45 + 1,5 \times 0,8) = 0,382$$

Normálová síla působící v pásnici

$$N_{Ed,fi,\theta, B33} = \eta_{fi} \times N_{Ed} = 0,382 \times 1122,08 = 428,63 \text{ kN}$$

Únosnost pásnice

$$N_{Rd,fi,\theta, B33} = k_{y,\theta} \times f_y \times A / \gamma_{M,fi}$$

$k_{y,(644)} = 0,364$ (odvozeno lineární interpolací z tab. 3.1 ČSN EN 1993-1-2)

$\gamma_{M,fi} = 1$ (NA.2.3 1993-1-2)

$$N_{Rd,fi,0, B33} = 0,364 \times 620 \times 2,07 / 1 = 467,16 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,fi,0, B33} \leq N_{Rd,fi,0, B33}$$

VYHOVUJE

Ačkoliv statické posouzení únosnosti tažené pásnice za požáru vyhoví, bude i přesto navrženo požární větrání, které zajistí únosnost oceli za zvýšené teploty po delší dobu.

5.1.3 Návrh požárního větrání PÚ N01.02-II.

Z požárně bezpečnostního řešení vyplývá požadavek na příhradový nosník, nacházející se v obou požárních úsecích výrobní haly (N01.02 – II. a N01.03 – II.). Navržený nosník musí po dobu 30 minut požáru zajistit nosnou funkci, na kterou byl navržen.

Jako odtahové plochy budou navržena okna o výšce 1 metr, která budou umístěna pod střechou požárního úseku. Jejich celková plocha bude stanovena následujícím výpočtem.

5.1.4 Redukce únosnosti styčniců za požáru

Tabulka 5.1 – Přehled únosnosti styčniců příhradového nosníku na spodní pásnici za požáru

Typ porušení	Výsledná síla [kN]	Redukce za požáru	Výsledná síla [kN]
Porušení líce pásu	$N_{1Rd} = 235,3$	0,382	$N_{1Rd,fi} = 89,88$
	$N_{2Rd} = 183$	0,382	$N_{2Rd,fi} = 69,91$
Porušení páse ve smyku	$N_{1Rd} = 492,5$	0,382	$N_{1Rd,fi} = 188,14$
	$N_{2Rd} = 348,2$	0,382	$N_{2Rd,fi} = 133,01$
Porušení protlačení smykem	$N_{1Rd} = 433,6$	0,382	$N_{1Rd,fi} = 165,64$
	$N_{2Rd} = 487,2$	0,382	$N_{2Rd,fi} = 186,11$
Porušení diagonály	$N_{1Rd} = 322,2$	0,382	$N_{1Rd,fi} = 123,08$

Výpočet ZOKT – ČSN 73 0802 příloha H

Základní charakteristiky

$$h_s = 6,25 \text{ m}$$

$$h_v = 6,25 - 0,5 = 5,75 \text{ m}$$

$$h_k = \max(0,5 \times h_v; 3 \text{ m}) = \max(0,5 \times 5,75; 3) = 3 \text{ m}$$

$$t_v = 30 \text{ min} \approx 1800 \text{ s}$$

$$k_c = 0,8$$

Průměrné požární zatížení

$$p' = (\sum p_{ni} \times S_i \times k_{1,i} + \sum p_{si} \times S_i \times K_{1,i}) / S$$

$$k_{1,\text{stálé}} = k_{p1} \times k_{p2} = 0,85 \times 0,85 = 0,7225$$

$$k_{1,\text{nahodilé}} = k_{p1} \times k_{p2} = 0,9 \times 0,85 = 0,765$$

$$p' = p_n \times k_{1+} + p_s \times k_1 = 60 \times 0,7225 + 5 \times 0,765 = 47,175 \text{ kg/m}^2$$

Výška akumulční vrstvy

$$Y = h_v - h_k = 5,75 - 3 = 2,75 \text{ m}$$

Kritická hodnota tepla sdíleného prouděním

$$Q_{1,\text{max}} = 900 \times Y^{5/2} = 900 \times 2,75^{5/2} = 11286,89 \text{ kW}$$

Množství uvolněného tepla⁵

$$Q_1 = (p' \times t_v^2) / 2560 \times k_c = (47,175 \times 1800^2) / 2560 \times 0,8 = 47764,69 \text{ kW}$$

Plocha odtokových otvorů pro $Q_1 > 0,2 \times Q_{1,\text{max}}$

$$A_{\text{av}} = 0,0122 \times Q_1^{3/5} \times Y \times h_k^{-1/2}$$

$$A_{\text{av}} = 0,0122 \times 47764,69^{3/5} \times 2,75 \times 3^{-1/2} = 12,43 \text{ m}^2$$

Množství plynů v akumulční vrstvě pro $Q_1 > 0,2 \times Q_{1,\text{max}}$

$$M_f = 0,034 \times Y \times Q_1^{3/5}$$

$$M_f = 0,034 \times 2,75 \times 47764,69^{3/5} = 60,02 \text{ kg/s}$$

Teplota plynů v akumulční vrstvě

$$T_g = Q_1 / (M_f \times c_p) + T_0$$

$$T_g = 47764,69 / (60,02 \times 1) + 20 = 815,81^\circ\text{C}$$

⁵ Alternativně: $Q_1 = (t_v / k_v)^2 \times k_c \times 10^3 = (1800 / 232,95)^2 \times 0,8 \times 10^3 = 47764,98 \text{ kW}$
 $k_v = 1600 / (p'^{0,5}) = 1600 / 47,175^{0,5} = 232,95$

Objemové množství odváděných plynů

$$V_v = M_f / \rho_g$$

$$\rho_g = 353 / (T_g + 273) = 353 / (815,81 + 273) = 0,324 \text{ kg/m}^3$$

$$V_v = 60,02 / 0,324 = 185,13 \text{ m}^3/\text{s}$$

Rychlost odváděných plynů

$$v_v = V_v / A_{av}$$

$$v_v = 185,13 / 12,43 = 14,89 \text{ m/s}$$

Vztlak u výtoku plynů z klapek

$$\Delta p_v = v_v^2 \times \rho_g / 2$$

$$\Delta p_v = 14,89^2 \times 0,324 / 2 = 35,92 \text{ Pa}$$

Objemové množství přiváděného vzduchu

$$V_n = V_v \times (\theta_0 / \theta_g) = V_v \times (\theta_0 / (T_g + 273))$$

$$V_n = 185,13 \times (293 / (815,81 + 273)) = 49,82 \text{ m}^3/\text{s}$$

Geometrická plocha přívodu vzduchu

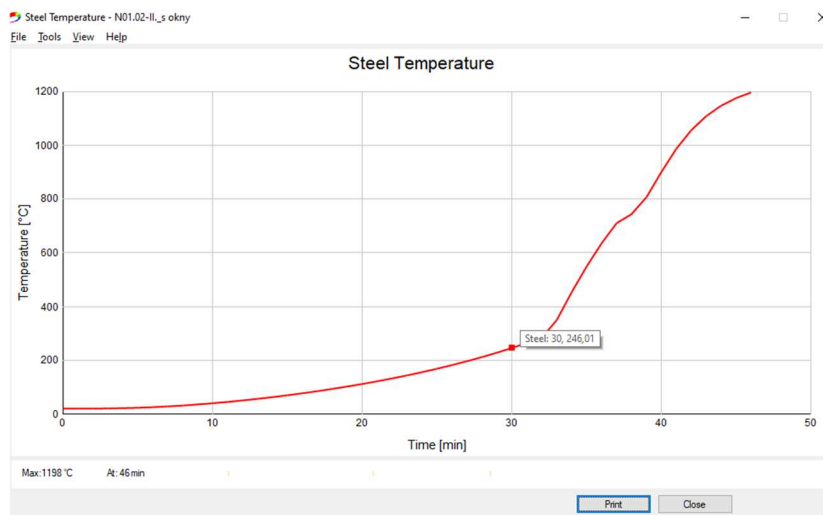
$$A_{gn} = V_n / (v_n \times C_n)$$

$$A_{gn} = 49,82 / (5 \times 0,55) = 18,12 \text{ m}^2$$

Z výpočtu vyplývá, že požadovaná plocha přívodních otvorů je 18,12 m² a plocha odvodních otvorů činí 12,43 m².

5.1.5 Model PŮ v OZone s navrženým požárním větráním

Do výpočtu v OZone byla zanesena plocha již navržených přívodních otvorů o rozměrech 1 × 2 m a 2 × 3 × 4 m. Odvodní otvory byly vloženy jako 15 m² velké odvodní plochy.



Obrázek 5.5 – Průběh teploty ocelového profilu z programu OZone při navrženém větrání; průřez v čase $t = 30$ min dosáhne teploty $\theta = 246^{\circ}\text{C}$

5.1.6 Posouzení pásnice vazníku při požárním odvětrávání

Ocelový profil v čase 30 min dosáhne teploty 246°C . Při takovéto teplotě součinitel $k_{y\theta} = 1$. Nedochozí tak k redukci únosnosti taženého profilu a pásnice je schopná přenášet plné zatížení.

5.1.7 Alternativní návrhy způsobu větrání

Tabulka 5.2 – Přehled navržených variant umístění odvětracích otvorů a vliv na teplotu oceli

Typ porušení	Geometrie otvorů		Umístění otvorů		Teplota oceli v 30 min [$^{\circ}\text{C}$]
	Šířka [m]	Výška [m]	Stěna	Osa otvoru od podlahy [m]	
1. Řešený návrh	15	1	západní	5,5	246,01
2. Vyšší otvor na západní stěně	6	2,5	západní	4,75	264,23
3. Větší otvor na západní stěně	15	2,5	západní	4,75	202,45
4. Otvor na severní stěně s vypočtenou plochou	15	1	severní	5,5	246,01
5. Vyšší otvor na severní stěně	6	2,5	severní	4,75	264,23
6. Větší otvor na severní stěně	15	2,5	severní	4,75	202,45

5.2 Model PÚ N01.03-II. v programu OZone

5.2.1 Vstupní parametry

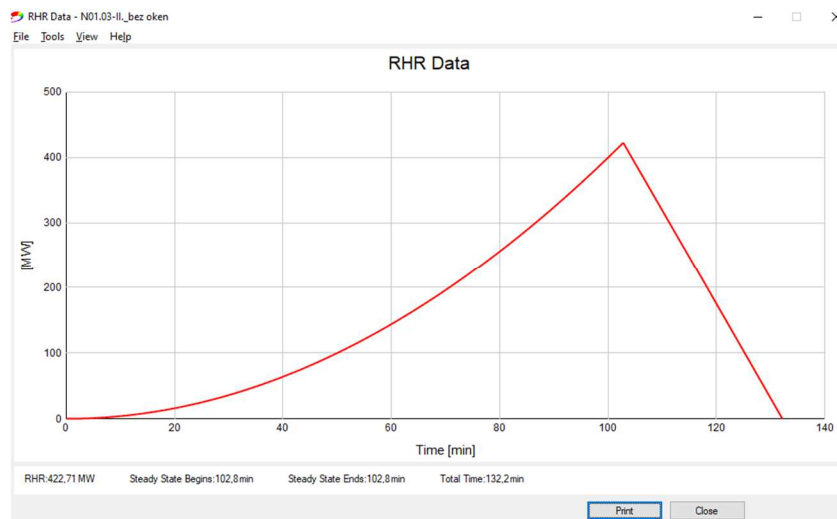
Rozměr PÚ N01.02-II.: $30,40 \times 29,47 \times 6,25$ m

Rychlost rozvoje požáru: $t_{\alpha} = 300$ s

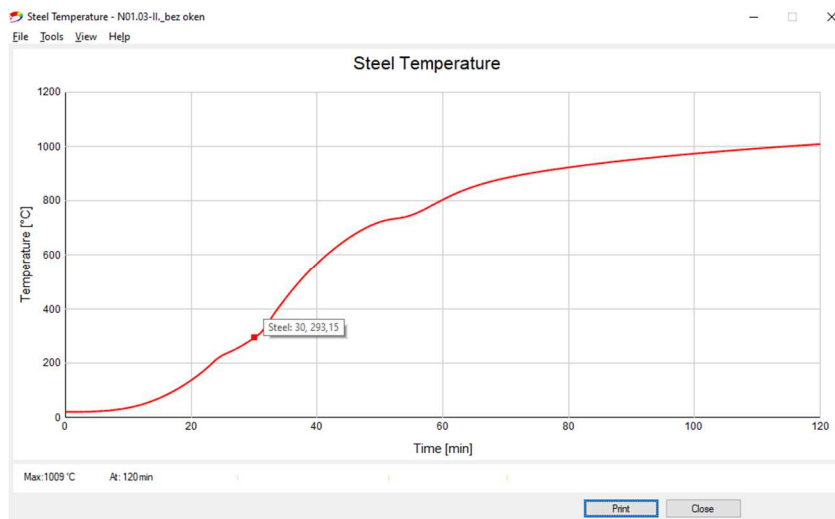
Rychlost uvolňování tepla: $RHR_f = 500$ kW/m²

Požární zatížení: $q_{f,k} = p \times H = 57,5 \times 17,5 = 1007$ MJ/m²

Otvory: okenní pásy 26×1 m | 16×1 m
dveře $1,8 \times 2,5$ m



Obrázek 5.6 – Průběh tepelného toku z programu OZone



Obrázek 5.7 – Průběh teploty ocelového profilu z programu OZone; průřez v čase $t = 30 \text{ min}$ dosáhne teploty $\theta = 293^\circ\text{C}$

5.2.2 Posouzení pásnice vazníku za požáru

Redukční součinitel: $\eta_{fi} = 0,382$

Normálová síla působící v pásnici

$$N_{Ed,fi,\theta, B33} = \eta_{fi} \times N_{Ed} = 0,382 \times 1122,08 = 428,63 \text{ kN}$$

Únosnost pásnice

$$N_{Rd,fi,\theta, B33} = k_{y,\theta} \times f_y \times A / \gamma_{M,fi} = 1 \times 620 \times 2,07 / 1 = 1283,4 \text{ kN}$$

$$k_{y,(955)} = 1 \text{ (tab. 3.1 ČSN EN 1993-1-2)}$$

$$N_{Ed,fi,\theta, B33} \leq N_{Rd,fi,\theta, B33}$$

VYHOVUJE

6 Závěr

V práci je navržena konstrukce střechy pro halu výrobního objektu. Pro zastřešení je zvolen vazník z vysokopevnostní oceli. Bylo připraveno zjednodušené požárně bezpečnostní řešení (PBŘ) a stanoven požadavek na požární odolnost nosné konstrukce střechy 30 min.

Z připravených požárních scénářů byl řešen jeden, prostorový požár, který byl pro navrhovaný objekt simulován pomocí dvouzónového modelu v programu OZone. Bylo prokázáno, že navrhovaný vazník, resp. jeho dolní pásnice a vybraný styčník vyhoví i za zvýšené teploty požadavku PBŘ. Požární odolnost byla doložena pro požár v modelu PÚ N01.02-II, tj. bez předpokladu požárního odvětrávání.

Požárního odvětrání byl řešeno v kapitole 5.1.7 - *Alternativní návrhy způsobu větrání* pro varianty polohy otvorů a jejich geometrie. Studie dokládá význam geometrie navrhovaných otvorů, hlavně jejich výšce a ose otvoru od podlahy. Jak průběh požáru ovlivní poloha otvoru ve stěnách požárního úseku zónový model nevyhodnotí.

Seznam použité literatury

CÁBOVÁ, Kamila. *Ověřování modelů v požární bezpečnosti*. Praha: České vysoké učení technické, ve spolupráci s Vysokým učení technickým v Brně, Vysokou školou báňskou – Technickou univerzitou Ostrava a Technickým ústavem požární ochrany, [2019]. ISBN 978-80-01-06616-4.

WALD, František. *Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3157-8.

HURLEY, Morgan J. *SFPE Handbook of fire protection engineering*. Fifth edition. New York: Springer, [2016]. ISBN 978-1-4939-2564-3.

WANG, Y. C., I. BURGESS a F. WALD. *Performance-based fire engineering of structures*. 2012. Boca Raton: CRC Press, c2013. ISBN 978-0-415-55733-7

Stanovení charakteristik lokálního požáru v návaznosti na standardy pro hodnocení požární bezpečnosti staveb v České republice. The science for population protection [online]. 2017, 2017(2), 10 [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <http://www.population-protection.eu/prilohy/casopis/35/286.pdf>

Výchozím podkladem byla dokumentace studie, která byla získána na veřejně dostupném portálu archiweb.cz⁶.

Investor: ETIS Slovakia, a.s.

Architekt: Alexy & Alexy architektonický ateliér

Technické normy

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Ed. 2. ÚNMZ, 2021.

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. ÚNMZ, 2004.

⁶ Administrativna a výrobná hala ETIS I. Archiweb.cz [online]. 2018 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/administrativna-a-vyrobnna-hala-etis-i>

ČSN EN 1991-1-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru. ÚNMZ, 2004.

ČSN EN 1993-1-1 ed. 2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Ed.2. ÚNMZ, 2011.

ČSN EN 1993-1-2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru. ÚNMZ, 2007.

ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. ed.2. ÚNMZ, 2022.

ČSN EN 1991-1-4 ed. 2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. ed.2. ÚNMZ, 2022.

ČSN EN 1993-1-8 ed. 2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků. ed.2. ÚNMZ, 2013.

ČSN EN 1993-1-12 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-12: Doplňující pravidla pro oceli vysoké pevnosti do třídy S 700. ÚNMZ, 2008.

ČSN EN 10025-6 Výrobky válcované za tepla z konstrukční oceli – Část 6: Technické dodací podmínky pro ploché výrobky z oceli s vyšší mezí kluzu v zušlechťeném stavu. ÚNMZ, 2020.

.. a normy související.

Software

- MS Word
- MS Excel
- AutoCAD
- SCIA Engineer 22.0
- OZone 3.0.4

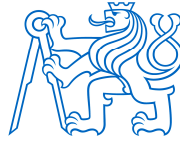
Seznam obrázků

<i>Obrázek 2.1 – Rozmístění sloupů, vazníků a vaznic v halové části</i>	12
<i>Obrázek 2.2 – Schéma příhradového vazníku</i>	12
<i>Obrázek 3.1 – Schéma působení podélného větru na stěnu</i>	16
<i>Obrázek 3.2 – Schéma rozložení působení příčného větru na plochou střechu</i>	17
<i>Obrázek 3.3 – Schéma rozložení působení podélného větru na plochou střechu</i>	18
<i>Obrázek 3.4 – Návrhové tabulky pro posouzení střešního pláště z panelů Kingspan</i> ..	19
<i>Obrázek 3.5 – Schéma rozložení působení příčného větru na vaznici</i>	21
<i>Obrázek 3.6 – Schéma rozložení působení podélného větru na vaznici</i>	21
<i>Obrázek 3.7 – Návrhové tabulky pro posouzení vaznice jako spojitého nosníku o 5 a více polích podle Kovové profily, spol. s.r.o.</i>	22
<i>Obrázek 3.8 – Schéma rozložení působení příčného větru na vazník</i>	24
<i>Obrázek 3.9 – Schéma rozložení působení podélného větru na vazník</i>	25
<i>Obrázek 3.10 – Schéma rozložení prvků příhradového vazníku z modelu ve SCIA Engineer</i>	27
<i>Obrázek 3.11 – Schéma řešeného styčnicku</i>	32
<i>Obrázek 5.1 – Zobrazení úpravy geometrie požárních úseků v INP pro výpočet v OZone</i>	40
<i>Obrázek 5.2 – Zobrazení úpravy geometrie požárních úseků ve 2NP pro výpočet v OZone</i>	41
<i>Obrázek 5.3 – Průběh tepelného toku z programu OZone</i>	42
<i>Obrázek 5.4 – Průběh teploty ocelového profilu z programu OZone; průřez v čase $t = 30$ min dosáhne teploty $\theta = 644^{\circ}\text{C}$</i>	42
<i>Obrázek 5.5 – Průběh teploty ocelového profilu z programu OZone při navrženém větrání; průřez v čase $t = 30$ min dosáhne teploty $\theta = 246^{\circ}\text{C}$</i>	47
<i>Obrázek 5.6 – Průběh tepelného toku z programu OZone</i>	48

Obrázek 5.7 – Průběh teploty ocelového profilu z programu OZone; průřez v čase $t = 30 \text{ min}$ dosáhne teploty $\theta = 293^\circ\text{C}$ 49

