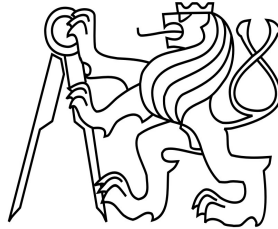


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Integrovaná bezpečnost staveb

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

### **VÝVOJ VÝPOČETNÍHO NÁSTROJE PRO STANOVENÍ POŽÁRNÍHO RIZIKA VE VÝROBNÍCH OBJEKTECH**

DEVELOPMENT OF A CALCULATION TOOL FOR DETERMINATION OF FIRE RISK  
IN INDUSTRIAL BUILDINGS

**Bc. Jan Musil**

vedoucí práce: Ing. Radek Štefan, Ph.D.

odborný konzultant: Ing. Martin Benýšek

Praha, leden 2019



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Musil	Jméno: Jan	Osobní číslo: 423677
Zadávací katedra: Katedra betonových a zděných konstrukcí		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Integrální bezpečnost staveb		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vývoj výpočetního nástroje pro stanovení požárního rizika ve výrobních objektech	
Název diplomové práce anglicky: Development of a Calculation Tool for Determination of Fire Risk in Industrial Buildings	
Pokyny pro vypracování: Rešerše literatury. Popis výpočetních postupů. Algoritmizace problému a tvorba vývojových diagramů. Vytvoření výpočetního nástroje. Popis výpočetního nástroje. Vzorové a verifikační příklady. Rámcové porovnání přístupu k požárnímu riziku v zahraničí.	
Seznam doporučené literatury: REICHEL, Vladimír. Zabraňujeme škodám - Navrhování požární bezpečnosti výrobních objektů. První vydání. Praha: SNTL, 1987. BRADÁČOVÁ, Isabela. Požární bezpečnost staveb II: výrobní objekty. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. Spektrum. Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb ČSN 73 0804. Požární bezpečnost staveb - Výrobní objekty. První vydání. Praha: ÚNMZ, 2010. Kodex norem NFPA a jiné zahraniční normy	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Radek Štefan, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 10. 10. 2018	Termín odevzdání diplomové práce: 6. 1. 2019 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.*

10.10.2018	Podpis studenta(ky)
Datum převzetí zadání	

---

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 7.1.2019

.....

Bc. Jan Musil

---

---

## Poděkování

Rád bych poděkoval celé své rodině, která mi poskytla ideální zázemí pro studium a vypracování této diplomové práce. Po celou dobu při mně stáli a podporovali mě v tom, co dělám.

Dále bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Radku Štefanovi, Ph.D. a v neposlední řadě také mému odbornému konzultantovi Ing. Martinu Benýškovi, který mi poskytl cenné odborné rady a díky němu mohl vzniknout podklad pro jednu z kapitol této diplomové práce.