Seznam tabulek

<i>Tabulka 3.1 – Přehled stálého zatížení ploché nepochozí střechy</i>	13
<i>Tabulka 3.2 – Součinitelé vnějšího tlaku a výsledné tlakové zatížení, působící na svislou stěnu</i>	16
<i>Tabulka 3.3 – Součinitelé vnějšího tlaku a výsledné tlakové zatížení, působící na plochou střechu v obou směrech</i>	17
<i>Tabulka 3.4 – Přehled liniového zatížení, působící na vaznici v tlaku</i>	20
<i>Tabulka 3.5 – Výpočet zatížení vaznice podélným větrem</i>	22
<i>Tabulka 3.6 – Přehled liniového zatížení, působící na vaznici při sání větru</i>	22
<i>Tabulka 3.7 – Návrh tažených prvků ve vazníku</i>	30
<i>Tabulka 3.8 – Návrh tlačných prvků ve vazníku</i>	31
<i>Tabulka 3.9 – Přehled únosností styčnicku příhradového nosníku na spodní pásnici</i> ...	36
<i>Tabulka 5.1 – Přehled únosností styčnicků příhradového nosníku na spodní pásnici za požáru</i>	44
<i>Tabulka 5.2 – Přehled navržených variant umístění odvětracích otvorů a vliv na teplotu oceli</i>	47



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

**Vliv větrání na požární odolnost ocelové konstrukce výrobní
haly ETIS v Bratislavě**

Effect of ventilation on the steel structure fire resistance of ETIS
production hall in Bratislava

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

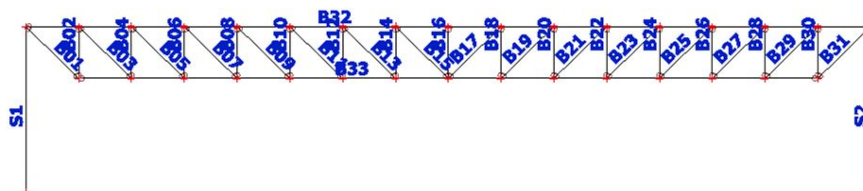
**Příloha A.I – VÝSTUP Z PROGRAMU SCIA
ENGINEER 22.0**

Vypracovala: Aneta Teplá

Praha 2023

1. ZS1 / Hodnota pro výpočet / Hodnota

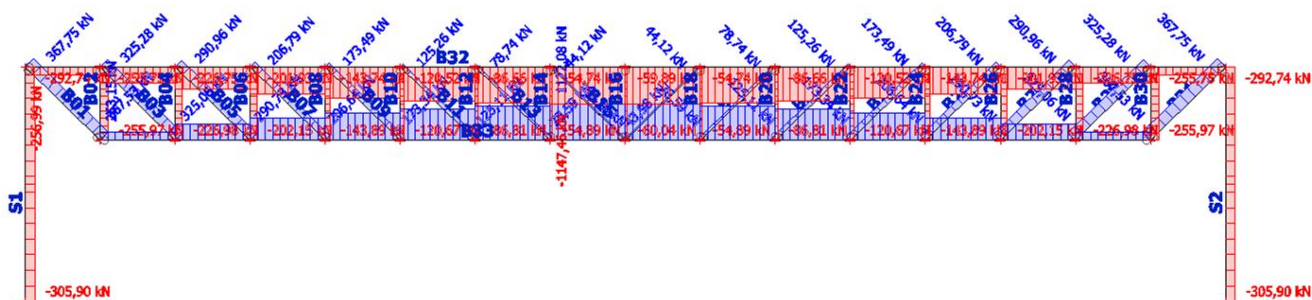
Studentská verze



2. 1D vnitřní síly; N

Hodnoty: N
Lineární výpočet
Kombinace: KZS1
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše

Studentská verze



Studentská verze

3. 1D vnitřní síly; N

Hodnoty: N

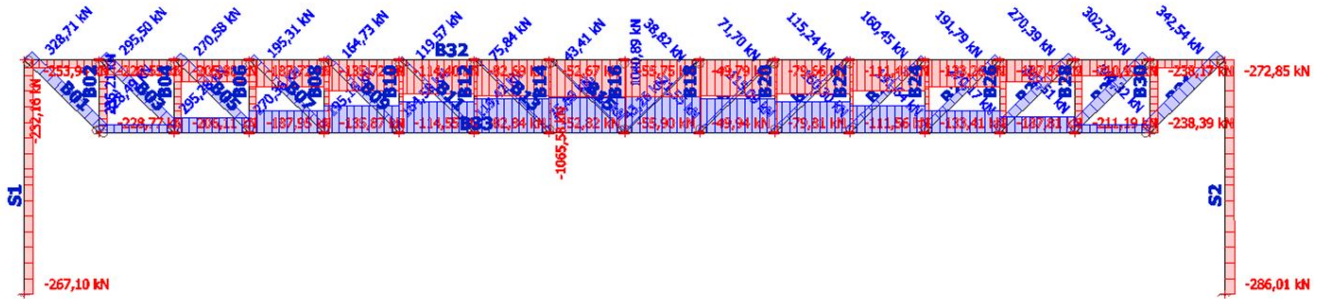
Lineární výpočet

Kombinace: KZS2

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše



4. 1D vnitřní síly; N

Hodnoty: N

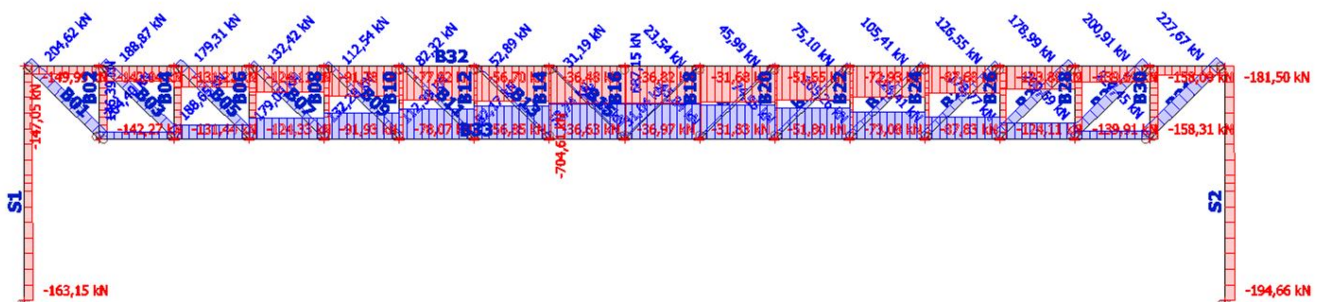
Lineární výpočet

Kombinace: KZS3

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše



5. 1D vnitřní síly; N

Hodnoty: N

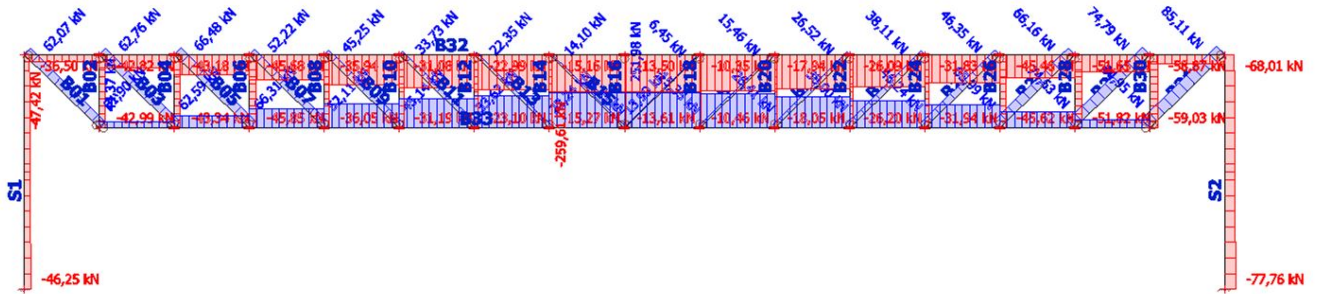
Lineární výpočet

Kombinace: KZS5

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše



6. 1D vnitřní síly; N

Hodnoty: N

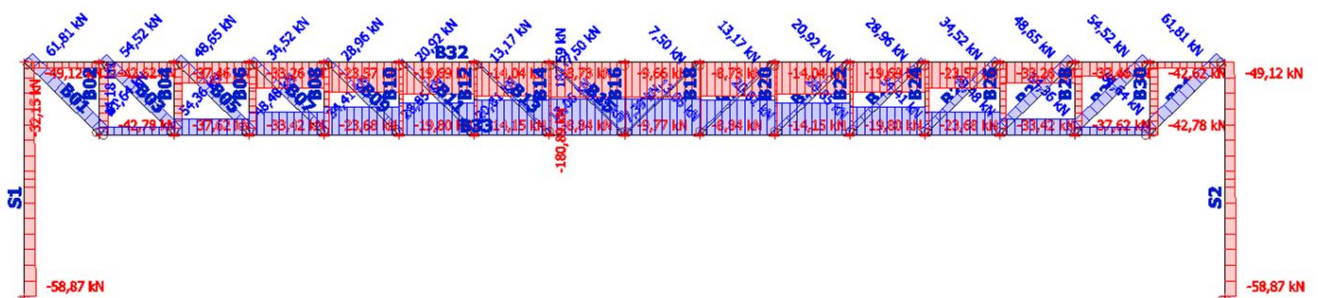
Lineární výpočet

Kombinace: KZS6

Souřadný systém: Dílec

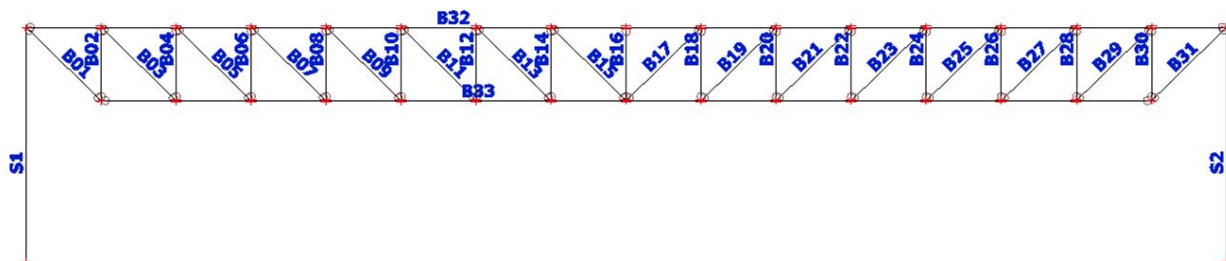
Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše



7. 1D deformace; u_z

Studentská verze



Studentská verze

8. 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Třída: MSÚ

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]
S1	0,000	KZS1/1	-305,90	6,15	-39,39
S1	6,400	KZS5/2	-36,50	-3,05	0,00
S1	0,000	KZS6/3	-58,87	-17,34	16,99
S1	0,000	KZS3/4	-163,15	40,42	-127,21
B32	14,350+	KZS1/1	-1147,46	-10,90	71,72
B32	0,000	KZS6/3	-32,15	3,04	0,00
B32	26,650-	KZS1/1	-845,88	-18,33	26,44
B32	6,150+	KZS1/1	-845,88	18,33	26,44
B32	12,505	KZS1/1	-1115,93	-0,01	74,26
B33	14,350-	KZS1/1	1122,08	-0,63	0,68
B33	14,350+	KZS1/1	1122,08	0,63	0,68
B33	0,000	KZS6/3	44,18	0,20	0,00
B33	11,685	KZS1/1	1065,78	0,00	1,56
S2	0,000	KZS1/1	-305,90	-6,15	39,39
S2	6,400	KZS6/3	-49,12	-12,03	0,00
S2	0,000	KZS5/2	-77,76	20,68	-75,95
B01	2,864	KZS6/3	61,64	-0,08	0,00
B01	2,864	KZS1/1	367,53	-0,11	0,00
B01	0,000	KZS1/1	367,75	0,11	0,00
B01	1,432	KZS1/1	367,64	0,00	0,08
B02	2,000	KZS6/3	-42,62	0,00	0,00
B02	0,000	KZS1/1	-255,97	0,00	0,00
B04	2,000	KZS6/3	-37,46	0,00	0,00
B04	0,000	KZS1/1	-226,98	0,00	0,00
B06	2,000	KZS6/3	-33,26	0,00	0,00
B06	0,000	KZS1/1	-202,15	0,00	0,00
B08	2,000	KZS6/3	-23,57	0,00	0,00
B08	0,000	KZS1/1	-143,89	0,00	0,00
B10	2,000	KZS6/3	-19,69	0,00	0,00

Studentská verze

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]
B10	0,000	KZS1/1	-120,67	0,00	0,00
B12	2,000	KZS6/3	-14,04	0,00	0,00
B12	0,000	KZS1/1	-86,81	0,00	0,00
B14	2,000	KZS6/3	-8,73	0,00	0,00
B14	0,000	KZS1/1	-54,89	0,00	0,00
B16	2,000	KZS6/3	-9,66	0,00	0,00
B16	0,000	KZS1/1	-60,04	0,00	0,00
B18	2,000	KZS6/3	-8,73	0,00	0,00
B18	0,000	KZS1/1	-54,89	0,00	0,00
B20	2,000	KZS6/3	-14,04	0,00	0,00
B20	0,000	KZS1/1	-86,81	0,00	0,00
B22	2,000	KZS6/3	-19,69	0,00	0,00
B22	0,000	KZS1/1	-120,67	0,00	0,00
B24	2,000	KZS6/3	-23,57	0,00	0,00
B24	0,000	KZS1/1	-143,89	0,00	0,00
B26	2,000	KZS6/3	-33,26	0,00	0,00
B26	0,000	KZS1/1	-202,15	0,00	0,00
B28	2,000	KZS6/3	-37,46	0,00	0,00
B28	0,000	KZS1/1	-226,98	0,00	0,00
B30	2,000	KZS6/3	-42,62	0,00	0,00
B30	0,000	KZS1/1	-255,97	0,00	0,00
B03	2,864	KZS6/3	54,36	-0,08	0,00
B03	2,864	KZS1/1	325,06	-0,11	0,00
B03	0,000	KZS1/1	325,28	0,11	0,00
B03	1,432	KZS1/1	325,17	0,00	0,08
B05	2,864	KZS6/3	48,48	-0,08	0,00
B05	2,864	KZS1/1	290,73	-0,11	0,00
B05	0,000	KZS1/1	290,96	0,11	0,00
B05	1,432	KZS1/1	290,84	0,00	0,08
B07	2,864	KZS6/3	34,41	-0,06	0,00
B07	2,864	KZS1/1	206,64	-0,08	0,00
B07	0,000	KZS1/1	206,79	0,08	0,00
B07	1,432	KZS1/1	206,71	0,00	0,05
B09	2,864	KZS6/3	28,85	-0,06	0,00
B09	2,864	KZS1/1	173,34	-0,08	0,00
B09	0,000	KZS1/1	173,49	0,08	0,00
B09	1,432	KZS1/1	173,42	0,00	0,05
B11	2,864	KZS6/3	20,81	-0,06	0,00
B11	2,864	KZS1/1	125,11	-0,08	0,00
B11	0,000	KZS1/1	125,26	0,08	0,00
B11	1,432	KZS1/1	125,19	0,00	0,05
B13	2,864	KZS6/3	13,06	-0,06	0,00
B13	2,864	KZS1/1	78,59	-0,08	0,00
B13	0,000	KZS1/1	78,74	0,08	0,00
B13	1,432	KZS1/1	78,66	0,00	0,05
B15	2,864	KZS6/3	7,39	-0,06	0,00
B15	2,864	KZS1/1	43,98	-0,08	0,00
B15	0,000	KZS1/1	44,12	0,08	0,00
B15	1,432	KZS1/1	44,05	0,00	0,05
B17	2,864	KZS5/2	6,34	-0,06	0,00
B17	2,864	KZS1/1	43,98	-0,08	0,00
B17	0,000	KZS1/1	44,12	0,08	0,00
B17	1,432	KZS1/1	44,05	0,00	0,05
B19	2,864	KZS6/3	13,06	-0,06	0,00
B19	2,864	KZS1/1	78,59	-0,08	0,00
B19	0,000	KZS1/1	78,74	0,08	0,00
B19	1,432	KZS1/1	78,66	0,00	0,05
B21	2,864	KZS6/3	20,81	-0,06	0,00
B21	2,864	KZS1/1	125,11	-0,08	0,00
B21	0,000	KZS1/1	125,26	0,08	0,00
B21	1,432	KZS1/1	125,19	0,00	0,05
B23	2,864	KZS6/3	28,85	-0,06	0,00
B23	2,864	KZS1/1	173,34	-0,08	0,00
B23	0,000	KZS1/1	173,49	0,08	0,00
B23	1,432	KZS1/1	173,42	0,00	0,05
B25	2,864	KZS6/3	34,41	-0,06	0,00
B25	2,864	KZS1/1	206,64	-0,08	0,00
B25	0,000	KZS1/1	206,79	0,08	0,00
B25	1,432	KZS1/1	206,71	0,00	0,05
B27	2,864	KZS6/3	48,48	-0,08	0,00
B27	2,864	KZS1/1	290,73	-0,11	0,00
B27	0,000	KZS1/1	290,96	0,11	0,00
B27	1,432	KZS1/1	290,84	0,00	0,08
B29	2,864	KZS6/3	54,36	-0,08	0,00
B29	2,864	KZS1/1	325,06	-0,11	0,00
B29	0,000	KZS1/1	325,28	0,11	0,00

ská verze

ská verze

ská verze

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]
B29	1,432	KZS1/1	325,17	0,00	0,08
B31	2,864	KZS6/3	61,64	-0,08	0,00
B3i	2,864	KZS1/1	367,53	-0,11	0,00
B3i	0,000	KZS1/1	367,75	0,11	0,00
B3i	1,432	KZS1/1	367,64	0,00	0,08

Jméno	Klíč kombinace
KZS1/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS3
KZS5/2	ZS1 + ZS2 + 1.50*ZS4
KZS6/3	ZS1 + ZS2 + 1.50*ZS5
KZS3/4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 0.75*ZS3 + 1.50*ZS4

Studentská verze

Studentská verze



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

**Vliv větrání na požární odolnost ocelové konstrukce výrobní
haly ETIS v Bratislavě**

Effect of ventilation on the steel structure fire resistance of ETIS
production hall in Bratislava

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Příloha A.II – VÝSTUP Z PROGRAMU

OZONE 3.0.4

Vypracovala: Aneta Teplá

Praha 2023

OZone V 3.0.4 Report

ANALYSIS

Analysis Name: N01.02-II. bez odvětrání

Strategy

Select Analysis Strategy: Combination (default)

Transition (2 Zones to 1 Zone) Criteria

Upper Layer Temperature ≥ 500 °C

Combustible in Upper Layer + U.L. Temperature \geq Combustible Ignition Temperature = 300 °C

Interface Height $\leq 0,2$ x Compartment Height

Fire Area $\geq 0,25$ x Floor Area

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: 35 W/m²K

Convection Coefficient at the Cold Surface: 9 W/m²K

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

Header

Temperature Dependent: 400 °C

Stepwise Variation

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

Linear Variation

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

Time Dependent Openings

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

Compartment...

Compartment Geometry: Rectangular Floor

Height: 6,25 m

Depth: 16,1 m

Length: 29,5 m

Flat Roof

Floor

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Normal weight Concrete [EN1994-1-2]	20	2300	1,6	1000	0,8	0,8

Ceiling

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
----------	-----------	-----------	--------------	---------------	----------------	----------------

Header

	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	15	40	0,22	1000	0,8	0,8

Wall 1

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	10	20	0,4	1000	0,8	0,8

Openings

Sill Height Hi	Soffit Height Hs	Width	Variation	Adiabatic
[m]	[m]	[m]		
0	4	6	Constant	no

Wall 2

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	10	20	0,4	1000	0,8	0,8

Wall 3

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	10	20	0,4	1000	0,8	0,8

Wall 4

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	10	20	0,4	1000	0,8	0,8

Fire...

Compartment Fire:: Annex E (EN 1991-1-2)

Max Fire Area: 474,95 m²

Fire Elevation: 0 m

Fuel Height: 0 m

Occupancy	Fire Growth Rate	RHRf	Fire Load qf,k	Danger of Fire Activation
		[kW/m ²]	80% Fractile MJ/m ²	
User Defined	300	500	1140	1

Active Fire Fighting Measures

Automatic Water Extinguishing System		$\delta_1=1$
Independent Water Supplies		$\delta_2=1$
Automatic Fire Detection by Heat		$\delta_{3,4}=1$
Automatic Fire Detection by Smoke		
Automatic Alarm Transmission to Fire Brigade		$\delta_5=1$
Work Fire Brigade		$\delta_{6,7}=1$
Off Site Fire Brigade		
Safe Access Routes	on	$\delta_8=1$
Staircases Under Overpressure in Fire Alarm		
Fire Fighting Devices	on	$\delta_9=1$
Smoke Exhaust System	on	$\delta_{10}=1$

Fire Risk Area: $474,95 \text{ m}^2$ $\delta_{q,1} = 1,62$

Danger of Fire Activation: $\delta_{q,2} = 1$

Active Measures: $\prod \delta_{n,i} = 1$

$q_{f,d} = 1477,4$

Combustion Heat of Fuel: $17,5 \text{ MJ/kg}$

Combustion Efficiency Factor: $0,8$

Combustion Model: Extended fire duration

RESULTS

Fire Area: The maximum fire area (474.95 m^2) is greater than 25% of the floor area (474.95 m^2). The fire load is uniformly distributed.