---



---

# Obsah

Abstrakt .....	VII
Abstract .....	VIII
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	IX
<b>1 Úvod .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivace.....	1
1.2 Struktura.....	1
<b>2 Současný stav poznání .....</b>	<b>2</b>
2.1 Požární bezpečnost výrobních objektů .....	2
2.2 Základní pojmy .....	2
2.3 Stanovení požárního rizika.....	3
2.4 Ekvivalentní doba trvání požáru $\tau_e$ .....	6
2.4.1 Nahodilé a stálé požární zatížení .....	7
2.4.2 Stanovení součinitele $c$ .....	8
2.4.3 Parametr odvětrání $F_o$ .....	8
2.4.4 Stanovení součinitele $k_3$ .....	9
2.5 Pravděpodobná doba trvání požáru $\tau$ a $\tau m$ .....	10
2.5.1 Průměrné požární zatížení.....	11
2.5.2 Rychlost odhořívání látek .....	11
2.6 Místně soustředěné požární zatížení .....	12
2.7 Přepočtové parametry odvětrání $F_1$ a $F_2$ .....	13
2.7.1 Součinitel vlivu tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí $k_4$ .....	14
2.8 Ekvivalentní doba trvání požáru pro průměrné požární zatížení $\tau e$ a místně soustředěné požární zatížení $\tau em$ .....	15
2.9 Stanovení stupně požární bezpečnosti .....	16
2.9.1 Součinitel bezpečnosti $k_8$ .....	16
2.9.2 Vymezená část požárního úseku .....	17
2.10 Ekonomické riziko .....	18
2.10.1 Index pravděpodobnosti vzniku a rozšíření požáru $P_1$ .....	18
2.10.2 Index pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem $P_2$ .....	19
2.10.3 Mezní velikost požárních úseků .....	19
<b>3 Vývoj a popis výpočetního nástroje.....</b>	<b>22</b>
3.1 Prozkoumání trhu .....	22
3.1.1 WINFIRE OFFICE 04 .....	22
3.1.2 NX804-PRO .....	25
3.2 Vývojové diagramy .....	27
3.2.1 Základní vývojový diagram .....	27
3.2.2 Hlavní vývojový diagram.....	28
3.3 Programovací jazyk.....	28
3.3.1 Programové prostředí MATLAB .....	28
3.3.2 Webová aplikace .....	28
3.4 Popis programu .....	30

---

3.4.1	Zjednodušená metoda .....	31
3.4.2	Podrobný výpočet .....	34
3.4.3	Místně soustředěné požární zatížení .....	38
<b>4</b>	<b>Verifikace a validace .....</b>	<b>39</b>
4.1	Vzorový příklad .....	39
4.1.1	Zadání.....	39
4.2	Výpočet webovou aplikací.....	40
4.2.1	Zjednodušená metoda .....	40
4.2.2	Podrobný výpočet .....	43
4.2.3	Místně soustředěné zatížení .....	44
4.3	Výpočet pomocí WINFIRE OFFICE 04.....	46
4.4	Porovnání výsledků.....	50
<b>5</b>	<b>Rámcové porovnání přístupu k požárnímu riziku v zahraničí.....</b>	<b>53</b>
5.1	Přístup k požárnímu riziku v USA (NFPA) .....	53
5.1.1	Typy stavebních konstrukcí .....	53
5.2	Přístup k požárnímu riziku v dalších zemích .....	56
5.2.1	Vzorový příklad uvedený ve formuláři .....	56
5.2.2	Rozdíly v požadavcích dle jednotlivých států.....	57
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>59</b>
	<b>Příloha A – Vývojové diagramy .....</b>	<b>61</b>
	<b>Příloha B – Požární riziko v zahraničí.....</b>	<b>64</b>
	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>74</b>
	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>76</b>
	<b>Literatura .....</b>	<b>77</b>

---

## Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na požární riziko ve výrobních objektech ve vazbě na požární bezpečnost staveb dle ČSN 73 0804 [1] a rámcový pohled na požární riziko v zahraničí.

Hlavním cílem této práce bylo vytvořit výpočetní nástroj pro stanovení požárního rizika ve výrobních objektech, který bude mít uživatelsky přívětivé prostředí a zefektivní práci.

Práce je rozdělena do několika částí. V první části je popsána samotná teorie a postupy pro stanovení požárního rizika ve výrobních objektech řešených dle ČSN 73 0804 [1]. Popsány byly všechny potřebné rovnice a parametry, se kterými výpočetní nástroj pracuje.

V praktické části je nejprve popsán vývoj výpočetního nástroje. Byly vyhledány a popsány konkurenční programy. Základní souvislosti a postupy výpočetního nástroje reprezentují vývojové diagramy. Následně je podrobně popsán celý výpočetní nástroj. V další části je ověřena funkčnost programu pomocí vzorového příkladu. Výsledky jsou porovnány s konkurenčním programem WINFIRE OFFICE 04.