Switch to one zone + Fully engulfed fire: Temperature of zone $>500.0^\circ\text{C}$ at time [s] 1370.00

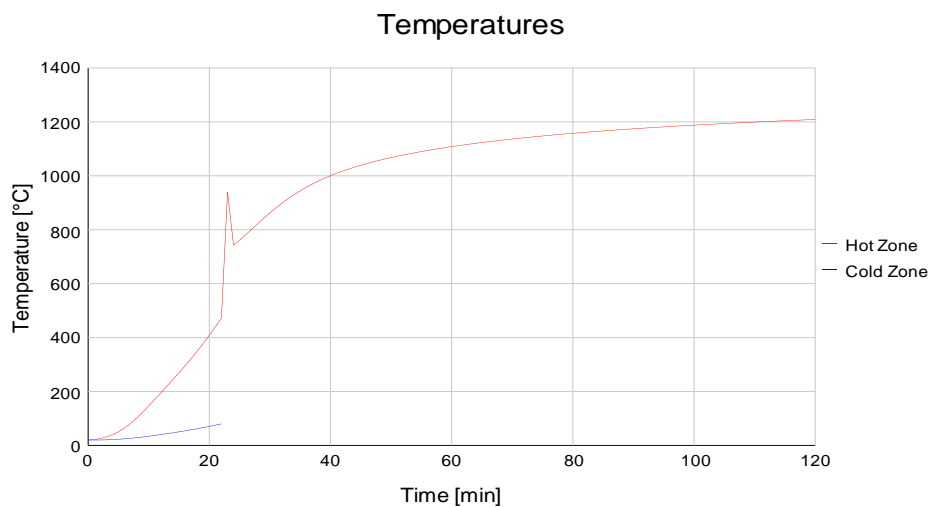


Figure 1. Hot and Cold Zone Temperature

Max: 1209°C At:120 min

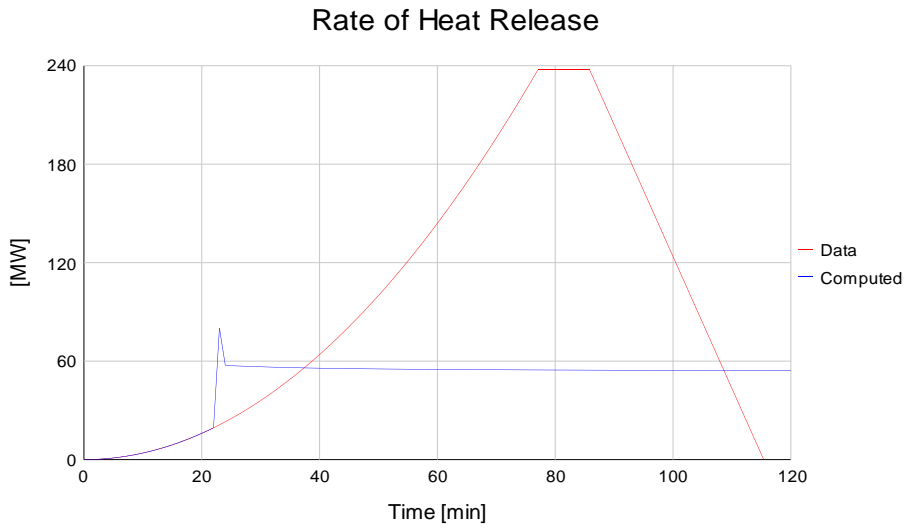


Figure 2. RHR Data and Computed

Max: 237,48MW At:77,1 min

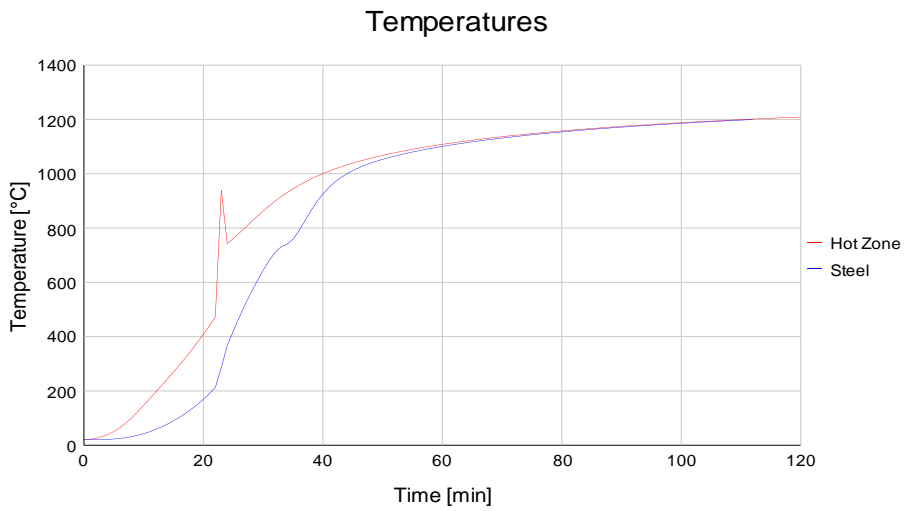


Figure 3. Hot Zone and Steel Temperature

Max: 1209°C At:120 min

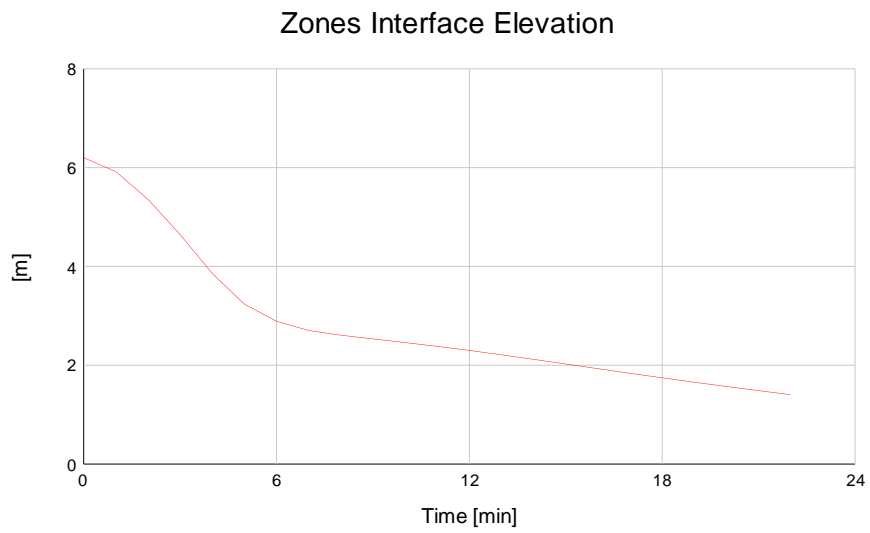


Figure 4. Zones Interface Elevation

Max: 1,41m At:22,00 min

Steel Profile...

Cross Section: Unprotected Cross Section

Steel Profile: HE 100 M

Exposure: Exposed on Four Sides

Heating...

Profile Heated By: Hot Zone Temperature

OZone V 3.0.4 Report

ANALYSIS

Analysis Name: N01.02-II. navržené otvory – varianta 2

Strategy

Select Analysis Strategy: Combination (default)

Transition (2 Zones to 1 Zone) Criteria

Upper Layer Temperature ≥ 500 °C

Combustible in Upper Layer + U.L. Temperature \geq Combustible Ignition Temperature = 300 °C

Interface Height $\leq 0,2$ x Compartment Height

Fire Area $\geq 0,25$ x Floor Area

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: 35 W/m²K

Convection Coefficient at the Cold Surface: 9 W/m²K

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

Header

Temperature Dependent: 400 °C

Stepwise Variation

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

Linear Variation

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

Time Dependent Openings

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

Compartment...

Compartment Geometry: Rectangular Floor

Height: 6,25 m

Depth: 16,1 m

Length: 29,5 m

Flat Roof

Floor

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Normal weight Concrete [EN1994-1-2]	20	2300	1,6	1000	0,8	0,8

Ceiling

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
----------	-----------	-----------	--------------	---------------	----------------	----------------

Header

	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	15	40	0,22	1000	0,8	0,8

Wall 1

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	10	20	0,4	1000	0,8	0,8

Openings

Sill Height Hi	Soffit Height Hs	Width	Variation	Adiabatic
[m]	[m]	[m]		
0	4	6	Constant	no
0	2	1	Constant	no

Wall 2

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	10	20	0,4	1000	0,8	0,8

Openings

Sill Height Hi	Soffit Height Hs	Width	Variation	Adiabatic
[m]	[m]	[m]		
5	6	15	Constant	no

Wall 3

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	10	20	0,4	1000	0,8	0,8

Wall 4

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	10	20	0,4	1000	0,8	0,8

Fire...

Compartment Fire:: Annex E (EN 1991-1-2)

Max Fire Area: 474,95 m²

Fire Elevation: 0 m

Fuel Height: 0 m

Occupancy	Fire Growth Rate	RHRf	Fire Load $q_{f,k}$	Danger of Fire Activation
		[kW/m ²]	80% Fractile MJ/m ²	
User Defined	300	500	1140	1

Active Fire Fighting Measures

Automatic Water Extinguishing System		$\delta_1=1$
Independent Water Supplies		$\delta_2=1$
Automatic Fire Detection by Heat		$\delta_{3,4}=1$
Automatic Fire Detection by Smoke		
Automatic Alarm Transmission to Fire Brigade		$\delta_5=1$
Work Fire Brigade		$\delta_{6,7}=1$
Off Site Fire Brigade		
Safe Access Routes	on	$\delta_8=1$
Staircases Under Overpressure in Fire Alarm		
Fire Fighting Devices	on	$\delta_9=1$
Smoke Exhaust System	on	$\delta_{10}=1$

Fire Risk Area: 474,95 m² $\delta_{q,1} = 1,62$ Danger of Fire Activation: $\delta_{q,2} = 1$ Active Measures: $\prod \delta_{n,i} = 1$ $q_{f,d} = 1477,4$

Combustion Heat of Fuel: 17,5MJ/kg

Combustion Efficiency Factor: 0,8

Combustion Model: Extended fire duration

RESULTS

Fire Area: The maximum fire area (474.95m²) is greater than 25% of the floor area (474.95m²). The fire load is uniformly distributed.

Switch to one zone + Fully engulfed fire: Temperature of zone >500.0°C at time [s] 1938.00

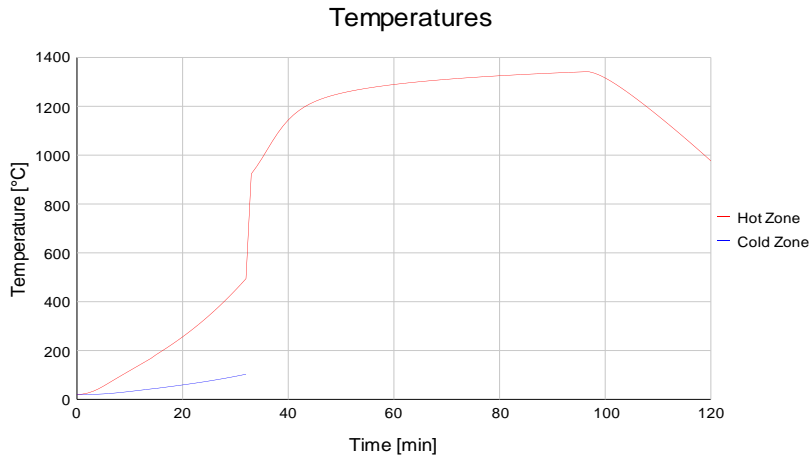


Figure 1. Hot and Cold Zone Temperature

Max: 1341°C At:96 min

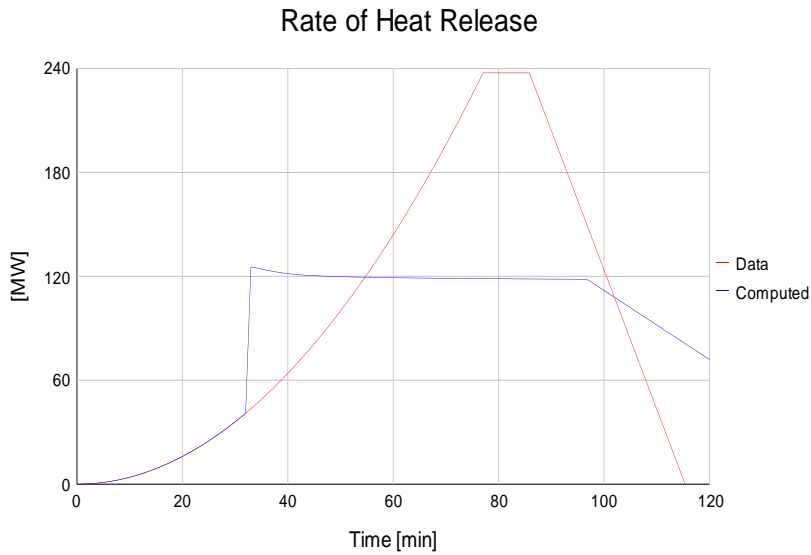


Figure 2. RHR Data and Computed

Max: 237,48MW At:77,1 min

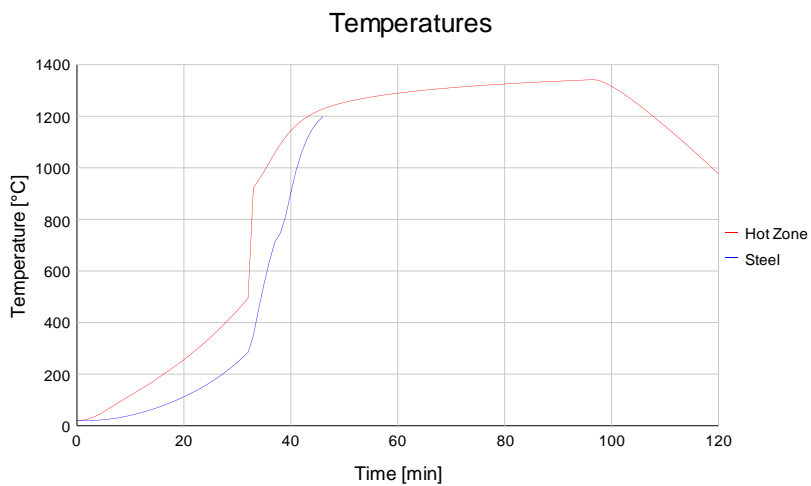


Figure 3. Hot Zone and Steel Temperature

Max: 1341°C At:96 min

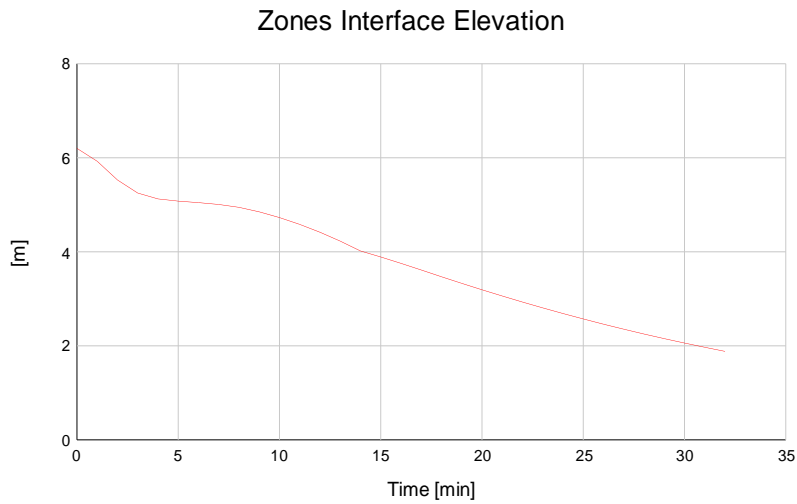


Figure 4. Zones Interface Elevation

Max: 1,88m At:32,00 min

Steel Profile...

Cross Section: Unprotected Cross Section

Steel Profile: HE 100 M

Exposure: Exposed on Four Sides

Heating...

Profile Heated By: Hot Zone Temperature

OZone V 3.0.4 Report

ANALYSIS

Analysis Name: N01.03-II. bez odvětrání

Strategy

Select Analysis Strategy: Combination (default)

Transition (2 Zones to 1 Zone) Criteria

Upper Layer Temperature ≥ 500 °C

Combustible in Upper Layer + U.L. Temperature \geq Combustible Ignition Temperature = 300 °C

Interface Height $\leq 0,2$ x Compartment Height

Fire Area $\geq 0,25$ x Floor Area

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: 35 W/m²K

Convection Coefficient at the Cold Surface: 9 W/m²K

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

Header

Temperature Dependent: 400 °C

Stepwise Variation

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

Linear Variation

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

Time Dependent Openings

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

Compartment...

Compartment Geometry: Rectangular Floor

Height: 6,25 m

Depth: 30,4 m

Length: 29,47 m

Flat Roof

Floor

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Normal weight Concrete [EN1994-1-2]	20	2300	1,6	1000	0,8	0,8

Ceiling

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
----------	-----------	-----------	--------------	---------------	----------------	----------------

Header

	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	15	40	0,22	1000	0,8	0,8

Wall 1

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	10	20	0,4	1000	0,8	0,8

Openings

Sill Height Hi	Soffit Height Hs	Width	Variation	Adiabatic
[m]	[m]	[m]		
1,5	2,5	12	Constant	no

Wall 2

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	10	20	0,4	1000	0,8	0,8

Wall 3

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	10	20	0,4	1000	0,8	0,8

Openings

Sill Height Hi	Soffit Height Hs	Width	Variation	Adiabatic
[m]	[m]	[m]		
1,5	2,5	26	Constant	no
0	2,5	1,8	Constant	no

Wall 4

Material	Thickness	Unit mass	Conductivity	Specific Heat	Rel Emissivity	Rel Emissivity
	[cm]	[kg/m ³]	[W/mK]	[J/kgK]	Hot Surface	Rel Emissivity
Kinspan	10	20	0,4	1000	0,8	0,8

Fire...

Compartment Fire:: Annex E (EN 1991-1-2)

Max Fire Area: 895,8879 m²

Fire Elevation: 0 m

Fuel Height: 0 m

Occupancy	Fire Growth Rate	RHRf	Fire Load $q_{f,k}$	Danger of Fire Activation
		[kW/m ²]	80% Fractile MJ/m ²	
User Defined	300	500	1007	1

Active Fire Fighting Measures

Automatic Water Extinguishing System		$\delta_1=1$
Independent Water Supplies		$\delta_2=1$
Automatic Fire Detection by Heat		$\delta_{3,4}=1$
Automatic Fire Detection by Smoke		
Automatic Alarm Transmission to Fire Brigade		$\delta_5=1$
Work Fire Brigade		$\delta_{6,7}=1$
Off Site Fire Brigade		
Safe Access Routes	on	$\delta_8=1$
Staircases Under Overpressure in Fire Alarm		
Fire Fighting Devices	on	$\delta_9=1$
Smoke Exhaust System	on	$\delta_{10}=1$

Fire Risk Area: 895,8879 m² $\delta_{q,1} = 1,72$ Danger of Fire Activation: $\delta_{q,2} = 1$ Active Measures: $\prod \delta_{n,i} = 1$ $q_{f,d} = 1385,6$

Combustion Heat of Fuel: 17,5MJ/kg

Combustion Efficiency Factor: 0,8

Combustion Model: Extended fire duration

RESULTS

Fire Area: The maximum fire area (895.89m²) is greater than 25% of the floor area (895.89m²). The fire load is uniformly distributed.