Závěrečná část diplomové práce je věnována rámcovému porovnání přístupu k požárnímu riziku v jiných státech. Porovnání je vytvořeno na základě vytvořeného dotazníku se vzorovým příkladem, který byl rozeslán do projekčních kanceláří mezinárodní společnosti Bilfinger Tebodin, a to konkrétně do Rumunska, Ruska a Ukrajiny. Podrobněji je popsán přístup k požárním riziku dle předpisů NFPA.

### **Klíčová slova**

požární bezpečnost staveb; požární riziko; ekonomické riziko; výrobní objekty; stupeň požární bezpečnosti; NFPA; typy stavebních konstrukcí; vývojový diagram; programování

---

## Abstract

The diploma thesis is focused on fire risk in industrial buildings in relation on fire protection of buildings according to ČSN 73 0804 [1] and look at approach to fire risk abroad.

The main aim of this work was to create a calculation tool for the determination of fire risk in industrial buildings. The calculation tool should have user-friendly interface and make work more efficient.

The thesis is divided into several parts. The first part describes the theory and algorithms for the determination of fire risk in industrial buildings according to ČSN 73 0804 [1]. All necessary equations and parameters which the calculation tool uses are described.

The development of the calculation tool is described in the practical part at first. Competitive programs were searched and described. Flow charts represent basic contexts and processes of the calculation tool. Subsequently, the calculation tool is described in detail. The next part verifies the functionality of the program by using a sample calculation. The results are compared with the competitive program WINFIRE OFFICE 04.

The final part of the thesis deals with comparison of the approach to fire risk in other countries. The comparison is created by a form with a sample calculation, which was sent to design offices of the international company Bilfinger Tebodin, specifically into Romania, Russia and Ukraine. The approach to fire risk according to the NFPA is described in more detail.

### Keywords

fire protection of buildings; fire risk; economic risk; industrial buildings; degree of fire safety; NFPA; construction types; flowchart; programming

---

## Seznam použitých symbolů a zkratk

### Latinské symboly

DP1, DP2, DP3	Druh konstrukce z hlediska užití hořlavých hmot	-
F <sub>0</sub>	Parametr odvětrání	m <sup>1/2</sup>
F <sub>1</sub>	Přepočtový parametr odvětrání příslušející průměrnému požárnímu zatížení	m <sup>1/2</sup>
F <sub>2</sub>	Přepočtový parametr odvětrání příslušející místně soustředěnému požárnímu zatížení	m <sup>1/2</sup>
K	Součinitel ekvivalentního množství dřeva	-
M	Hmotnost hořlavých látek	kg
P <sub>1</sub>	Index pravděpodobnosti vzniku a rozšíření požáru	-
P <sub>2</sub>	Index pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem	-
S	Celková půdorysná plocha požárního úseku	m <sup>2</sup>
S <sub>f</sub>	Povrchová plocha hořlavé látky (výrobku), na níž může při požáru dojít k odhořívání	m <sup>2</sup>
S <sub>k</sub>	Povrchová plocha stavebních konstrukcí	m <sup>2</sup>
S <sub>max</sub>	Mezní půdorysná plocha požárního úseku	m <sup>2</sup>
S <sub>o</sub>	plocha otvorů v obvodové a střešní konstrukci požárního úseku	m <sup>2</sup>
S <sub>s</sub>	Půdorysná plocha požárního úseku s místně soustředěným požárním zatížením	m <sup>2</sup>
Z	Pomocná hodnota pro určení S <sub>max</sub>	m <sup>2</sup>
c	Měrná tepelná kapacita	J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>
c	Součinitel vyjadřující vliv aktivního požárně bezpečnostního zařízení nebo opatření	-
Δc	Snižující hodnota součinitele c	-
h <sub>o</sub>	Výška otvoru v obvodové nebo střešní konstrukci požárního úseku	m
h <sub>s</sub>	Světlá výška požárního úseku nebo podlaží	m
i <sub>s</sub>	Index (rychlosti) šíření plamene	mm·min <sup>-1</sup>
k <sub>1</sub>	Součinitel požární výhřevnosti	-
k <sub>3</sub>	Součinitel závislosti plochy S <sub>k</sub> a plochy S	-