Switch to one zone: Lower layer Height < 20.0% ocompartment height at time [s] 1474.00

Fully engulfed fire: Temperature of zone >500.0°C at time [s] 1880.00

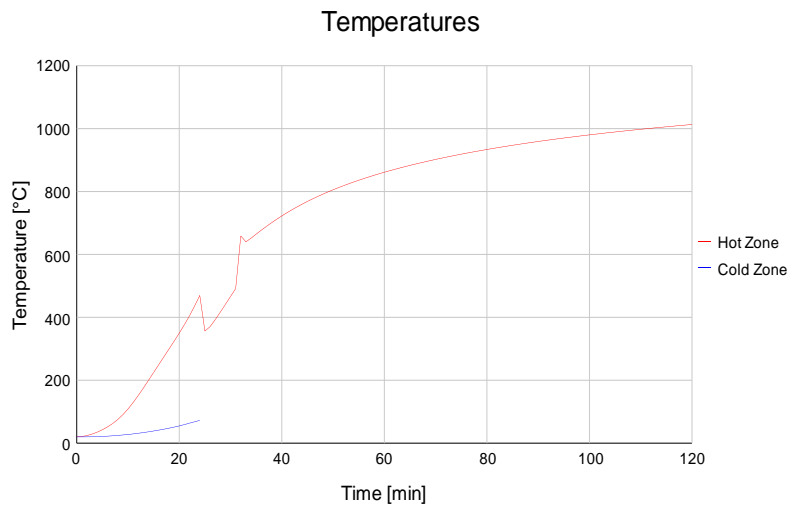


Figure 1. Hot and Cold Zone Temperature

Max: 1013°C At:120 min

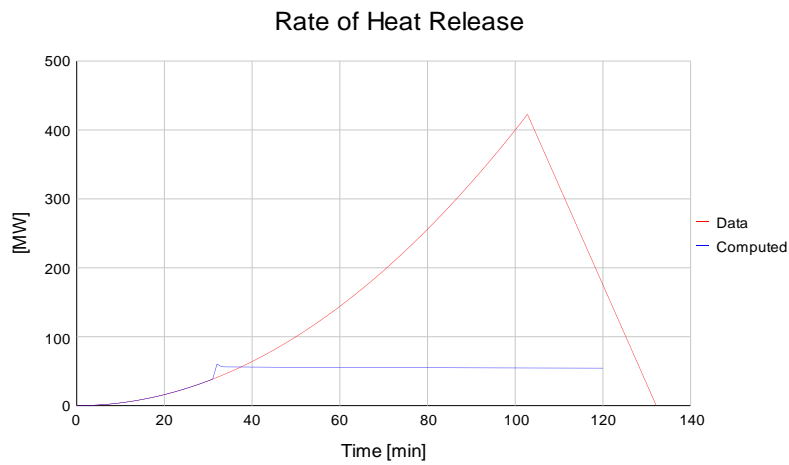


Figure 2. RHR Data and Computed

Max: 422,71MW At:102,8 min

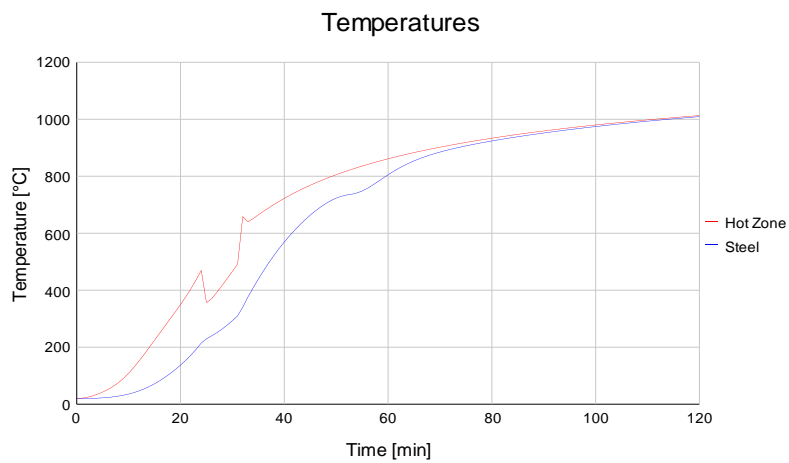


Figure 3. Hot Zone and Steel Temperature

Max: 1013°C At:120 min

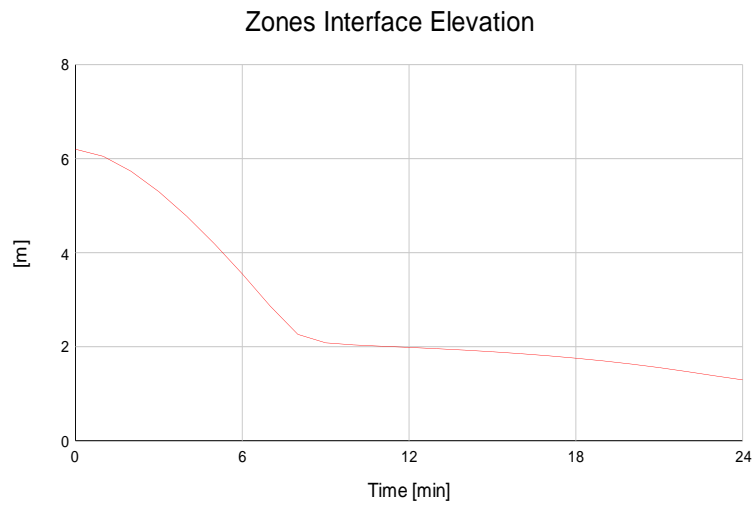


Figure 4. Zones Interface Elevation

Max: 1,29m At:24,00 min

Steel Profile...

Cross Section: Unprotected Cross Section

Steel Profile: HE 100 M

Exposure: Exposed on Four Sides

Heating...

Profile Heated By: Hot Zone Temperature



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

**Vliv větrání na požární odolnost ocelové konstrukce výrobní
haly ETIS v Bratislavě**

Effect of ventilation on the steel structure fire resistance of ETIS
production hall in Bratislava

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Část B – POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ

Vypracovala: Aneta Teplá

Praha 2023

Obsah

ÚVOD	3
1 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
2 Rozdělení stavby do požárních úseků	10
3 Stanovení požárního rizika, popřípadě ekonomického rizika, stanovení stupně požární bezpečnosti a posouzení velikosti požárních úseků	14
4 Zhodnocení navržených stavebních konstrukcí a požárních uzávěrů z hlediska jejich požární odolnosti	18
5 Zhodnocení navržených stavebních hmot (stupeň hořlavosti, odkapávání v podmínkách požáru, rychlost šíření plamene po povrchu, toxicita zplodin hoření apod.)	20
6 Zhodnocení možnosti provedení požárního zásahu, evakuace osob, zvířat a majetku a stanovení druhů a počtu únikových cest, jejich kapacity, provedení a vybavení ..	20
7 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	25
8 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	27
9 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	28
10 Stanovení počtu, druhů a způsobu rozmístění hasicích přístrojů, popřípadě dalších věcných prostředků požární ochrany nebo požární techniky	29
11 Zhodnocení technických, popřípadě technologických zařízení stavby (rozvodná potrubí, vzduchotechnická zařízení, vytápění apod.) z hlediska požadavků požární bezpečnosti	31

12 Stanovení zvláštních požadavků na zvýšení požární odolnosti stavebních konstrukcí nebo snížení hořlavosti stavebních hmot	31
13 Posouzení požadavků na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními, následně stanovení podmínek a návrh způsobu jejich umístění a instalace do stavby..	32
14 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	32
Seznam použité literatury	33
Seznam tabulek	35
Příloha B.I: Podrobný výpočet SPB všech PÚ	36
Příloha B.II: Výpočtové zhodnocení mezních rozměrů PÚ	37

ÚVOD

Pro účely této bakalářské práce bylo uvažováno, že je hala situována v blízkém okolí Brna, aby bylo možné aplikovat českou legislativu a normy, platné na území ČR.

V druhé části bakalářské práce bylo rozebíráno požárně bezpečnostní řešení tiskařské haly ETIS v Bratislavě dle §41 odst. 2 vyhlášky č. 246/2001 Sb. Záměrem bakalářské práce bylo posouzení pouze vybraných kapitol z požárně bezpečnostního řešení dle řady technických norem ČSN 73 08xx a stanovení požadované požární odolnosti příhradového nosníku v prostorech s tiskařskými stroji.

Seznam použitých zkratk

EPS	....	elektrická požární signalizace
FUSM	....	funkčně ucelená skupina místností ⁷
JHZS	....	jednotka hasičského záchranného sboru
NAP	....	nástupní plocha
NP	....	nadzemní podlaží
NÚC	....	nechráněná úniková cesta
PBŘ	....	požárně bezpečnostní řešení
PBZ	....	požárně bezpečnostní zařízení
PHP	....	přenosné hasicí přístroje
PNP	....	požárně nebezpečný prostor
PO	....	požární odolnost
POP	....	požárně otevřená plocha
PUP	....	požárně uzavřená plocha
PÚ	....	požární úsek
SPB	....	stupeň požární bezpečnosti
SPS	....	skupina provozu skladu
UPS	....	náhradní zdroj elektrické energie
ZOKT	....	zařízení pro odvod tepla a kouře

1 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

1.1 Urbanistické řešení

Pro účely této bakalářské práce bylo uvažováno se situací stavby na předměstí Brna.

1.2 Dispoziční řešení

Objekt byl navržen v obdélníkovém půdorysu s přibližnými rozměry 57,9 × 33,6 m.

Jedná se o samostatně stojící dvojpodlažní kompaktní halu, jež je určena především jako tiskařské zázemí dynamicky se rozvíjející firmy v oblasti grafického návrhu a tisku etiket různými tiskařskými metodami.

Do budovy byly navrženy dva hlavní vstupy – přes administrativní část ze západu a z jihu – především pro obsluhu výrobní části provozu. V celé jihovýchodní až západní části budovy je uvažováno, že bude obklopena menším parkovištěm, určeném primárně pro zaměstnance firmy.

Objekt je složen ze dvou provozních částí:

- Administrativa (A)
- Výrobní hala (H)

1.2.1 Administrativní část A

Vstup do administrativní části je zamýšlen přes recepci v atriu. Atrium spojuje prostor mezi oběma podlažími. Tato podlaží administrativní části jsou využita převážně jako jednotlivé kanceláře a openspace, zasedací místnosti nebo denní místnosti pro zaměstnance.

1.2.2 Výrobní hala H

Ve výrobní části je situován především prostor haly, jenž zabírá cca 60% půdorysné plochy celé budovy. V tomto prostoru bylo navrženo přirozené požární větrání.

Hala byla projektována jako velkoobjemový prostor s úrovní stropu ve výšce 6 m. Podle požadavku investora bude hala v případě požáru rozdělena na dva požární úseky požární roletou tak, aby se zamezilo rozsáhlým škodám.

Součástí výrobního provozu byl navržen i sklad veškerého materiálu a náhradních součástí, technická místnost EPS, technická místnost UPS a kotelna.

1.3 Konstrukční řešení

Konstrukční systém haly byl navržen jako ocelový skelet s plochou nepochozí střechou.

1.4 Svislé nosné konstrukce

Svislý nosný systém byl v hale navržen jako válcované ocelové profily. V prostoru haly jsou sloupy, na něž byly přimontovány příhradové nosníky, navržené ve vzájemném rozestupu 7,83 m. Sloupy v kolmém směru pro ukotvení obvodového pláště mají vzájemný rozestup 4,1 m.

Pro administrativní část bylo uvažováno s pokračujícím rastrem z halové části v rozestupu 4,1 m. Vznikl zde rastr 4,1 × 9 m, který překlenují nosníky válcovaných profilů.

1.5 Vodorovné nosné konstrukce

Vodorovné konstrukce byly navrženy jako ocelobetonové stropy. Stropy v administrativní části podírají průvlaky a stropnice z válcovaných profilů IPE různých dimenzí.

V hale, kde je nutné dodržet navržený rozestup 32,8 m mezi sloupy kvůli ploše pro technologii, byly navrženy příhradové nosníky, symetrické ve střední ose.

1.6 Schodiště

V atriu administrativní části bylo navrženo přímé ocelové schodiště, o celkovém počtu 18 stupňů, rozdělené v polovině délky mezipodestou. Rám byl vytvořen z válcovaných profilů, na nichž byly vytvořeny drážky pro osazení zábradlí ze skleněných desek. Stupnice schodiště byly navrženy z betonu.

1.7 Fasáda

Obvodový plášť celé stavby je tvořen převážně sendvičovými panely s tepelně izolační schopností. Jako tepelný izolant do panelů byla zvolena minerální vata s odolností na požár A2. Z požárního hlediska se jedná o konstrukci typu DP1. Tyto panely byly dodávkou výrobce Kingspan.

Západní fasáda, je po celé ploše tvořena lehkým obvodovým pláštěm s výklopnými okny.

1.8 Střešní plášť

Konstrukce střechy je plochá, nepochozí, s přístupem pouze pro obsluhu technologií, které jsou na střeše umístěny. Na požadavky investora byla na střeše zhotovena připravenost pro fotovoltaické panely, které budou postupně namontovány. Střešní konstrukce byla dodávkou výrobce Kingspan. Jedná se o systémové řešení střešních panelů pro plochou střechu.

1.9 Otvory

Na severní a jižní stěně budovy byly pro nadstandardní osvětlení administrativních prostor přidány vertikální pásy oken po celé světlé výšce požárního úseku administrativy. V těchto pásích jsou vždy pouze dvě okna výklopná.

Na tyto pásy navazuje na severní stěně haly, na rozhraní mezi částí administrativy a výrobní haly v úrovni 1NP, horizontální pás oken vysoký 1 m. Tento pás se táhne po téměř celé délce stěny kromě středního modulu, kde se nachází únikové dveře z haly. Na rozhraní požárních úseků haly a skladů je nutné zajistit, aby požární konstrukce, oddělující tyto požární úseky, na sebe navazovaly. V pásu oken na severní stěně se nachází celkem 19 oken o rozměrech 2 × 1 m. Okna jsou střídavě výklopná a naopak pevná.

Na jižní fasádě byla navržena samostatná okna nebo sestavy těchto oken, dle dispozic místností. Celkem je tak na jižní stěně 10 oken o rozměrech 2 × 1 m.

Na nejvýchodnější části této stěny jsou umístěny vstupní dveře pro obsluhu tiskárny a troje vrata pro vjezd nákladních vozidel.

1.10 Dělicí konstrukce

Svislé dělicí konstrukce byly navrženy ze sádkartonových a sádrovláknitých desek, jež zajišťují dostatečnou neprůzvučnost a na rozhraní požárních úseků i požadovanou žáruvzdornost a izolační schopnost. Veškeré dělicí konstrukce vychází ze systémového řešení výrobce Knauf.

K předělení haly byla využita certifikovaná technologie společnosti Avaps. Požadavky na instalaci textilního roletového požárního uzávěru jsou specifikovány ve výkresové části.

1.11 Podlahy

Ve všech prostorech části objektu A byla jako podlahová krytina zvolena dlažba. Pro halu, skladové plochy i technické místnosti byl zvolen drátkobeton s vysokou únosností. Podlaha zázemí zaměstnanců byla opatřena dlaždicemi.

1.12 Dveře

Veškeré dveře jsou konstrukce typu DP3. Dle ČSN 73 0804, čl. 10.4.4 musí být požární uzávěry na rozhraní PÚ osazeny samozavíračem.

Dle článku 10.16 normy ČSN 73 0804 je vhodné instalovat dveře, jimiž prochází úniková cesta, tak, aby umožňovaly snadný a rychlý průchod evakuovaných osob. Dveře v projektu byly navrženy tak, aby byly otvíravé vždy ve směru úniku.

Článek 10.16.4 stejné normy stanovuje, že dveře vedoucí na volné prostranství musí být otvíravé ve směru úniku pouze tehdy, pokud jimi prochází více než 200 evakuovaných osob. V případě řešeného objektu se počítá s únikem max 71 osob, které využijí východ z administrativy přímo na volné prostranství. Tato omezující podmínka dle téhož článku splněná není, tedy dveře je možné otvírat i proti směru úniku.

Dveře na únikové cestě, které jsou navrženy jako samouzavírací (vstupní dveře do části administrativy), jsou opatřeny mechanismy, které jsou ovládány buď elektricky nebo mechanicky. Takové dveře musí dle článku 10.16.10 ČSN 73 0804 umožňovat ruční otevření ze strany ve směru úniku a zároveň musí být napojeny na záložní zdroj elektrické energie tak, aby nebylo narušeno jejich ovládání i alespoň během předpokládané doby evakuace.

1.13 Požární pásy

Na základě výjimek, vyjmenovaných V ČSN 73 0804, článku 9.6.6, pol. c), nebyly v řešeném objektu požární pásy vyžadovány. Omezujícími podmínkami jsou mezní výška objektu, která nesmí přesáhnout 12 m, a maximálně 3 nadzemní podlaží. Objekt tyto podmínky splňuje.

1.14 Požárně technické údaje

Požární výška $h = 3,2$ m; předpokládaný zásah bude veden v úrovni 1NP, celková podlažnost 2NP.

Nehořlavý konstrukční systém:

- Obvodové stěny: nenosné systémové sendvičové panely Kingspan s minerální vatou DP1
- Příčky: systémové řešení Knauf (sádrokartonové a sádrovláknité příčky) DP1
- Stropy: ocelobetonové konstrukce DP1
- Dveře: DP3

1.15 Budoucí provoz objektu

Bylo uvažováno s administrativním účelem využívání stavby. Dle provozovatele ve výrobní části probíhá tisk etiket různými technologiemi:

- Ofsetový tisk
- Flexografický tisk
- Síťotisk
- Ražba
- Digitální tisk

2 Rozdělení stavby do požárních úseků

Rozdělení stavby do požárních úseků bylo navrženo v souladu s řadou norem ČSN 73 08xx. Konkrétně byly aplikovány normy ČSN 73 0804 a ČSN 73 0802 v aktuálním znění.

Rozdělení objektu bylo navrženo následovně do celkem 7 požárních úseků:

Tabulka 2.1 – Seznam požárních úseků

Požární úsek	Číslo místnosti	Název místnosti	S [m ²]
N01.01/N02 - I.	1.A.01	ATRIUM	81,54
	1.A.02	ZASEDACÍ MÍSTNOST	35,88
	1.A.03	DENNÍ MÍSTNOST	31,18
	1.A.04	OPENSPLACE	119,61
	1.A.05	WC Ž	5,12
	1.A.06	WC M	5,57
	1.A.07	ARCHIV	5,28
	1.A.08	ARCHIV	5,10
	1.A.09	KANCELÁŘ	33,31
	2.A.01	CHODBA	57,80
	2.A.02	KANCELÁŘ ŘEDITELE	48,18
	2.A.03	ZASEDACÍ MÍSTNOST	17,49
	2.A.04	KANCELÁŘ	62,29
	2.A.05	WC Ž	5,12
	2.A.06	WC M	5,57
	2.A.07	ARCHIV	7,26
	2.A.09	KANCELÁŘ	35,15
	2.A.10	DENNÍ MÍSTNOST	35,63
N01.02 - II.	1.H.12	HALA	415,60

N01.03 - II.	1.H.02	OPERÁTOR	14,59
	1.H.03	DENNÍ MÍSTNOST	24,52
	1.H.04	ŠATNY Ž	19,72
	1.H.05	WC Ž	3,58
	1.H.06	ŠATNY M	18,88
	1.H.07	WC M	3,73
	1.H.08	CENTRÁLA TISKU	24,37
	1.H.09	TECHNICKÁ MÍSTNOST – KOTELNA	19,33
	1.H.12	HALA	852,83
			981,55
N01.04 - II.	1.H.10	TECHNICKÁ MÍSTNOST – UPS	20,02
N01.05 - II.	1.H.11	TECHNICKÁ MÍSTNOST – EPS	24,45
N01.06 - II.	1.H.13	SKLAD	56,67
	1.H.14	SKLAD	57,04
			113,71
N02.01 - I.	2.A.08	SERVER	5,10
Š-N01.07/N02 – II.		ŠACHTA	1,15

2.1.1 Charakteristiky a provozy v PÚ

N01.01/N02 – I. Administrativa

Dvoupodlažní požární úsek administrativy byl navržen pro zaměstnance firmy, kteří se věnují designování, marketingu a dalším administrativním činnostem. Součástí PÚ jsou i archivy, zasedačky a denní místnosti pro zaměstnance nebo zákazníky.

Světlá výška v obou podlažích PÚ činí 3,05 m.

Článek 5.2.3 ČSN 73 0804 stanovuje podmínky pro provozy nevýrobního charakteru, které jsou přičleněny nebo jsou součástí výrobních provozů. Tyto podmínky jsou:

- a. Maximální obsazenost PÚ 50 osob, stanoví se dle ČSN 73 0818
- b. Zaujímá nejvýše 30% půdorysné plochy výrobního provozu, maximálně však 600m²

Z těchto podmínek nebyla ani jedna splněna. Pro přehlednost jsou v *Tabulka 2.2* uvedeny plochy všech PÚ a v *Tabulka 6.1* je zpracována obsazenost objektu dle normy ČSN 73 0818.

Administrativu není možno považovat za součást výrobní haly a musí být vyčleněna jako samostatný požární úsek.

Tabulka 2.2 - Ověření velikosti nevýrobního PÚ dle ČSN 73 0804, čl. 5.2.3

Požární úsek	Plocha S [m ²]	Plocha celkem [m ²]	Poznámka
N01.01/N02 - I.	600,38	600,38	Plocha PÚ je vyšší než 600 m ² (ČSN 73 0804, čl. 5.2.3 a))
N01.02 - II.	415,60	1559,93	Poměr ploch výrobního a nevýrobního úseku činí 27,8%. Je nižší než 30% (ČSN 73 0804, čl. 5.2.3 b))
N01.03 - II.	980,19		
N01.04 - II.	20,02		
N01.05 - II.	24,16		
N01.06 - II.	113,71		
N02.01 - I.	5,10		
Š-N01.07/N02 - II.	1,15		

N01.02 – II. a N01.03 – II. Hala

Další požární úsek je tvořen primárně samotnou halou, kde jsou umístěny stroje k tisku. Světlá výška tohoto PÚ činí 6,25 m.