$k_4$	Součinitel vlivu tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí ohraničujících požární úsek	-
$k_5$	Součinitel vlivu počtu podlaží	-
$k_6$	Součinitel vlivu konstrukčního systému objektu	-
$k_7$	Součinitel vlivu následných škod;	-
$k_8$	Součinitel bezpečnosti požární odolnosti stavební konstrukce	-
$k_{p1}$	Součinitel vyjadřující podíl požární výhřevnosti $H_p$ a normové výhřevnosti $H$ hořlavé látky	-
$k_{p2}$	Součinitel vlivu požárně bezpečnostních zařízení a opatření omezujících uvolňování tepla z požáru	-
$m$	Hmotnost odhořelého množství hořlavé látky, která odhoří z jednoho $m^2$ jejího povrchu za jednu minutu	$kg \cdot m^{-2} \cdot min^{-1}$
$n_p$	Celkový počet podlaží	-
$n_{pn}$	Počet nadzemních podlaží	-
$n_{pp}$	Počet podzemních podlaží	-
$p$	Požární zatížení určené součtem stálého a nahodilého požárního zatížení	$kg \cdot m^{-2}$
$\bar{p}$	Průměrné požární zatížení	$kg \cdot m^{-2}$
$p_m$	Místně soustředěné požární zatížení	$kg \cdot m^{-2}$
$p_n$	Nahodilé požární zatížení	$kg \cdot m^{-2}$
$p_s$	Stálé požární zatížení	$kg \cdot m^{-2}$
$p_1$	Pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru pro daný druh provozu	-
$p_2$	Pravděpodobnost rozsahu škod způsobených požárem pro daný druh provozu	-
$v_m$	Výsledná rychlost odhořívání hořlavých látek tvořících místně soustředěné požární zatížení ( $v_p \geq v_m \leq v_v$ )	$kg \cdot min^{-1}$
$v_p$	Rychlost odhořívání hořlavých látek při požáru řízeném povrchem paliva (pro místně soustředěné požární zatížení)	$kg \cdot min^{-1}$
$v_v$	Rychlost odhořívání hořlavých látek při požáru řízeném parametrem odvětrání (pro průměrné požární zatížení)	$kg \cdot min^{-1}$

---

## Řecké symboly

$\gamma$	Součinitel rychlosti odhořívání	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-5/2}\cdot\text{min}^{-1}$
$\lambda$	Součinitel tepelné vodivosti	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
$\rho$	Objemová hmotnost	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
$\tau_e$	Ekvivalentní doba trvání požáru	min
$\bar{\tau}$	Pravděpodobná doba trvání požáru pro průměrné požární zatížení	min
$\tau_m$	Pravděpodobná doba trvání požáru pro místně soustředěné požární zatížení	min
$\bar{\tau}_e$	Ekvivalentní doba trvání požáru pro průměrné požární zatížení	min
$\tau_{em}$	Ekvivalentní doba trvání požáru pro místně soustředěné požární zatížení	min

## Zkratky

ČSN	Česká technická norma
EPS	Elektrická požární signalizace
NFPA	The National Fire Protection Association
PBZ	Požárně bezpečnostní zařízení
PO	Požární odolnost
PÚ	Požární úsek
SHZ	Stabilní hasicí zařízení
SOZ	Samočinné odvětrávací zařízení
SPB	Stupeň požární bezpečnosti

# 1 Úvod

Každá stavba musí plnit základní požadavky na mechanickou odolnost, požární bezpečnost, hygienu, ochranu zdraví a životního prostředí, bezpečnost při užívání, ochranu hluku, úsporu energie a ochranu tepla a na udržitelné využívání přírodních zdrojů. Právě požární bezpečnost je jedním z nejdůležitějších požadavků na ochranu osob, zvířat a majetku. [2]

## 1.1 Motivace

Z hlediska požární bezpečnosti je pro navrhování stavby nutné rozdělení stavby do požárních úseků a stanovení pravděpodobné intenzity případného požáru v těchto úsecích nebo jejich částech. Pravděpodobnost intenzity případného požáru je stanovena pomocí požárního rizika. [3] Z výsledného požárního rizika se určují další parametry, jako například stupeň požární bezpečnosti požárního úseku, z něhož vyplývají následné požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí. Požární riziko defacto určuje výsledné požární zabezpečení, a proto je jeho správné stanovení pro požární bezpečnost staveb zásadní.

Motivací ke vzniku této práce je tedy vytvořit spolehlivý výpočetní nástroj, který co nejvíce omezí vznik nepřesností při stanovování požárního rizika. Zároveň by měl být výpočetní nástroj jednoduše přístupný, mít uživatelsky přívětivé prostředí, a především zefektivnit práci. Další motivací je porovnat jednotlivé možnosti výpočtu požárního rizika a získat hlubší pohled na jejich původ.

## 1.2 Struktura

Práce je rozdělena do čtyřech částí. Nejprve je provedena rešerše dostupné literatury a vytvořen teoretický podklad pro stanovení požárního rizika ve výrobních objektech řešených dle ČSN 73 0804 [1].

Druhá a třetí část je již věnována vývoji a testování samotného programu. Nejprve jsou vyhledány a popsány některé konkurenční programy. Na základě teoretických podkladů z první části práce jsou vytvořeny vývojové diagramy, které znázorňují základní postupy, omezení a souvislosti. Poté bylo již možné vytvořit samotný program, který je podrobně popsán z hlediska funkcí a možností.

Ve třetí části je provedena verifikace a validace programu. Ta je demonstrována na základě vzorového příkladu, který je zvolen tak, aby prověřil většinu funkcí. Výsledky jsou porovnány s konkurenčním programem WINFIRE OFFICE 04. Reálně však muselo být provedeno mnoho menších výpočtů pro ověření funkčnosti.

Čtvrtá část vytváří rámcový pohled na požární riziko v zahraničí. Porovnání je vytvořeno na základě dotazníku, který byl rozeslán do několika zahraničních projekčních kanceláří.



## 2 Současný stav poznání

### 2.1 Požární bezpečnost výrobních objektů

Nové stavební objekty výrobního charakteru se projektují z hlediska požární bezpečnosti podle kmenové normy ČSN 73 0804 [1] a podle dalších souvisejících norem a předpisů, na něž jsme odkázáni zákonem č. 133/1985 Sb., o požární ochraně [4]. Prováděcím předpisem je vyhláška č. 23/2008 Sb. [3], která se odvolává na konkrétní normy. Tyto normy jsou tak závazné, ovšem je možné užití odlišných postupů, které vedou minimálně ke stejnému výsledku jako v případě českých technických norem. [4]

### 2.2 Základní pojmy

#### Požární riziko

Požární riziko vyjadřuje pravděpodobnou intenzitu případného požáru v posuzovaném objektu nebo jeho části. U výrobních objektů je požární riziko vyjádřeno pomocí ekvivalentní doby požáru. [5]

#### Ekvivalentní doba požáru

Ekvivalentní doba požáru je pomyslná doba požáru, po kterou požár probíhající podle normové teplotní křivky působí na konstrukci, např. betonovou konstrukci, a vyvolá stejné účinky jako skutečný plně rozvinutý požár. [5]

#### Požární zatížení

Požární zatížení je vyjádření normové výhřevnosti všech hořlavých látek na jednotce plochy [ $m^2$ ] ekvivalentní normovou výhřevností imaginárního množství dřeva [kg]. Získáme ho součtem stálého a nahodilého požárního zatížení. [5]

#### Stálé požární zatížení

Stálé požární zatížení zahrnuje veškeré hořlavé látky v konstrukcích daného požárního úseku s výjimkou požárně dělicích konstrukcí a nosných konstrukcí, jež zajišťují stabilitu. [5]