V úrovni 1NP byly k tomuto PÚ přiřazeny i místnosti zázemí zaměstnanců, kteří pracují jako obsluha strojů; centrála tisku, odkud lze ovládat tiskařské stroje a technická místnost kotelny, kde se nachází kaskáda kotlů s výkonem menším než 140 kW. Lze tak učinit na základě ČSN 73 0804, čl. 5.2.4 b), který mimo jiné říká, že samostatný PÚ musí tvořit technická místnost, v níž je umístěn jeden kotel o výkonu přes 70 kW nebo více kotlů o celkovém součtu výkonu větším než 140 kW.

Výrobní prostor bude dle požadavků investora za požáru rozdělen požární roletou na dva požární úseky. Požární roleta bude spouštěna v drážkách, umístěných na požárních stěnách PÚ N01.06-II. a místnosti 1.H.02, s adekvátní PO. Požární roleta bude spouštěna na pokyn EPS.

V požárním úseku se počítá s instalací ZOKT.

N01.04 – II. UPS

Technická místnost se záložním zdrojem elektrické energie.

Dle ČSN 73 0804, čl. 5.2.4 e) musí být prostor s funkcí náhradního zdroje elektrické energie – dieselagregát či centrální nepřerušitelný bateriový zdroj, vyčleněn jako samostatný požární

úsek. Táž norma stanovuje i stupeň požární bezpečnosti pro místnosti se záložním zdrojem elektrické energie. Určuje se tak dle tabulky G.1, položka 6: Strojovny náhradního zdroje elektrické energie (dieselagregáty apod.), akumulátory.

Světlá výška tohoto prostoru byla navržena jako 3,05 m. Všechny konstrukce, ohraničující prostor tohoto PÚ, musí splňovat požadavky, uvedené v *Tabulka 4.1*.

N01.05 – II. EPS

Technická místnost elektrické požární signalizace.

Dle článku 4.4.1 normy ČSN 73 0875 musí být místnost s hlavní nebo vedlejší ústřednou EPS vyčleněna jako samostatný požární úsek. Pro výpočet SPB byly uvažovány hodnoty shodné jako pro výpočetní střediska dle položky 1.13.1 tabulky A.1 ČSN 73 0802.

V provozu výrobní haly se nepředpokládá nepřetržitý provoz, není tedy ani navržena trvalá obsluha EPS. Podle článku 4.4.4 ČSN 73 0875 je v takovém případě nutné zařízení dálkového přenosu na nejbližší HZS.

Světlá výška tohoto prostoru byla navržena jako 3,05 m. Všechny konstrukce, ohraničující prostor toho PÚ, musí splňovat požadavky, uvedené v *Tabulka 4.1*.

N01.06 – II. Sklady

Prostory určené pro skladování papíru a materiálu k tisku, tonerů, šablon, náhradních dílů atd.

Podle normy ČSN 73 0804, čl. 3.44 se nejedná o příruční sklad. Není dodržena podmínka maximálně 5% podlahové plochy požárního úseku. Zároveň článek 3.46 totožné normy odkazuje na normu ČSN 73 0845 Požární bezpečnost staveb – sklady, která požaduje minimální plochu 600 m² pro posuzování dle této normy. Sklad tvoří samostatný požární úsek a byl posouzen jako provozní sklad (ČSN 73 0804, čl. 3.45).

V těchto skladech musí být dodržena maximální výška skladování 3 m.

Světlá výška tohoto prostoru byla navržena jako 3,05 m. Všechny konstrukce, ohraničující prostor tohoto PÚ, musí splňovat požadavky, uvedené v *Tabulka 4.1*.

N02.01 – I. Server

Technická místnost úložiště.

Pro další výpočty byla tato místnost uvažována jako výpočetní středisko, stejně jako technická místnost EPS.

Světlá výška tohoto prostoru byla navržena jako 3,05 m. Všechny konstrukce, ohraničující prostor tohoto PÚ, musí splňovat požadavky, uvedené v *Tabulka 4.1*.

3 Stanovení požárního rizika, popřípadě ekonomického rizika, stanovení stupně požární bezpečnosti a posouzení velikosti požárních úseků

Přehled zatřídění požárních úseků do stupně požární bezpečnosti je uveden níže v

Tabulka 3.1.

Podrobné výpočty stupně požární bezpečnosti a posouzení velikosti požárních úseků jsou uvedeny v přílohách B.I. a B.II. Výpočty jsou v souladu s ČSN 73 0804.

Stupeň požární bezpečnosti nebyl počítán pro PÚ N01.03 – II. Technická místnost UPS – SPB bylo stanoveno tabulkovou hodnotou dle položky 6 tabulky G.1 ČSN 73 0840.

Stupeň požární bezpečnosti nebyl počítán pro PÚ N01.06/N02 – II. Šachta – SPB bylo stanoveno tabulkovou hodnotou dle položky 3c tabulky G.1 ČSN 73 0840.

Tabulka 3.1 – Přehled zatřídění požárních úseků do stupně požární bezpečnosti SPB

Požární úsek	Plocha S [m ²]	Nahodilé požární zatížení p _n [kg/m ²]	Požární zatížení p [kg/m ²]	Výpočtové požární zatížení p _v [kg/m ²] / Ekvivalentní doba trvání požáru τ _e [min]	Stupeň požární bezpečnosti SPB
N01.01/N02 - I.	81,98	5			
	35,88	20			
	31,47	15			
	120,73	60			
	5,12	5			
	5,57	5			
	5,28	120			
	5,10	120			
	33,12	40			
	58,72	5			
	48,47	40			
	17,49	20			
	62,72	60			
	5,12	5			
	5,57	5			
	7,26	120			
	35,15	40			
	35,63	15			
	600,38		35,50	12,538	I.
N01.02 - II.	415,60	60	65,00	62,027	II.
N01.03 - II.	14,59	40			
	24,52	15			
	19,72	15			
	3,58	5			
	18,88	15			
	3,73	5			
	19,33	15			
	24,37	40			
	851,47	60			
	980,19		57,51	75,271	II.
N01.04 - II.	20,02	10	15,00	25,000	II.
N01.05 - II.	24,16	30	35,00	33,572	II.

N01.06 - II.	56,73	50		
	56,98	50		
	113,71	55,00	65,415	II.
N02.01 - I.	5,10	30	35,00	21,114 II.
Š-N01.07/N02 – II.	1,15		30,000	II.

Pro ověření mezní velikosti požárních úseků bylo nutné stanovení jednotlivých součinitelů k_5 – k_7 .

- a. Hodnota součinitele k_5 , zahrnuje vliv počtu nadzemních podlaží řešeného objektu do výpočtu. Dle článku 7.3.1 ČSN 73 0804 se součinitel vypočte následovně:

$$k_5 = \sqrt{n_p}$$

- b. Součinitel hořlavosti hmot v konstrukčním systému je vyjádřen hodnotou k_6 . Vzhledem k tomu, že v řešeném objektu se nachází nehořlavý konstrukční systém, je součinitel k_6 roven 1 - dle článku 7.3.2 ČSN 73 0804.
- c. Poslední součinitel k_7 vyjadřuje vliv následných škod. Jeho hodnota byla stanovena dle tabulky 7 ČSN 72 0804. Pro účely této bakalářské práce postačí doplňující informace z článku 7.4.2 ČSN 73 0804, který obecně stanovuje hodnotu $k_7 = 2$ pro výrobní provozy.

Přehled posouzení mezní velikosti udává *Tabulka 3.2*. Podrobný výpočet je uveden v příloze B.II. Tento výpočet vychází z rovnice 20 a 21, obsažených v člancích 7.1.4 a 7.1.6 normy ČSN 73 0804.

Tabulka 3.2 – Přehled mezní plochy požárních úseků

Požární úsek	Plocha S [m ²]	Mezní plocha S _{max} [m ²]	Posouzení S ≤ S _{max}
N01.01/N02 - I.	600,38	3515,18	VYHOVUJE
N01.02 - II.	415,60	5663,18	VYHOVUJE
N01.03 - II.	980,19	6182,64	VYHOVUJE
N01.04 - II.	20,02	2685,64	VYHOVUJE
N01.05 - II.	24,16	2685,64	VYHOVUJE
N01.06 - II.	113,71	6008,31	VYHOVUJE
N02.01 - I.	5,10	2685,64	VYHOVUJE
Š-N01.07/N02 – II.	1,15	5754,95	VYHOVUJE

4 Zhodnocení navržených stavebních konstrukcí a požárních uzávěrů z hlediska jejich požární odolnosti

Požadavky byly stanoveny v souladu s řadou norem ČSN 73 08xx. Konkrétní specifikace požární odolnosti jednotlivých konstrukcí jsou znázorněny ve výkresové části.

Tabulka 4.1 – Požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí

Pol.	SPB	Požadovaná PO [min]	Skutečná PO [min]	Skladba konstrukce	Poznámka / zdroj
1. požární stěny a stropy					
1NP	I	EI 15 DP1	EI 45 DP1	- Sádrokartonové desky dle systémového řešení Knauf: Silentboard 1 × 12,5 mm + 40 mm TI	- Katalog výrobce Knauf, strana 59 – stěny s jednoduchým rastrem
		REI 15 DP1	REI 15 DP1	- Ocelobetonová deska / podhled	- Výpočet OB desky není součástí zadání BP
1NP	II	EI 30 DP1 / EW 30 DP1	EI 45 DP1 / EW 60 DP1	- Sádrokartonové desky dle systémového řešení Knauf: Silentboard 1 × 12,5 mm + 40 mm TI / Textilní požární roleta standardu Avaps	- Katalog výrobce Knauf, strana 59 – stěny s jednoduchým rastrem
		REI 30 DP1	REI 30 DP1	- Ocelobetonová deska / podhled	- Výpočet OB desky není součástí zadání BP
2NP	I / II	EI 15 DP1	EI 45 DP1	- Sádrokartonové desky dle systémového řešení Knauf: Silentboard 1 × 12,5 mm + 40 mm TI	- Katalog výrobce Knauf, strana 59 – stěny s jednoduchým rastrem
2. požární uzávěry					
1NP	I	Bez požadavku			
	II	EW 30 DP3 – C	Specifikace dle výkresové části		
2NP	I / II	EW 15 DP3 – C	Specifikace dle výkresové části		
3. obvodové stěny b) nezajišťující stabilitu objektu					
1-2 NP	I / II	EW 15 DP1	EW 90 DP1	- Sendvičový panel Kingspan KS1000, tl. 100mm; K-Roc-MW	- Technická příručka výrobce Kingspan
4. nosné konstrukce střech					
2NP	I / II	R 15 DP3	R 30 DP1	Ocelové sloupy / nosníky	- Výpočet příhradového nosníku ve statické části

5. nosné konstrukce uvnitř požárního úseku, zajišťující stabilitu					
1NP	I	R 15 DP1	R 30 DP1	Ocelové sloupy / nosníky opatřené intumescentním nátěrem	- Požární katalog výrobce Promat, strana 119 – návrh na 600°C
	II	R 30 DP1	R 30 DP1	Ocelové sloupy / nosníky opatřené intumescentním nátěrem	- Požární katalog výrobce Promat, strana 119 – návrh na 600°C
2NP	I / II	R 15 DP1	R 30 DP1	Ocelové sloupy / nosníky opatřené intumescentním nátěrem	- Požární katalog výrobce Promat, strana 119 – návrh na 600°C
6. nosné konstrukce vně objektu, které zajišťují stabilitu					
Neobsazeno					
7. nosné konstrukce uvnitř objektu, které nezajišťují stabilitu					
Neobsazeno					
8. nenosné konstrukce uvnitř požárního úseku					
Neobsazeno					
9. konstrukce schodišť uvnitř PÚ, které nejsou součástí chráněných únikových cest					
1NP	I	R 15 DP3	R 30 DP1	- Ocelová konstrukce opatřená intumescentním nátěrem – např. PROMAPAINTE od výrobce Promat	- Požární katalog výrobce Promat, strana 119 – návrh na 600°C
10. výtahové a instalační šachty					
1) Požárně dělící konstrukce					
1-2 NP	I / II	EI 30 DP2	EI 30 DP1	- Sádrokartonové desky dle systémového řešení Knauf: Silentboard 2 × 12,5 mm	- Katalog výrobce Knauf, strana 91 – šachtové stěny s kovovou podkonstrukcí
2) Požární uzávěry v požárně dělících konstrukcích					
1-2 NP	I / II	EI 15 DP2	Specifikace dle výkresové části		
11. střešní plášť					
2NP	I / II	Bez požadavku			

5 Zhodnocení navržených stavebních hmot (stupeň hořlavosti, odkapávání v podmínkách požáru, rychlost šíření plamene po povrchu, toxicita zplodin hoření apod.)

Toto téma není předmětem zadání bakalářské práce.

6 Zhodnocení možnosti provedení požárního zásahu, evakuace osob, zvířat a majetku a stanovení druhů a počtu únikových cest, jejich kapacity, provedení a vybavení

6.1 Provedení požárního zásahu

Pro provedení požárního zásahu je nutné posouzení příjezdových komunikací, nástupní plochy a vnitřních zásahových cest. Veškerá tato problematika byla řešena v kapitole 9 *dole*.

6.2 Evakuace

V objektu nebyla navržena chráněná ani částečně chráněná úniková cesta. V případě evakuace je uvažováno, že bude probíhat ze všech požárních úseků přes nechráněné únikové cesty. Lze tak učinit na základě ČSN 73 0804, čl. 10.8.1 a) a d), které říkají, že je možné pomocí nechráněných únikových cest komunikačně propojit 1NP a 2NP a zároveň jich využít i pro únik na volné prostranství.

Nechráněná úniková cesta je definována následovně:

„Nechráněná úniková cesta je každá trvale volná komunikace, popř. komunikační prostor v posuzovaném požárním úseku s požárním rizikem, kde se lze bez překážek pohybovat směrem k východu na volné prostranství nebo do chráněné, popř. částečně chráněné únikové cesty.

Nechráněná úniková cesta nemusí být od ostatních prostorů posuzovaného požárního úseku oddělena stavebními konstrukcemi.“ ČSN 73 0804, čl. 10.2.

6.3 Osvětlení únikových cest

Pro únikové cesty bylo navrženo osvětlení nouzovým osvětlením, které je napojeno na záložní bateriový zdroj UPS. Toto osvětlení musí být funkční v případě výpadku elektrické energie.

Únikové cesty byly zároveň pro lepší orientaci doplněny i o fotoluminiscenční tabulky vždy v místech, kde se mění směr úniku. Tyto tabulky musí být osazeny na viditelném místě buď nad úrovní dveřních futek nebo při zemi. Zde je nutné zajistit, aby tyto tabulky byly vždy plně čitelné a nebyly čímkoliv zakryté.

6.4 Obsazení osobami

Následující tabulka znázorňuje požární výpočet obsazenosti E objektu. K výpočtu byly využity bezpečnostní součinitelé a podíl plochy na jednoho pracovníka z tabulky 1, uvedené v ČSN 73 0818 podle předpokládaného využití místností nebo navržené obsazenosti podle projektu.

Hlavní obsazenost byla předpokládána v místnostech kanceláří pro administrativní část. Přídatné místnosti jako je hygienické zázemí, archiv nebo denní místnost neposkytují možnost pracovního místa, tedy zde nebyla uvažována obsazenost.

Ve výrobní části, byla hlavní obsazenost předpokládána v hale. Počty těchto pracovníků jsou již zahrnuty v prostorech šaten, kde tato obsazenost byla stanovena na základě očekávaného množství skříněk dle požadavků investora.

Ačkoliv projekt nepočítá s obsazeností technických místností, do projektu PBŘ byla navržena občasná pracovní místa, která zahrnují například revizní pracovníky technického vybavení objektu.

Díky těmto podmínkám byla stanovena maximální obsazenost provozu, viz *Tabulka 6.1*, a posouzení evakuace je tak možné provést na nejnepříznivější možný stav.

Tabulka 6.1– Přehled obsazenosti objektu dle ČSN 73 0818

PÚ	Č.M.	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Plocha / osoba	Osoby dle projektu	Bezpeč. souč.	Poč. evak. osob E	ČSN 73 0818; Tabulka 1	
N01.01/N02 - I.	1.A.01	ATRIUM	81,98		2	1,3	3	položka 11.2	
	1.A.02	ZASEDACÍ MÍSTNOST	35,88	1,5			24	položka 1.2	
	1.A.03	DENNÍ MÍSTNOST	31,47				-		
	1.A.04	OPENSPLACE	120,73	10			13	položka 1.1.3	
	1.A.05	WC Ž	5,12				-		
	1.A.06	WC M	5,57				-		
	1.A.07	ARCHIV	5,28				-		
	1.A.08	ARCHIV	5,10				-		
	1.A.09	KANCELÁŘ	33,12	10			4	položka 1.1.3	
								$\Sigma E_{1NP} =$	44
	2.A.01	CHODBA	58,72					-	
	2.A.02	KANCELÁŘ ŘEDITELE	48,47	10				5	položka 1.1.3
	2.A.03	ZASEDACÍ MÍSTNOST	17,49	1,5				12	položka 1.2
	2.A.04	KANCELÁŘ	62,72	10				7	položka 1.1.3
	2.A.05	WC Ž	5,12					-	
	2.A.06	WC M	5,57					-	
	2.A.07	ARCHIV	7,26					-	
	2.A.09	KANCELÁŘ	35,15	10				4	položka 1.1.3
	2.A.10	DENNÍ MÍSTNOST	35,63					-	
								$\Sigma E_{2NP} =$	28
			600,38			$\Sigma E =$	72		
N01.02 - II.	1.H.12	HALA	415,60						-
N01.03 - II.	1.H.02	OPERÁTOR	14,59		1	1,35	2	položka 16.1	
	1.H.03	DENNÍ MÍSTNOST	24,52				-		
	1.H.04	ŠATNY Ž	19,72		5	1,35	7	položka 16.1	
	1.H.05	WC Ž	3,58				-		
	1.H.06	ŠATNY M	18,88		10	1,35	14	položka 16.1	
	1.H.07	WC M	3,73				-		
	1.H.08	T. M. – KOTELNA	19,33		3	0,5	2	položka 11.5	
	1.H.09	CENTRÁLA TISKU	24,37	5			5	položka 11.2	
	1.H.12	HALA	851,47					-	
							$\Sigma E =$	30	
N01.04 - II.	1.H.10	T. M. – UPS	20,02		3	0,5	2	položka 11.5	
N01.05 - II.	1.H.11	T. M. – EPS	24,16		3	0,5	2	položka 11.5	

N01.06 - II.	1.H.13 SKLAD	56,73	10 / 50	11	položka 12.1
	1.H.14 SKLAD	56,98			
		113,71			
N02.01 - I.	2.A.08 SERVER	5,1		-	
Š- N01.07/N02 - II.	ŠACHTA	1,15		-	

6.5 Únikové cesty

6.5.1 Délka únikových cest

Pro odměřování délky nechráněné únikové cesty platí pravidla stanovená v článku 10.12.3, normy ČSN 73 0804. Délka nechráněných únikových cest se začíná odměřovat od nejvzdálenějšího bodu požárního úseku až ke dveřím na volné prostranství.

V případě, že se jedná o místnost s menší podlahovou plochou nežli 40 m² nebo FUSM, se délka NÚC odměřuje od osy dveří.

Funkčně ucelená skupina místností je omezena třemi následujícími podmínkami:

- celková plocha FUSM nesmí být větší než 100 m²
- maximální obsazenost je 40 osob
- vzdálenost kteréhokoliv místa ke vchodovým dveřím není delší než 15 m.

Vedou-li z požárního úseku únikové cesty ve více směrech, nesmí být ani jedna z nich delší než mezní délka únikové cesty.

6.5.2 Šířka únikových cest

Pro posouzení šíře únikové cesty bývá nejkritičtější místo zúžení, např. dveře. V projektu byly veškeré dveře v rámci PÚ nebo mezi PÚ sjednoceny na průchozí šířku 900 mm, kromě dveří do hygienického zázemí (tyto dveře jsou o 100 mm užší, nejsou však pro posouzení únikové cesty rozhodující).

Dle článku 10.10.1 normy ČSN 73 0804 je jeden únikový pruh stanoven jako 550 mm, resp. 0,55 m.

Zmiňovaná rozhodující průchodná šíře odpovídá:

$$900 / 550 = 1,63 \approx 1,5 \text{ únikového pruhu}$$

Výše uvedené zásady pro únikové cesty nebyly v této práci ověřeny, nejedná se o předmět zadání bakalářské práce.