#### Nahodilé požární zatížení

Nahodilé požární zatížení zahrnuje veškeré hořlavé látky, které se vyskytují v požárním úseku s výjimkou hořlavých látek v konstrukcích. [5]

#### Požárně bezpečnostní zařízení a opatření

Technická zařízení, systémy a výrobky pro stavby určené ke snížení intenzity případného požáru, a tedy minimalizaci ztrát na životech a zdraví osob a ztrát na majetku. [1]

## Požární úsek

Základní jednotka posuzovaného objektu neboli prostor stavebního objektu ohraničený požárně dělícími konstrukcemi, případně požárně bezpečnostním zařízením, od ostatních částí tohoto objektu. [1]

## Požárně dělící konstrukce

Požárně dělící konstrukce je stavební konstrukce, která je schopná odolávat požáru po stanovenou dobu, a bránit tak šíření požáru mimo požární úsek. [1]

## Stupeň požární odolnosti

Klasifikační zařazení požárního úseku udávající schopnost odolávat účinkům pravděpodobného požáru z hlediska rozšíření požáru a stability konstrukcí objektu. [1]

## Požární odolnost

Požární odolnost je doba, po kterou je konstrukce schopna odolávat pravděpodobnému účinku požáru a zachová si svou funkci. [1]

## 2.3 Stanovení požárního rizika

Výpočet požárního rizika podle ČSN 73 0804 [1] je založen na několika experimentálních požárech prováděných v bývalém ČSSR, ale i zahraničí. Díky těmto experimentům se podařilo lépe pochopit mechaniku různých požárů a na základě toho vytvořit matematické modely, které se přibližují realitě. [5]

Požár je velmi složitý proces, a proto není možné zachytit všechny činitele do matematických modelů požáru. Každý model popisuje požár pouze s určitou pravděpodobností a je do určité míry zjednodušený. Naší snahou je, se co nejvíce přiblížit realitě tak, aby byl výpočet co nejpresnější, ale zároveň efektivní a nepřiliš náročný. [5]



Obr. 1 – Graf průběhu požáru s vyznačením jednotlivých fází [5], upraveno

ČSN 73 0804 [1] vychází z modelu požáru, který má několik základních předpokladů. Tento model vynechává fázi rozhořívání a popisuje až druhou fázi plně rozvinutého požáru, při které se nepředpokládá zásah jednotek požární ochrany ani použití požárně bezpečnostních zařízení. Během této fáze shoří 80 % celkového množství paliva. S veškerým hořlavým materiálem se počítá jako se dřevem či výrobkem na bázi dřeva, proto musí být ostatní materiály převedeny na ekvivalentní normovou výhřevnost dřeva. [5]

Druhá fáze požáru je charakteristická tím, že ve většině případech dojde ke vzniku flashover, tedy k prostorovému hoření, kdy plameny zachvátí celý prostor PÚ. Teploty plynů v PÚ přesáhnou teploty 500 až 600 °C, dojde k porušení skleněných výplní a výměna plynů probíhá bez překážek, a proto se ve většině případech jedná o požár řízený odvětráním. [5]