6.5.3 Doba evakuace

Návrh únikových cest je v souladu s článkem 10.9 normy ČSN 73 0804, který stanovuje posouzení výpočtové doby evakuace t_u , která musí být vyšší než výpočtová doba zakouření požárního úseku t_e , a zároveň nižší než tabulková hodnota mezní doby evakuace $t_{u, \max}$ – stanovená dle tabulky 16 v ČSN 73 0804. Vztah odpovídá následující nerovnici:

$$t_e \leq t_u \leq t_{e, \max}$$

– Doba zakouření $\approx t_e = 1,25 \times (h_s/p_1)^{1/2}$

(čl. 10.1.2 ČSN 73 0804, rovnice 28)

Kde h_s = světlá výška posuzovaného požárního úseku

p_1 = pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru

– Doba evakuace $\approx t_u = 0,75 \times l_u/v_u + E \times s / (K_u \times u)$

(čl. 10.9.1 ČSN 73 0804, rovnice 29)

Kde v_u = rychlost pohybu osob

(tabulka 17 v ČSN 73 0804)

s = součinitel podmínek evakuace

(tabulka 18 v ČSN 73 0804)

K_u = jednotková kapacita únikového pruhu

(tabulka 17 v ČSN 73 0804)

Výše uvedené zásady pro evakuaci nebyly v této práci ověřeny, nejedná se o předmět zadání bakalářské práce.

7 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

7.1 Odstupové vzdálenosti

V případě haly ETIS bylo stanoveno, že obvodové stěny jsou tvořeny tepelně – izolačními sendvičovými panely od firmy Kingspan. Dle výrobce panely tloušťky 100 mm deklarují reakci na oheň A2-s1,d0. Díky tomuto zatřídění materiálu do kategorie nehořlavých materiálů, které významně nepříspívají k růstu požáru, lze bez výpočtu říci, že se z konstrukce druhu DP1 nebude za požáru uvolňovat teplo a tedy se jedná o PUP.

Výpočet požárně nebezpečného prostoru vycházel pouze z geometrie oken, která byla osazena v obvodových stěnách a z lehkého obvodového pláště na západní straně objektu, který lze celý považovat jako požárně otevřenou plochu.

Celková plocha konstrukce, v které se nachází okna a dveře, se určuje tak, aby co nejtěsněji lemovala hrany otvorů pro každý požární úsek zvlášť. Zároveň je tato plocha omezena pro jednodušší výpočet pouze na tvar obdélníku. Poměr plochy otvorů a celkové plochy konstrukce p_o musí být větší než 40%. Odstupová vzdálenost d se poté stanoví pomocí tabulky H.1 v ČSN 73 0804 v závislosti na dříve vypočítané ekvivalentní době trvání požáru τ_e . V tabulce je možné používat lineární interpolaci.

Pro administrativní část, jež je posuzována podle ČSN 73 0802, byla použita příloha F.1.

7.1.1 Tvar požárně nebezpečného prostoru

Tvar PNP lze navrhnout několika způsoby. Pro účely této bakalářské práce a pro zajištění dostatečné rezervy v posudku se předpokládá návrh tvaru PNP podle čl. 11.2.1 normy ČSN 73 0804:

Požárně nebezpečný prostor požárního úseku před stavebním objektem je omezen plochou, vedenou v odstupové vzdálenosti d rovnoběžně s požárně otevřenou plochou posuzovaného požárního úseku. Po stranách je požárně nebezpečný prostor omezen jednak

posuzovaného požárního úseku. Po stranách je požárně nebezpečný prostor omezen jednak válcovými plochami o poloměru rovném odstupové vzdálenosti, jejichž osy jsou totožné s hranicemi požárně otevřené plochy a svírají s ní úhel 160°.

7.1.2 Střecha

Střešní plášť není považován za požárně otevřenou plochu a nevyžaduje se od něj odstupová vzdálenost. Splňuje následující:

Na základě ČSN 73 0804 čl. 9.14.5 b) 1), který říká, že střešní pláště, zatříděné dle položky 12 tabulky PO (ČSN 73 0804, tabulka 10) do I. nebo II SPB, nemají požadavek na požární odolnost. Zároveň s tímto musí být splněna i maximální hodnota součinu p_v a c v PÚ, která nesmí přesáhnout hodnotu 50 kg/m^2 .

7.1.3 Bezpečnostní vzdálenosti

Bezpečnostní vzdálenosti se dle přílohy č. 1 k vyhlášce č.246/2001, Sb. vyžadují od objektů volných skladů. Nepředpokládá se umístění takového objektu v blízkosti řešené haly.

7.1.4 Zhodnocení odstupových a bezpečnostních vzdáleností

Podle článku 11.2.6 ČSN 73 0804 lze za vyhovující PNP považovat takový, který nepřesahuje hranici stavební parcely, na které se objekt nachází, s výjimkou veřejného prostranství – chodníky / silnice atd.

Výše ověřené zásady pro posouzení požárně nebezpečného prostoru je nutné zohlednit při konkrétním umístění objektu, nejedná se o předmět zadání bakalářské práce.

8 Určení způsobu zabezpečení stavby požární vodou včetně rozmístění vnitřních a vnějších odběrných míst, popřípadě způsobu zabezpečení jiných hasebních prostředků u staveb, kde nelze použít vodu jako hasební látku

8.1 Vnější odběrné místo požární vody

Dle tabulky 1, normy ČSN 73 0873, se pro výrobní objekty o celkové ploše požárního úseku vyšší než 1500 m² stanovuje, že maximální vzdálenost hydrantu od řešeného objektu může být nejvýše 100 m.

Předpokladem pro hydrant je dle tabulky 2 v ČSN 73 0873 minimální dimenze potrubí DN150 a průtok $Q = 25$ l/s pro předpokládanou rychlost odběru 1,5 m/s.

Dle článku 5.5 v ČSN 73 0873 je potřeba zajistit, aby dimenze potrubní sítě, na kterou je hydrant osazován, nebyla menší než samotný hydrant. Zároveň je nutné zajistit minimální statický přetlak u nejhůře osazeného odběrného místa, který nesmí být nižší než 0,2 MPa.

8.2 Vnitřní odběrné místo požární vody

Dle normy ČSN 73 0873 bylo v objektu nutné zřídit vnitřní odběrná místa požární vody. Článek 6 též normy stanovuje, že v řešeném objektu je nutná instalace hadicových systémů o jmenovité světlosti 25 mm.

V objektu byla instalována vnitřní odběrná místa s tvarově stálou hadicí DN25. Tyto hadice jsou schopny dosáhnout až 30 m aktivního rádia hašení. Hydrantová skříň musí být opatřena plombou a umístěna ve výšce 1,2 m nad úroveň podlahy.

Napájení jednotlivých hydrantů je možné pomocí hořlavého, trvale zavodněného potrubí. Toto potrubí musí být trvale pod tlakem a zároveň se musí zajistit minimální přetlak u nejnepříznivěji položeného hydrantu 0,2 MPa.

Hadicové systémy byly v objektu rozmístěny tak, aby bylo možné vedení účinného prvotního protipožárního zásahu v každém místě PÚ, viz výkresová část.

Výše uvedené zásady pro zabezpečení stavby požární vodou je nutné zohlednit při konkrétním umístění objektu, nejedná se o předmět zadání bakalářské práce.

9 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

9.1.1 Zásahové cesty

V řešeném objektu nebylo nutné zřízení vnitřních zásahových cest. To je podloženo ověřením následujících podmínek, které udává norma ČSN 73 0804, čl. 13.5.1.:

- a. Předpokládá se vedení protipožárního zásahu ve výšce $> 22,5\text{m}$, nebo
- b. Nelze účinně vést protipožární zásah z vnější strany objektu, nebo
- c. Jedná se o skupinu výrob a provozů 6 a 7 o ploše $> 250\text{ m}^2$ nebo skupinu 5 o ploše $> 500\text{ m}^2$ a vedení požárního zásahu nelze účinně zajistit alespoň ze dvou vnějších míst objektu.

Ani jedna z výše uvedených podmínek v řešeném objektu se nepředpokládá, není tedy třeba zřizovat vnitřní zásahové cesty.

Nevyžaduje se nasazení výškové techniky.

Pro přístup příslušníků JHZS na střechu byly po obvodu objektu v místech předpokládaného požárního zásahu zřízeny požární žebříky ve vzájemných rozestupech maximálně 200 m. To je stanoveno v ČSN 73 0804, čl. 13.7.2. Zároveň je doporučeno, aby byl vždy jeden štěřín požárního žebříku zhotoven jako nezavodněné požární potrubí s přípojovacím zámkem.

9.1.2 Příjezdové komunikace a nástupní plochy

Článek 13.4.4 b) normy ČSN 73 0804 udává, že pro objekty výrobního charakteru, které mají požární výšku nižší než 12 m, i když nejsou vybaveny vnitřními zásahovými cestami, není nutné zřizovat nástupní plochy.

Dle ČSN 73 0804, čl. 13.2.3 je minimální požadavek pro příjezdové komunikace stanoven na jednopruhovou komunikaci o minimální průjezdné šíři 3 m. Navazující článek stejné normy, tedy 13.2.4, doporučuje doplnění dopravního značení o značku B29⁷ „Zákaz stání“ alespoň v jednom jízdním pruhu.

Vzhledem k tomu, že není vyžadováno zřízení nástupní plochy, je nutné zajistit maximální vzdálenost příjezdových komunikací do 10 m od vchodu do objektu. Tato podmínka stanovená článkem 13.2.2 normy ČSN 73 0804 je splněna díky přilehlému parkovišti, které zajišťuje přístup k objektu.

Výše uvedené zásady pro vymezení zásahových cest a příjezdovou komunikaci je nutné zohlednit při konkrétním umístění objektu, nejedná se o předmět zadání bakalářské práce.

10 Stanovení počtu, druhů a způsobu rozmístění hasicích přístrojů, popřípadě dalších věcných prostředků požární ochrany nebo požární techniky

10.1 Požadovaný počet přenosných hasicích přístrojů v posuzovaném objektu

Minimální počet přenosných hasicích přístrojů byl stanoven podle *Rovnice 1*. Byla vybrána rovnice, která stanovuje počet PHP pro každý PÚ zvlášť, protože se v jednotlivých požárních úsecích ve výrobní části předpokládají rozdílné hořlavé látky.

⁷ Vyhláška č. 294/2015 Sb., vyhláška, kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů

$$n_r = 0,2 \times (S \times P_1)^{1,2} \geq 1,0$$

Rovnice 1 – rovnice pro výpočet koeficientu PHP, dle rovnice 40, čl. 13.9.2 ČSN 73 0804

Pro stanovení přesného počtu PHP je nutné podle Přílohy č. 2 vyhlášky č. 23/2008 Sb. vypočtenou hodnotu n_r vynásobit koeficientem 6.

$$n_{HJ} = 6 \times n_r$$

Rovnice 2 – rovnice pro výpočet minimálního počtu PHP, dle rovnice, uvedené v Příloze č. 2 vyhlášky č. 23/2008 Sb.

Výše získaná hodnota n_{HJ} se již lehce převede na počty a typy hasicích přístrojů. Typ hasicího přístroje je vhodné zvolit na základě předpokládané látky, která bude hašena při požáru.

Výše uvedené zásady pro návrh přenosných hasicích přístrojů je nutné zohlednit při návrhu. Nejedná se o předmět zadání bakalářské práce.

10.2 Rozmístění přenosných hasicích přístrojů

Umístění PHP musí odpovídat standardu dle ČSN 73 0804, čl. 13.9.5. Přenosné hasicí přístroje musí být umístěny na dobře viditelném místě, kde nedojde k umístění překážek v blízkém okolí PHP. PHP se instaluje ve svislé poloze například na stojan nebo držák na stěně tak, aby rukojeť PHP byla ve výšce 1500 mm nad podlahou. Vhodné je umístění u vchodu do místnosti, konkrétní rozmístění viz výkresová část.

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

11.1 Komín

Toto téma není předmětem zadání bakalářské práce.

11.2 Vytápění

Toto téma není předmětem zadání bakalářské práce.

11.3 Větrání

Toto téma není předmětem zadání bakalářské práce.

11.4 Elektroinstalace

Toto téma není předmětem zadání bakalářské práce.

11.5 Ochrana před bleskem

Toto téma není předmětem zadání bakalářské práce.

12 Stanovení zvláštních požadavků na zvýšení požární odolnosti stavebních konstrukcí nebo snížení hořlavosti stavebních hmot

Toto téma není předmětem zadání bakalářské práce.

13 Posouzení požadavků na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními, následně stanovení podmínek a návrh způsobu jejich umístění a instalace do stavby

Toto téma není předmětem zadání bakalářské práce.

14 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

Toto téma není předmětem zadání bakalářské práce.

Seznam použité literatury

Zákony

Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně

Vyhlášky

Vyhláška č. 246/2001 Sb., o požární prevenci, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 460/2021 Sb., o kategorizaci staveb z hlediska požární bezpečnosti a ochrany obyvatelstva, ve znění pozdějších předpisů

České technické normy

ČSN 73 0802 ed. 2. Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty. Edice 2. Praha: ÚNMZ, 2020.

ČSN 73 0804 ed. 2. Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty. Edice 2. Praha: ÚNMZ, 2020.

ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení. Praha: ÚNMZ, 2016.

ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení. Oprava 1. Praha: ÚNMZ, 2020.

ČSN 73 0818 Požární bezpečnost staveb – Obsazení objektů osobami. Praha: ÚNMZ, 1997.

ČSN 73 0818 Požární bezpečnost staveb – Obsazení objektů osobami. Změna 1. Praha: ÚNMZ, 2002.

ČSN 73 0821 ed. 2. Požární bezpečnost staveb – Požární odolnost stavebních konstrukcí. Edice 2. Praha: ÚNMZ, 2007.

ČSN 73 0824 Požární bezpečnost staveb – Výhřevnost hořlavých látek. Praha: ÚNMZ, 1992.

ČSN 73 0873 Požární bezpečnost staveb – Zásobování požární vodou. Praha: ÚNMZ, 2003.

.. a normy související.

Ostatní

Výchozím podkladem byla dokumentace studie, která byla získána na veřejně dostupném portálu archiweb.cz⁸.

Investor: ETIS Slovakia, a.s.

Architekt: Alexy & Alexy architektonický ateliér

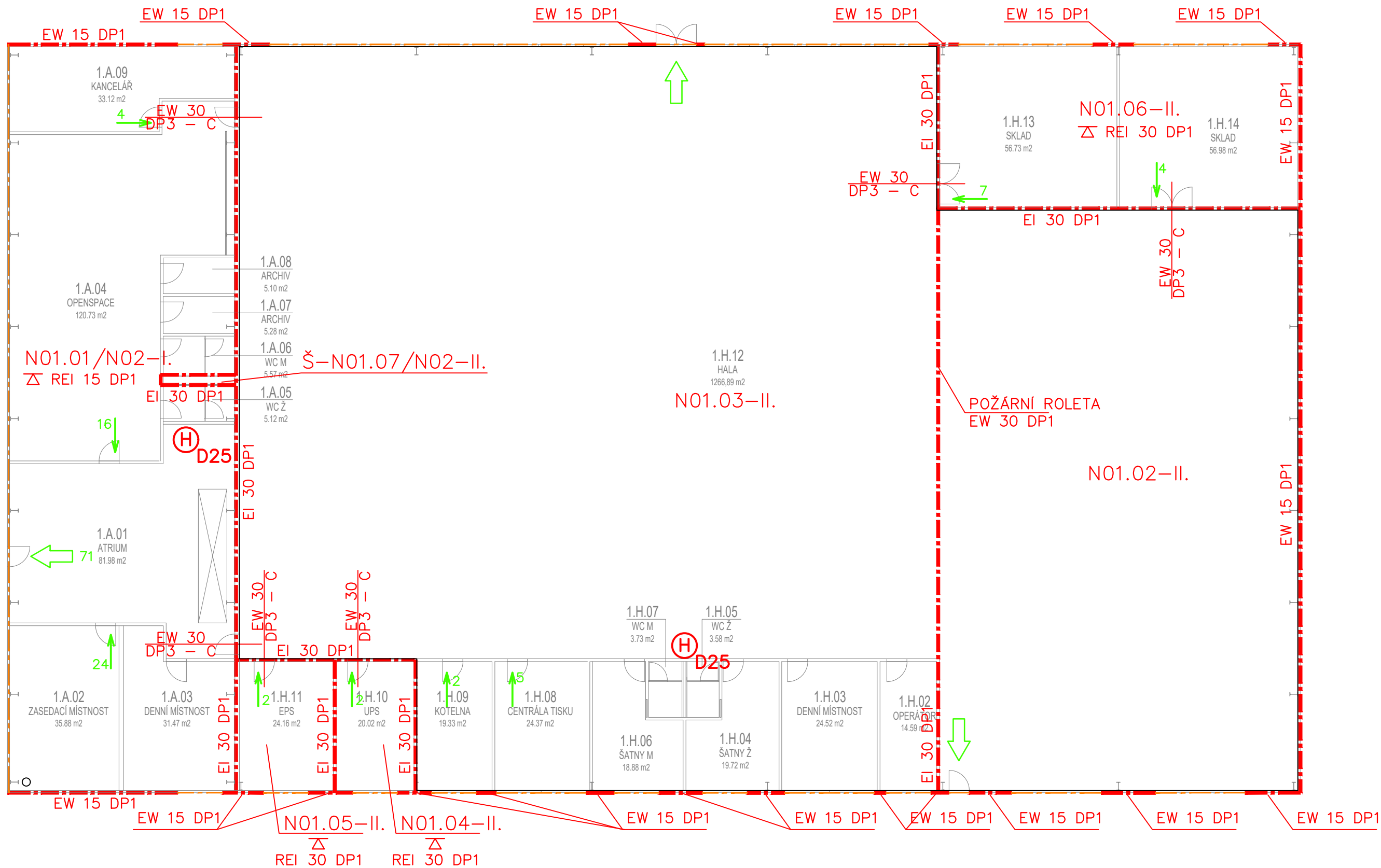
Software

- MS Word
- MS Excel
- AutoCAD

⁸ Administratívna a výrobná hala ETIS I. Archiweb.cz [online]. 2018 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/administrativna-a-vyrobna-hala-etis-i>

Seznam tabulek

<i>Tabulka 2.1 – Seznam požárních úseků</i>	10
<i>Tabulka 2.2 - Ověření velikosti nevýrobního PÚ dle ČSN 73 0804, čl. 5.2.3</i>	12
<i>Tabulka 3.1 – Přehled zatřídění požárních úseků do stupně požární bezpečnosti SPB .</i>	16
<i>Tabulka 3.2 – Přehled mezní plochy požárních úseků</i>	17
<i>Tabulka 4.1 – Požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí</i>	18
<i>Tabulka 6.1– Přehled obsazenosti objektu dle ČSN 73 0818</i>	22



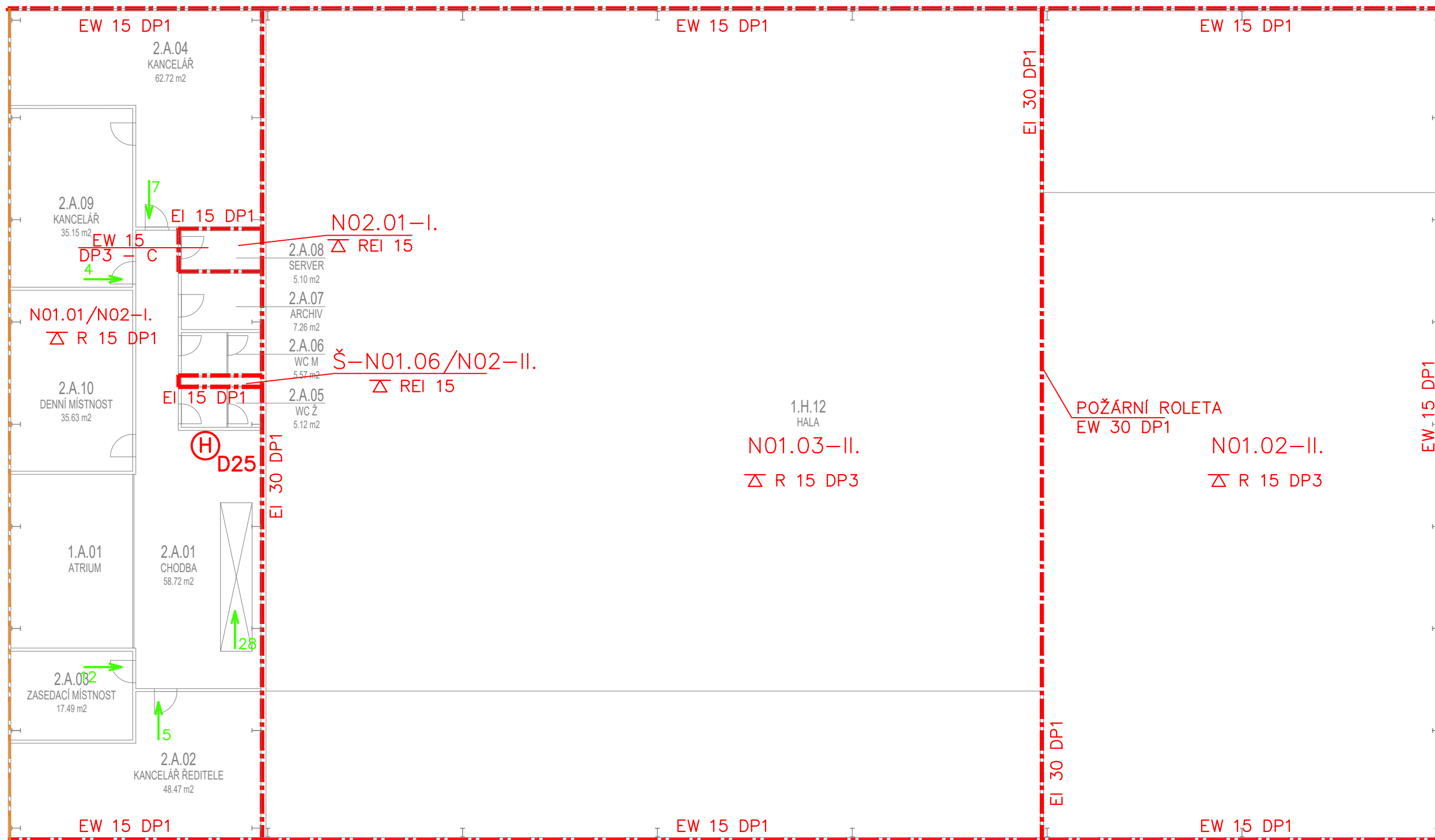
LEGENDA:

- - - - - HRANICE POŽÁRNÍHO ÚSEKU
- - - - - HRANICE PÚ V MÍSTĚ POŽÁRNÍHO OTVORU BEZ POŽÁRNÍ ODOLNOSTI
- Ⓜ_{D25} Hydrant D25
- REI 30 DP1 Požadovaná požární odolnost
- Směry úniku osob
- ⇨ Únikové východy

POZNÁMKA:

Nosné konstrukce, zajišťující stabilitu objektu (nosníky a sloupy) uvnitř PÚ v 1NP musí splňovat požární odolnost:
 SPB I. – R 15 DP1
 SPB II. – R 30 DP1

Zpracovala: Aneta Teplá	Konzultant: Ing. Jakub Šejna	Školní rok: 2022–2023	Fakulta stavební ČVUT
Místo stavby: Hlohová 10, 821 07 Bratislava, Slovenská republika			
Akce: ETIS I. – POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ		Datum: 5/2023	Měřítka: 1:175 Číslo výkresu: 01
Výkres: PŮDORYS 1NP			



LEGENDA:

- - - - - HRANICE POŽÁRNÍHO ÚSEKU
- - - - - HRANICE PÚ V MÍSTĚ POŽÁRNÍHO OTVORU BEZ POŽÁRNÍ ODOLNOSTI
- (H) D25 Hydrant D25
- REI 30 DP1 Požadovaná požární odolnost
- Směry úniku osob
- ➡ Únikové východy

POZNÁMKA:

Nosné konstrukce, zajišťující stabilitu objektu (nosníky a sloupy) uvnitř PÚ v 2NP musí splňovat požární odolnost: SPB I./II. – R 15 DP1

Zpracovala: Aneta Teplá	Konzultant: Ing. Jakub Šejna	Školní rok: 2022–2023	Fakulta stavební ČVUT
Místo stavby: Hlohová 10, 821 07 Bratislava, Slovenská republika			
Akce: ETIS I. – POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ		Datum: 5/2023	
Výkres: PŮDORYS 2NP		Měřítko: 1:175	
		Číslo výkresu: 02	



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

**Vliv větrání na požární odolnost ocelové konstrukce výrobní
haly ETIS v Bratislavě**

Effect of ventilation on the steel structure fire resistance of ETIS
production hall in Bratislava

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Příloha B.I – PODROBNÝ VÝPOČET SPB VŠECH
POŽÁRNÍCH ÚSEKŮ**

Vypracovala: Aneta Teplá

Praha 2023

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.01/N02 - I.
 6,40 m
 nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ						
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Nahodilé požární zatížení p _n [kg/m ²]	Součinitel rychlosti odhořívání a _n [-]	ČSN 73 0802; Tabulka A.1	p _n *a _n [kg/m ²]
1.A.01	ATRIUM	81,98	5	0,8	položka 1.10	4
1.A.02	ZASEDACÍ MÍSTNOST	35,88	20	0,9	položka 1.8	18
1.A.03	DENNÍ MÍSTNOST	31,47	15	1,05	položka 1.12	15,75
1.A.04	OPENSPLACE	120,73	60	1	položka 1.2	60
1.A.05	WC Ž	5,12	5	0,7	položka 14.2	3,5
1.A.06	WC M	5,57	5	0,7	položka 14.2	3,5
1.A.07	ARCHIV	5,28	120	0,7	položka 1.6	84
1.A.08	ARCHIV	5,10	120	0,7	položka 1.6	84
1.A.09	KANCELÁŘ	33,12	40	1	položka 1.1	40
2.A.01	CHODBA	58,72	5	0,8	položka 1.10	4
2.A.02	KANCELÁŘ ŘEDITELE	48,47	40	1	položka 1.1	40
2.A.03	ZASEDACÍ MÍSTNOST	17,49	20	0,9	položka 1.8	18
2.A.04	OPENSPLACE	62,72	60	1	položka 1.2	60
2.A.05	WC Ž	5,12	5	0,7	položka 14.2	3,5
2.A.06	WC M	5,57	5	0,7	položka 14.2	3,5
2.A.07	ARCHIV	7,26	120	0,7	položka 1.6	84
2.A.09	KANCELÁŘ	35,15	40	1	položka 1.1	40
2.A.10	DENNÍ MÍSTNOST	35,63	15	1,05	položka 1.12	15,75
$\sum S_i =$		600,38	700		$\sum p_{ni} * a_{ni} =$	581,5

Stálé požární zatížení p_s [kg/m²]

*Hodnoty uvažovány pro PÚ
 s plochou 500 ≤ S < 1000m²

<input checked="" type="checkbox"/>	okna	hořlavé	1,5	kg/m ²
<input checked="" type="checkbox"/>	dveře	hořlavé	1	kg/m ²
<input type="checkbox"/>	podlahy	nehořlavé	0	kg/m ²
<input type="checkbox"/>	ostatní	nehořlavé	0	kg/m ²
$\sum p_s =$			2,5	kg/m ²

Součinitel rychlosti odhořívání a_s

a_s = 0,9 Dle ČSN 73 0802, čl. 6.4.1

Výsledné požární zatížení p

p = p_n + p_s

p = 35,502 kg/m²

Výsledný součinitel rychlosti odhořívání a

a = p_n*a_n+p_s*a_s/(p_n+p_s)

a = 0,831 -

OTVORY						
Otvor	šířka - b _o	výška - h _o		počet	plocha S _o	
LOP	37,00	6,00	m	1	222,00	m ²
Okna S	2,00	6,00	m	1	12,00	m ²
Okna J	2,00	6,00	m	1	12,00	m ²
		∅h _o =	6,00 m	∑ S _o =	246	m ²
POMOCNÉ HODNOTY:						
Součinitel n:		S _o /S =	0,410			
		h _o /h _s =	1			
		n =	0,410		- odvozeno pomocí lineární interpolace z tabulky D1 ČSN 73 0802	
Součinitel k:		k =	0,273		- odvozeno pomocí lineární interpolace z tabulky E 2 ČSN 73 0802	
VÝPOČET PARAMETRU ODVĚTRÁNÍ						
Součinitel b:	b = S*k/(S _o *v _{h_o})	b =	0,272			
Ověření dle ČSN 73 0802, čl. 6.5.6:			0,5 ≤ b ≤ 1,7			
NEVYHOVUJE			→	b =	0,5	-
Součinitel c	0,850	-	Dle tabulky 2 ČSN 73 0802			
VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZTÍŽENÍ POŽÁRNÍHO ÚSEKU						
Výpočtové požární zatížení p _v [kg/m ²]						
p _v = p*a*b*c		p _v =	12,538	kg/m ²		
Stupeň požární bezpečnosti SPB				I.		
- odvozeno z tabulky 8 ČSN 73 0802						

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.02 - II.
 6,40 m
 nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ					
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Nahodilé požární zatížení p _n [kg/m ²]	ČSN 73 0802; Tabulka A.1	p _n *S [kg]
1.H.12	HALA	415,60	60	položka 13.8.2	24936
		∑ S _i =	415,6		∑ p _{ni} *S _i = 24936

Stálé požární zatížení p_s [kg/m²]	<input checked="" type="checkbox"/>	okna	hořlavé	3	kg/m ²
*Hodnoty uvažovány pro PÚ s plochou S ≤ 500m ²	<input checked="" type="checkbox"/>	dveře	hořlavé	2	kg/m ²
	<input type="checkbox"/>	podlahy	nehořlavé	0	kg/m ²
	<input type="checkbox"/>	ostatní	nehořlavé	0	kg/m ²
				∑ p _s =	5 kg/m ²

Výsledné požární zatížení PÚ p [kg/m²]
 $p = \sum(p_{ni} \cdot S_i) / S_i + p_s$

p = 65,00 kg/m²

PLOCHA KONSTRUKCÍ S_k 1342,296 m²

VÝPOČET PARAMETRU ODVĚTRÁNÍ					
Otvor	šířka - b _o [m]	výška - h _o [m]	počet	plocha S _o	
Dveře	0,90	2,00	1	1,8	m ²
Vrata	4,00	3,00	2	24	m ²
		∅h _o [m] =	2,93	∑ S _o =	25,8 m ²
Parametr odvětrání F_o [m^{1/2}]					
$F_o = S_o \cdot h_o^{1/2} / S_k$		F_o = 0,028 m^{1/2}			
*Pro nepřímé větrání PÚ F _o = 0,005m ^{1/2} dle 6.4.3. ČSN 73 0804					

VÝPOČET EKVIVAENTNÍ DOBY TRVÁNÍ POŽÁRU					
Součinitel c [-]	0,85	ZOKT			
Součinitel k ₃ [-]	k ₃ = S _o /S	k ₃ =	3,230	-	
Ekvivalentní doba trvání požáru τ_e [min]					
$\tau_e = 2 \cdot p \cdot c / (k_3 \cdot F_o^{1/6})$		τ_e = 62,027 min			
Stupeň požární bezpečnosti SPB				II.	
- odvozeno z diagramu 2 ČSN 73 0804					

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.03 - II.
 6,40 m
 nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ						
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Nahodilé požární zatížení p _n [kg/m ²]	ČSN 73 0802; Tabulka A.1	p _n *S [kg]	
1.H.02	OPERÁTOR	14,59	40	položka 1.1	583,6	
1.H.03	DENNÍ MÍSTNOST	24,52	15	položka 1.12	367,8	
1.H.04	ŠATNY Ž	19,72	15	položka 14.1 a)	295,8	
1.H.05	WC Ž	3,58	5	položka 14.2	17,9	
1.H.06	ŠATNY M	18,88	15	položka 14.1 a)	283,2	
1.H.07	WC M	3,73	5	položka 14.2	18,65	
1.H.08	TECHNICKÁ MÍSTNOST - KOTELNA	19,33	15	položka 15.10 c)	289,95	
1.H.09	CENTRÁLA TISKU	24,37	40	položka 1.1	974,8	
1.H.12	HALA	851,47	60	položka 13.8.2	51088,2	
		∑ S _i =	980,19		∑ p _{ni} *S _i =	53919,9

Stálé požární zatížení p_s [kg/m²]

*Hodnoty uvažovány pro PÚ s plochou 500 ≤ S < 1000m²

<input checked="" type="checkbox"/>	okna	hořlavé	1,5	kg/m ²
<input checked="" type="checkbox"/>	dveře	hořlavé	1	kg/m ²
<input type="checkbox"/>	podlahy	nehořlavé	0	kg/m ²
<input type="checkbox"/>	ostatní	nehořlavé	0	kg/m ²
			∑ p _s =	2,5 kg/m ²

Výsledné požární zatížení PÚ p [kg/m²]

$$p = \sum(p_{ni} * S_i) / S_i + p_s$$

p = 57,51 kg/m²

PLOCHA KONSTRUKCÍ S_k

2759,248 m²

VÝPOČET PARAMETRU ODVĚTRÁNÍ					
Otvor	šířka - b _o [m]	výška - h _o [m]	počet	plocha S _o	
Okna S	2,00	1,00	13	26	m ²
Dveře S	1,80	2,50	1	4,5	m ²
Okna J	2,00	1,00	8	16	m ²
		∅h _o [m] =	1,15	∑ S _o =	46,5 m ²
Parametr odvětrání F_o [m^{1/2}]					
F _o = S _o *h _o ^{1/2} /S _k			F _o =	0,010	m ^{1/2}
*Pro nepřímou větrání PÚ F _o = 0,005m ^{1/2} dle 6.4.3. ČSN 73 0804					
VÝPOČET EKVIVAENTNÍ DOBY TRVÁNÍ POŽÁRU					
Součinitel c [-]	0,85	ZOKT			
Součinitel k ₃ [-]	k ₃ = S _o /S	k ₃ =	2,815	-	
Ekvivalentní doba trvání požáru τ_e [min]					
τ _e = 2*p*c/(k ₃ *F _o ^{1/6})			τ _e =	75,271	min
Stupeň požární bezpečnosti SPB				II.	
- odvozeno z diagramu 2 ČSN 73 0804					

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.04 - II.
 3,20 m
 nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ					
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Nahodilé požární zatížení p _n [kg/m ²]	ČSN 73 0802; Tabulka A.1	p _n *S [kg]
1.H.10	TECHNICKÁ MÍSTNOST - UPS	20,02	10	položka 15.6 a)	200,2
		∑ S _i =	20,02		∑ p _{ni} *S _i = 200,2

Stálé požární zatížení p _s [kg/m ²] *Hodnoty uvažovány pro PÚ s plochou S ≤ 500m ²	<input checked="" type="checkbox"/>	okna	hořlavé	3	kg/m ²
	<input checked="" type="checkbox"/>	dveře	hořlavé	2	kg/m ²
	<input type="checkbox"/>	podlahy	nehořlavé	0	kg/m ²
	<input type="checkbox"/>	ostatní	nehořlavé	0	kg/m ²
					∑ p _s =	5 kg/m^{2}

Výsledné požární zatížení PÚ p [kg/m²]
 $p = \sum(p_{ni} * S_i) / S_i + p_s$

p =	15,00	kg/m ²
-----	-------	-------------------

PLOCHA KONSTRUKCÍ S_k 101,24 m²

VÝPOČET PARAMETRU ODVĚTRÁNÍ					
Otvor	šířka - b _o [m]	výška - h _o [m]	počet	plocha S _o	
Okna J	2	1	1	2	m ²
		∅h _o [m] =	1,00	∑ S _o =	2 m ²
Parametr odvětrání F_o [m^{1/2}]					
		F _o = S _o *h _o ^{1/2} /S _k	F _o =	0,010	m ^{1/2}
*Pro nepřímé větrání PÚ F _o = 0,005m ^{1/2} dle 6.4.3. ČSN 73 0804					
VÝPOČET EKVIVAENTNÍ DOBY TRVÁNÍ POŽÁRU					
Součinitel c [-]	1				
Součinitel k ₃ [-]	k ₃ = S _o /S	k ₃ =	5,057	-	
Ekvivalentní doba trvání požáru τ_e [min]					
		τ _e = 2*p*c/(k ₃ *F _o ^{1/6})	τ _e =	25,000	min
Stupeň požární bezpečnosti SPB				II.	
- hodnota τ _e a SPB stanoveno dle ČSN 73 0804, tabulky G.1, pol. 6					

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.05 - II.
 3,20 m
 nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ					
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Nahodilé požární zatížení p _n [kg/m ²]	ČSN 73 0802; Tabulka A.1	p _n *S [kg]
1.H.11	TECHNICKÁ MÍSTNOST - EPS	24,16	30	položka 1.13.1	724,8
		∑ S _i =	24,16		∑ p _{ni} *S _i = 724,8

Stálé požární zatížení p _s [kg/m ²] *Hodnoty uvažovány pro PÚ s plochou S ≤ 500m ²	<input checked="" type="checkbox"/>	okna	hořlavé	3	kg/m ²
	<input checked="" type="checkbox"/>	dveře	hořlavé	2	kg/m ²
	<input type="checkbox"/>	podlahy	nehořlavé	0	kg/m ²
	<input type="checkbox"/>	ostatní	nehořlavé	0	kg/m ²
					∑ p _s =	5 kg/m^{2}

Výsledné požární zatížení PÚ p [kg/m²]
 $p = \sum(p_{ni} * S_i) / S_i + p_s$

p =	35,00	kg/m ²
-----	-------	-------------------

PLOCHA KONSTRUKCÍ S_k 110,32 m²

VÝPOČET PARAMETRU ODVĚTRÁNÍ					
Otvor	šířka - b _o [m]	výška - h _o [m]	počet	plocha S _o	
Okna J	2	1	1	2	m ²
		∅h _o [m] =	1,00	∑ S _o =	2 m ²
Parametr odvětrání F_o [m^{1/2}]					
		F _o = S _o *h _o ^{1/2} /S _k	F _o =	0,009	m ^{1/2}
*Pro nepřímou větrání PÚ F _o = 0,005m ^{1/2} dle 6.4.3. ČSN 73 0804					
VÝPOČET EKVIVAENTNÍ DOBY TRVÁNÍ POŽÁRU					
Součinitel c [-]	1				
Součinitel k ₃ [-]	k ₃ = S _o /S	k ₃ =	4,566	-	
Ekvivalentní doba trvání požáru τ_e [min]					
		τ _e = 2*p*c/(k ₃ *F _o ^{1/6})	τ _e =	33,572	min
Stupeň požární bezpečnosti SPB				II.	
- odvozeno z diagramu 2 ČSN 73 0804					

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.06 - II.
 3,20 m
 nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ					
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Nahodilé požární zatížení p _n [kg/m ²]	ČSN 73 0802; Tabulka A.1	p _n *S [kg]
1.H.13	SKLAD	56,73	50	položka 13.8.5 a)	2836,5
1.H.14	SKLAD	56,98	50	položka 13.8.5 a)	2849
		∑ S _i =	113,71		∑ p _{ni} *S _i = 5685,5

Stálé požární zatížení p_s [kg/m²]

*Hodnoty uvažovány pro PÚ
 s plochou S ≤ 500m²

<input checked="" type="checkbox"/>	okna	hořlavé	3	kg/m ²
<input checked="" type="checkbox"/>	dveře	hořlavé	2	kg/m ²
<input type="checkbox"/>	podlahy	nehořlavé	0	kg/m ²
<input type="checkbox"/>	ostatní	nehořlavé	0	kg/m ²
			∑ p _s =	5 kg/m ²

Výsledné požární zatížení PÚ p [kg/m²]

$$p = \sum(p_{ni} * S_i) / S_i + p_s$$

p = 55,00 kg/m²

PLOCHA KONSTRUKCÍ S_k

372,508 m²

VÝPOČET PARAMETRU ODVĚTRÁNÍ					
Otvor	šířka - b _o [m]	výška - h _o [m]	počet	plocha S _o	
Okna S	2	1	6	12	m ²
		∅h _o [m] =	1,00	∑ S _o =	12 m ²
Parametr odvětrání F_o [m^{1/2}]					
		F _o = S _o *h _o ^{1/2} /S _k	F _o =	0,016	m ^{1/2}
*Pro nepřímou větrání PÚ F _o = 0,005m ^{1/2} dle 6.4.3. ČSN 73 0804					
VÝPOČET EKVIVAENTNÍ DOBY TRVÁNÍ POŽÁRU					
Součinitel c [-]	1				
Součinitel k ₃ [-]	k ₃ = S _o /S	k ₃ =	3,276	-	
Ekvivalentní doba trvání požáru τ_e [min]					
		τ _e = 2*p*c/(k ₃ *F _o ^{1/6})	τ _e =	66,817	min
Stupeň požární bezpečnosti SPB				II.	
- odvozeno z diagramu 2 ČSN 73 0804					

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N02.01 - I.
 3,20 m
 nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ					
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Nahodilé požární zatížení p _n [kg/m ²]	ČSN 73 0802; Tabulka A.1	p _n *S [kg]
2.A.08	SERVER	5,10	30	položka 1.13.1.	153
		∑ S _i =	5,1		∑ p _{ni} *S _i = 153

Stálé požární zatížení p_s [kg/m²]

*Hodnoty uvažovány pro PÚ
 s plochou S ≤ 500m²

<input checked="" type="checkbox"/>	okna	hořlavé	3	kg/m ²
<input checked="" type="checkbox"/>	dveře	hořlavé	2	kg/m ²
<input type="checkbox"/>	podlahy	nehořlavé	0	kg/m ²
<input type="checkbox"/>	ostatní	nehořlavé	0	kg/m ²
			∑ p _s =	5 kg/m ²