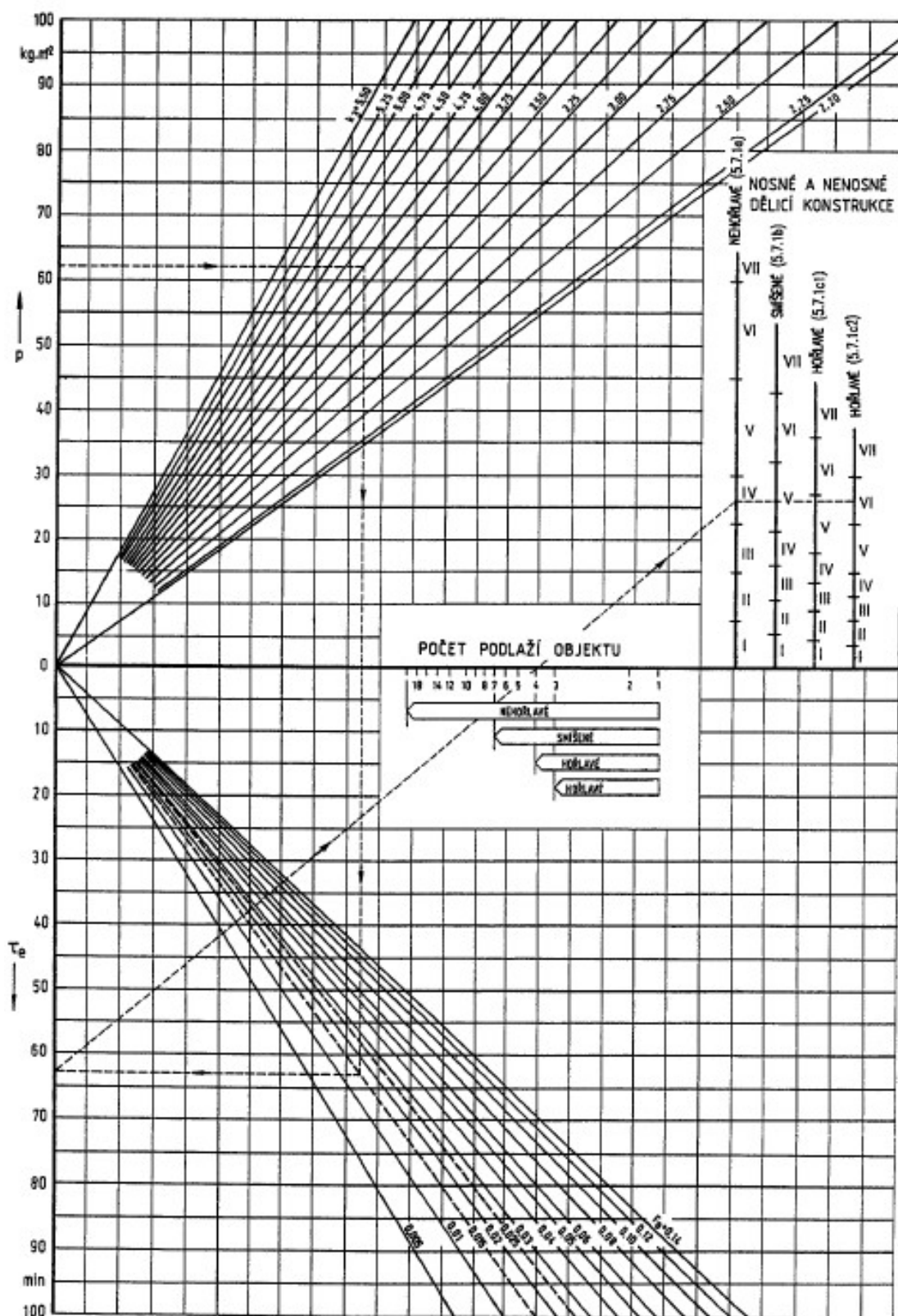
Dále se předpokládá, že součinitel sálání vně PÚ odpovídá sálání černého tělesa a rychlost odhořívání paliva během druhé fáze plně rozvinutého požáru je konstantní. Posledním důležitým předpokladem je, že v kterémkoliv okamžiku požáru musí být energetická rovnováha mezi spotřebovaným a uvolněným teplem. [5]

Jednotlivé předpoklady je možné vyčíst z grafu průběhu požáru na Obr. 1. Požární riziko tedy vyjadřuje předpokládanou intenzitu požáru v posuzovaném PÚ.