Výsledné požární zatížení PÚ p [kg/m²]

$$p = \sum(p_{ni} * S_i) / S_i + p_s$$

p = 35,00 kg/m²

PLOCHA KONSTRUKCÍ S_k

40,888 m²

VÝPOČET PARAMETRU ODVĚTRÁNÍ					
Otvor	šířka - b _o [m]	výška - h _o [m]	počet	plocha S _o	
-	-	-	-	-	m ²
		∅h _o [m] =	-	∑ S _o =	0 m ²
Parametr odvětrání F_o [m^{1/2}]					
		F _o = S _o *h _o ^{1/2} /S _k	F _o =	0,005	m ^{1/2}
*Pro nepřímé větrání PÚ F _o = 0,005m ^{1/2} dle 6.4.3. ČSN 73 0804					
VÝPOČET EKVALENTNÍ DOBY TRVÁNÍ POŽÁRU					
Součinitel c [-]	1				
Součinitel k ₃ [-]	k ₃ = S _o /S	k ₃ =	8,017	-	
Ekvivalentní doba trvání požáru τ_e [min]					
		τ _e = 2*p*c/(k ₃ *F _o ^{1/6})	τ _e =	21,114	min
Stupeň požární bezpečnosti SPB				I.	
- odvozeno z diagramu 2 ČSN 73 0804					

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.07/N02 - II.
6,40 m
nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ					
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Nahodilé požární zatížení p _n [kg/m ²]	ČSN 73 0802; Tabulka A.1	p _n *S [kg]
-	ŠACHTA	1,15	-	-	-
		∑ S _i =	1,15		∑ p _{ni} *S _i = 0

Stálé požární zatížení p_s [kg/m²]

*Hodnoty uvažovány pro PÚ
s plochou S ≤ 500m²

<input type="checkbox"/>	okna	hořlavé	0	kg/m ²
<input type="checkbox"/>	dveře	hořlavé	0	kg/m ²
<input type="checkbox"/>	podlahy	nehořlavé	0	kg/m ²
<input type="checkbox"/>	ostatní	nehořlavé	0	kg/m ²
			∑ p _s =	0 kg/m ²

Výsledné požární zatížení PÚ p [kg/m²]

$$p = \sum(p_{ni} * S_i) / S_i + p_s$$

p = - kg/m²

PLOCHA KONSTRUKCÍ S_k

47,868 m²

VÝPOČET PARAMETRU ODVĚTRÁNÍ				
Otvor	šířka - b _o [m]	výška - h _o [m]	počet	plocha S _o
-	-	-	-	- m ²
		∅h _o [m] =	-	∑ S _o = 0 m ²
Parametr odvětrání F_o [m^{1/2}]				
		F _o = S _o *h _o ^{1/2} /S _k	F _o =	0,005 m ^{1/2}
*Pro nepřímé větrání PÚ F _o = 0,005m ^{1/2} dle 6.4.3. ČSN 73 0804				

VÝPOČET EKVIVAENTNÍ DOBY TRVÁNÍ POŽÁRU				
Součinitel c [-]	1			
Součinitel k ₃ [-]	k ₃ = S _o /S	k ₃ =	41,624	-
Ekvivalentní doba trvání požáru τ_e [min]				
		τ _e = 2*p*c/(k ₃ *F _o ^{1/6})	τ _e =	30,000 min
Stupeň požární bezpečnosti SPB				II.
- hodnota τ _e a SPB stanoveno dle ČSN 73 0804, tabulky G.1, pol. 3c				



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

**Vliv větrání na požární odolnost ocelové konstrukce výrobní
haly ETIS v Bratislavě**

Effect of ventilation on the steel structure fire resistance of ETIS
production hall in Bratislava

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Příloha B.II – VÝPOČTOVÉ ZHODNOCENÍ
MEZNÍCH ROZMĚRŮ PŮ**

Vypracovala: Aneta Teplá

Praha 2023

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.01/N02 - I.
 6,40 m
 nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ						
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Nahodilé požární zatížení p _n [kg/m ²]	Součinitel rychlosti odhořívání a _n [-]	ČSN 73 0802; Tabulka A.1	p _n *a _n [kg/m ²]
1.A.01	ATRIUM	81,98	5	0,8	položka 1.10	4
1.A.02	ZASEDACÍ MÍSTNOST	35,88	20	0,9	položka 1.8	18
1.A.03	DENNÍ MÍSTNOST	31,47	15	1,05	položka 1.12	15,75
1.A.04	OPENSPLACE	120,73	60	1	položka 1.2	60
1.A.05	WC Ž	5,12	5	0,7	položka 14.2	3,5
1.A.06	WC M	5,57	5	0,7	položka 14.2	3,5
1.A.07	ARCHIV	5,28	120	0,7	položka 1.6	84
1.A.08	ARCHIV	5,10	120	0,7	položka 1.6	84
1.A.09	KANCELÁŘ	33,12	40	1	položka 1.1	40
2.A.01	CHODBA	58,72	5	0,8	položka 1.10	4
2.A.02	KANCELÁŘ ŘEDITELE	48,47	40	1	položka 1.1	40
2.A.03	ZASEDACÍ MÍSTNOST	17,49	20	0,9	položka 1.8	18
2.A.04	OPENSPLACE	62,72	60	1	položka 1.2	60
2.A.05	WC Ž	5,12	5	0,7	položka 14.2	3,5
2.A.06	WC M	5,57	5	0,7	položka 14.2	3,5
2.A.07	ARCHIV	7,26	120	0,7	položka 1.6	84
2.A.09	KANCELÁŘ	35,15	40	1	položka 1.1	40
2.A.10	DENNÍ MÍSTNOST	35,63	15	1,05	položka 1.12	15,75
$\sum S_i =$		600,38	700		$\sum p_{ni} * a_{ni} =$	581,5

Výsledný součinitel rychlosti odhořívání a

a = 0,831 -

Výpočtové požární zatížení p_v [kg/m²]

p_v = 12,539 kg/m²

OVĚŘENÍ MEZNÍ VELIKOSTI POŽÁRNÍHO ÚSEKU				
dle lineární interpolace z tabulky 9 ČSN 73 0802				
skutečná délka	57	m		
skutečná šířka	37,5	m		
max délka	75,175	m		VYHOVUJE
max šířka	46,76	m		VYHOVUJE
OVĚŘENÍ MEZNÍ PODLAŽNOSTI POŽÁRNÍHO ÚSEKU				
z ₁ = 180/p _v ≥ 1	dle ČSN 73 0802, čl. 7.3.2			
z ₁ =	14,36	≈	14	VYHOVUJE

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.02 - II.
6,40 m
nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ								
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Pravděp. vzniku a rozšíření požáru p ₁	Pravděp. rozsahu škod p ₂	ČSN 73 0804; Tabulka E.1	p ₁ *S [m ²]	p ₂ *S [m ²]	c
1.H.12	HALA	415,60	1,4	0,08	položka 8.8	581,84	33,248	
		Σ S _i = 415,6				581,84	33,25	0,85
PRAVDĚP. VZNIKU A ROZŠÍŘENÍ POŽÁRU A PRAVDĚP. ROZSAHU ŠKOD PRO CELÝ PŮ								
		$p_1 = \sum p_{1,i} * S_i / S$	$p_1 = 1,400$					
		$P_1 = c * p_1$	$P_1 = 1,190$					
		P₁ ≥ 0,11	VYHOVUJE			Podmínka stanovena dle ČSN 73 0804, čl. 7.1.1		
		$p_2 = \sum p_{2,i} * S_i / S$	$p_2 = 0,080$					
		$k_5 = n_p^{1/2}$						
		$k_5 = 1,414$	- Součinitel podlažnosti dle ČSN 73 0804, tabulka 6					
		$k_6 = 1$	- Součinitel hořlavosti hmot v KS dle ČSN 73 0804, čl. 7.3.2					
		$k_7 = 2$	- Součinitel následných škod dle ČSN 73 0804, čl. 7.4.1 a 7.4.2					
		$P_2 = p_2 * S * k_5 * k_6 * k_7$	$P_2 = 94,040$					
OVĚŘENÍ MEZNÍ PLOCHY PŮ								
		$P_{2,max} \leq (5 * 10^4 / (P_1 - 0,1))^{2/3}$	$P_{2,max} = 1281,43$					
		$S_{max} = P_{2,max} / (p_2 * k_5 * k_6 * k_7)$	$S_{max} = 5663,18 \text{ m}^2$					
		S_{max} ≥ S	VYHOVUJE					

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.03 - II.
 6,40 m
 nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ									
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Pravděp. vzniku a rozšíření požáru p ₁	Pravděp. rozsahu škod p ₂	ČSN 73 0804; Tabulka E.1	p ₁ *S [m ²]	p ₂ *S [m ²]	c	
1.H.02	OPERÁTOR	14,59	1,4	0,07	položka 8.4	20,426	1,0213		
1.H.03	DENNÍ MÍSTNOST	24,52	1,4	0,03	položka 8.8	34,328	0,7356		
1.H.04	ŠATNY Ž	19,72	1	0,025	položka 8.2	19,72	0,493		
1.H.05	WC Ž	3,58	0,4	0,01	položka 8.1	1,432	0,0358		
1.H.06	ŠATNY M	18,88	1	0,025	položka 8.2	18,88	0,472		
1.H.07	WC M	3,73	0,4	0,01	položka 8.1	1,492	0,0373		
1.H.08	TECHNICKÁ MÍSTNOST - KOTELNA	19,33	1,4	0,055	položka 8.7	27,062	1,06315		
1.H.09	CENTRÁLA TISKU	24,37	1,4	0,03	položka 8.4	34,118	0,7311		
1.H.12	HALA	851,47	1,4	0,08	položka 8.8	1192,06	68,1176		
$\sum S_i =$						980,19			
						1349,52	72,71	0,85	

PRAVDĚP. VZNIKU A ROZŠÍŘENÍ POŽÁRU A PRAVDĚP. ROZSAHU ŠKOD PRO CELÝ PŮ			
$p_1 = \sum p_{1,i} * S_i / S$	$p_1 =$	1,377	
$P_1 = c * p_1$	$P_1 =$	1,170	
$P_1 \geq 0,11$	VYHOVUJE	Podmínka stanovena dle ČSN 73 0804, čl. 7.1.1	
$p_2 = \sum p_{2,i} * S_i / S$	$p_2 =$	0,074	
$k_5 = n_p^{1/2}$	$k_5 =$	1,414	- Součinitel podlažnosti dle ČSN 73 0804, tabulka 6
	$k_6 =$	1	- Součinitel hořlavosti hmot v KS dle ČSN 73 0804, čl. 7.3.2
	$k_7 =$	2	- Součinitel následných škod dle ČSN 73 0804, čl. 7.4.1 a 7.4.2
$P_2 = p_2 * S * k_5 * k_6 * k_7$	$P_2 =$	205,646	
OVĚŘENÍ MEZNÍ PLOCHY PŮ			
$P_{2,max} \leq (5 * 10^4 / (P_1 - 0,1))^{2/3}$	$P_{2,max} =$	1297,13	
$S_{max} = P_{2,max} / (p_2 * k_5 * k_6 * k_7)$	$S_{max} =$	6182,64	m ²
$S_{max} \geq S$	VYHOVUJE		

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.04 - II.
 3,20 m
 nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ								
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Pravděp. vzniku a rozšíření požáru P ₁	Pravděp. rozsahu škod P ₂	ČSN 73 0804; Tabulka E.1	P ₁ *S [m ²]	P ₂ *S [m ²]	c
1.H.10	TECHNICKÁ MÍSTNOST - UPS	20,02	1,4	0,15	položka 5.29	28,028	3,003	
		Σ S _i = 20,02				28,03	3,00	1

PRAVDĚP. VZNIKU A ROZŠÍŘENÍ POŽÁRU A PRAVDĚP. ROZSAHU ŠKOD PRO CELÝ PŮ			
$p_1 = \sum p_{1,i} * S_i / S$	$p_1 =$	1,400	
$P_1 = c * p_1$	$P_1 =$	1,400	
P₁ ≥ 0,11	VYHOVUJE	Podmínka stanovena dle ČSN 73 0804, čl. 7.1.1	
$p_2 = \sum p_{2,i} * S_i / S$	$p_2 =$	0,150	
$k_5 = n_p^{1/2}$	$k_5 =$	1,414	- Součinitel podlažnosti dle ČSN 73 0804, tabulka 6
	$k_6 =$	1	- Součinitel hořlavosti hmot v KS dle ČSN 73 0804, čl. 7.3.2
	$k_7 =$	2	- Součinitel následných škod dle ČSN 73 0804, čl. 7.4.1 a 7.4.2
$P_2 = p_2 * S * k_5 * k_6 * k_7$	$P_2 =$	8,494	
OVĚŘENÍ MEZNÍ PLOCHY PŮ			
$P_{2,max} \leq (5 * 10^4 / (P_1 - 0,1))^{2/3}$	$P_{2,max} =$	1139,42	
$S_{max} = P_{2,max} / (p_2 * k_5 * k_6 * k_7)$	$S_{max} =$	2685,64 m ²	
S_{max} ≥ S	VYHOVUJE		

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.05 - II.
3,20 m
nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ								
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Pravděp. vzniku a rozšíření požáru p ₁	Pravděp. rozsahu škod p ₂	ČSN 73 0804; Tabulka E.1	p ₁ *S [m ²]	p ₂ *S [m ²]	c
1.H.11	TECHNICKÁ MÍSTNOST - EPS	24,16	1,4	0,15	položka 5.29	33,824	3,624	
		Σ S _i = 24,16				33,82	3,62	1

PRAVDĚP. VZNIKU A ROZŠÍŘENÍ POŽÁRU A PRAVDĚP. ROZSAHU ŠKOD PRO CELÝ PŮ			
$p_1 = \sum p_{1,i} * S_i / S$	$p_1 =$	1,400	
$P_1 = c * p_1$	$P_1 =$	1,400	
P₁ ≥ 0,11	VYHOVUJE	Podmínka stanovena dle ČSN 73 0804, čl. 7.1.1	
$p_2 = \sum p_{2,i} * S_i / S$	$p_2 =$	0,150	
$k_5 = n_p^{1/2}$	$k_5 =$	1,414	- Součinitel podlažnosti dle ČSN 73 0804, tabulka 6
	$k_6 =$	1	- Součinitel hořlavosti hmot v KS dle ČSN 73 0804, čl. 7.3.2
	$k_7 =$	2	- Součinitel následných škod dle ČSN 73 0804, čl. 7.4.1 a 7.4.2
$P_2 = p_2 * S * k_5 * k_6 * k_7$	$P_2 =$	10,250	
OVĚŘENÍ MEZNÍ PLOCHY PŮ			
$P_{2,max} \leq (5 * 10^4 / (P_1 - 0,1))^{2/3}$	$P_{2,max} =$	1139,42	
$S_{max} = P_{2,max} / (p_2 * k_5 * k_6 * k_7)$	$S_{max} =$	2685,64 m ²	
S_{max} ≥ S	VYHOVUJE		

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.06 - II.
 3,20 m
 nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ								
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Pravděp. vzniku a rozšíření požáru p ₁	Pravděp. rozsahu škod p ₂	ČSN 73 0804; Tabulka E.1	p ₁ *S [m ²]	p ₂ *S [m ²]	c
1.H.13	SKLAD	56,73	1,4	0,09	položka 5.34	79,422	5,1057	
1.H.14	SKLAD	56,98	1	0,06	položka 4.13	56,98	3,4188	
		Σ S _i = 113,71				136,40	8,52	1

PRAVDĚP. VZNIKU A ROZŠÍŘENÍ POŽÁRU A PRAVDĚP. ROZSAHU ŠKOD PRO CELÝ PŮ			
$p_1 = \sum p_{1,i} * S_i / S$	$p_1 =$	1,200	
$P_1 = c * p_1$	$P_1 =$	1,200	
P₁ ≥ 0,11	VYHOVUJE	Podmínka stanovena dle ČSN 73 0804, čl. 7.1.1	
$p_2 = \sum p_{2,i} * S_i / S$	$p_2 =$	0,075	
$k_5 = n_p^{1/2}$	$k_5 =$	1,414	- Součinitel podlažnosti dle ČSN 73 0804, tabulka 6
	$k_6 =$	1	- Součinitel hořlavosti hmot v KS dle ČSN 73 0804, čl. 7.3.2
	$k_7 =$	2	- Součinitel následných škod dle ČSN 73 0804, čl. 7.4.1 a 7.4.2
$P_2 = p_2 * S * k_5 * k_6 * k_7$	$P_2 =$	24,111	
OVĚŘENÍ MEZNÍ PLOCHY PŮ			
$P_{2,max} \leq (5 * 10^4 / (P_1 - 0,1))^{2/3}$	$P_{2,max} =$	1273,99	
$S_{max} = P_{2,max} / (p_2 * k_5 * k_6 * k_7)$	$S_{max} =$	6008,31	m ²
S_{max} ≥ S	VYHOVUJE		

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N02.01 - I.
3,20 m
nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ								
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Pravděp. vzniku a rozšíření požáru P ₁	Pravděp. rozsahu škod P ₂	ČSN 73 0804; Tabulka E.1	P ₁ *S [m ²]	P ₂ *S [m ²]	c
2.A.08	SERVER	5,10	1,4	0,15	položka 5.29	7,14	0,765	
		Σ S _i = 5,1				7,14	0,77	1

PRAVDĚPODOBNOST VZNIKU A ROZŠÍŘENÍ POŽÁRU A PRAVDĚPODOBNOST ROZSAHU ŠKOD PRO CELÝ P		
$p_1 = \sum p_{1,i} * S_i / S$	$p_1 =$	1,400
$P_1 = c * p_1$	$P_1 =$	1,400
P₁ ≥ 0,11	VYHOVUJE	Podmínka stanovena dle ČSN 73 0804, čl. 7.1.1
$p_2 = \sum p_{2,i} * S_i / S$	$p_2 =$	0,150
$k_5 = n_p^{1/2}$	$k_5 =$	1,414 - Součinitel podlažnosti dle ČSN 73 0804, tabulka 6
	$k_6 =$	1 - Součinitel hořlavosti hmot v KS dle ČSN 73 0804, čl. 7.3.2
	$k_7 =$	2 - Součinitel následných škod dle ČSN 73 0804, čl. 7.4.1 a 7.4.2
$P_2 = p_2 * S * k_5 * k_6 * k_7$	$P_2 =$	2,164
OVĚŘENÍ MEZNÍ PLOCHY PÚ		
$P_{2,max} \leq (5 * 10^4 / (P_1 - 0,1))^{2/3}$	$P_{2,max} =$	1139,42
$S_{max} = P_{2,max} / (p_2 * k_5 * k_6 * k_7)$	$S_{max} =$	2685,64 m ²
S_{max} ≥ S	VYHOVUJE	

POŽÁRNÍ ÚSEK
KONSTRUKČNÍ VÝŠKA
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

N01.07/N02 - II.
6,40 m
nehořlavý

VÝPOČET POŽÁRNÍHO ZATÍŽENÍ								
Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha S [m ²]	Pravděp. vzniku a rozšíření požáru P ₁	Pravděp. rozsahu škod P ₂	ČSN 73 0804; Tabulka E.1	p ₁ *S [m ²]	p ₂ *S [m ²]	c
-	ŠACHTA	1,15	1,4	0,07	položka 5.30	1,61	0,0805	
		Σ S _i = 1,15				1,61	0,08	1

PRAVDĚPODOBNOST VZNIKU A ROZŠÍŘENÍ POŽÁRU A PRAVDĚPODOBNOST ROZSAHU ŠKOD PRO CELÝ P		
$p_1 = \sum p_{1,i} * S_i / S$	$p_1 = 1,400$	
$P_1 = c * p_1$	$P_1 = 1,400$	
P₁ ≥ 0,11	VYHOVUJE	Podmínka stanovena dle ČSN 73 0804, čl. 7.1.1
$p_2 = \sum p_{2,i} * S_i / S$	$p_2 = 0,070$	
$k_5 = n_p^{1/2}$	$k_5 = 1,414$	- Součinitel podlažnosti dle ČSN 73 0804, tabulka 6
	$k_6 = 1$	- Součinitel hořlavosti hmot v KS dle ČSN 73 0804, čl. 7.3.2
	$k_7 = 2$	- Součinitel následných škod dle ČSN 73 0804, čl. 7.4.1 a 7.4.2
$P_2 = p_2 * S * k_5 * k_6 * k_7$	$P_2 = 0,228$	
OVĚŘENÍ MEZNÍ PLOCHY PÚ		
$P_{2,max} \leq (5 * 10^4 / (P_1 - 0,1))^{2/3}$	$P_{2,max} = 1139,42$	
$S_{max} = P_{2,max} / (p_2 * k_5 * k_6 * k_7)$	$S_{max} = 5754,95 \text{ m}^2$	
S_{max} ≥ S	VYHOVUJE	