Požární riziko se stanovuje samostatně pro každý PÚ. U výrobních objektů je určeno za pomoci ekvivalentní doby trvání požáru v minutách. Ekvivalentní doba trvání požáru může být určena několika způsoby a to:

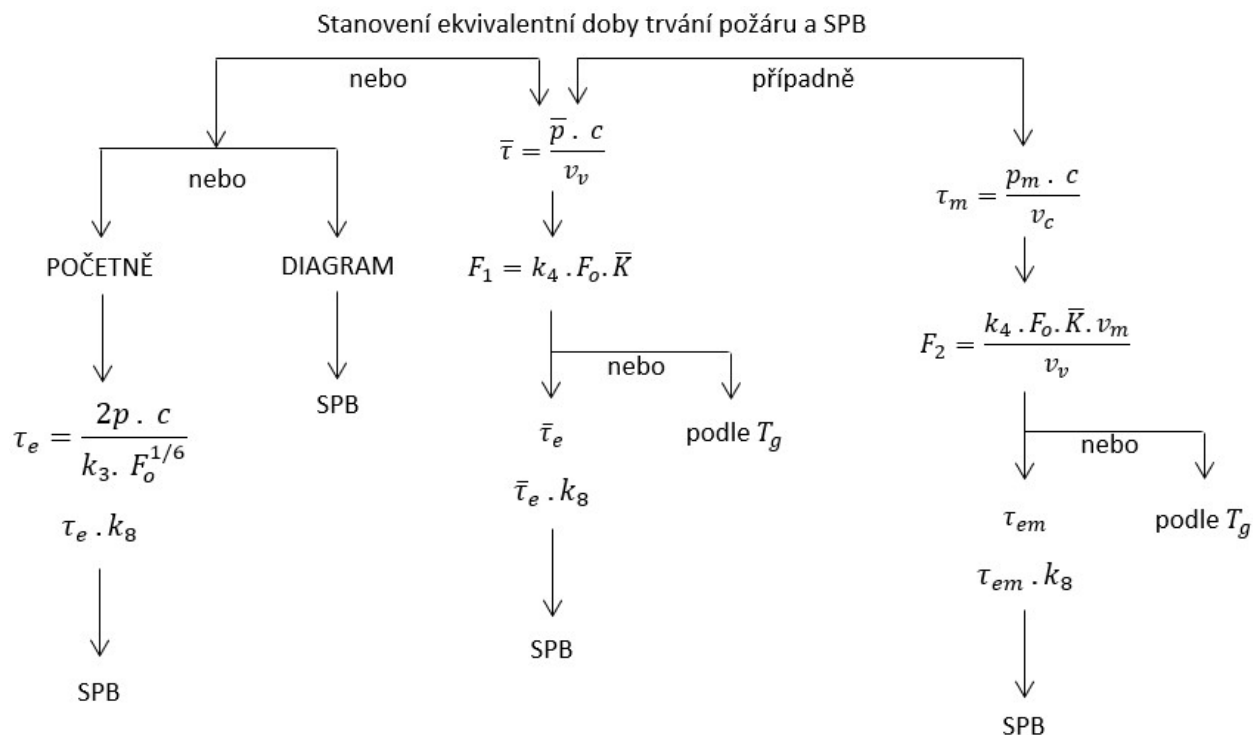
- a) Zjednodušeným postupem ekvivalentní dobou trvání požáru pro prosté požární zatížení, jak je vidět na schématu vlevo Obr. 3.

- b) Pomocí diagramu, viz Obr. 2, který vychází z empirické rovnice (1) pro zjednodušený postup ekvivalentní doby trvání požáru. Jedná se o nejjednodušší formu stanovení požárního rizika. [5]



Obr. 2 – Diagram pro stanovení ekvivalentní doby požáru a stupně požární bezpečnosti [1]

- c) Podrobným výpočtem pravděpodobnou dobou trvání požáru pro průměrné požární zatížení. Následně se určí ekvivalentní doba požáru  $\bar{\tau}_e$  podle tabulky A.1 přílohy A normy ČSN 73 0804 [1] v závislosti na pravděpodobné době požáru  $\bar{\tau}$  a přepočtovém parametru odvětrání  $F_1$ . Postup je uveden ve schématu uprostřed Obr. 3.
- d) Pokud se v části PÚ vyskytuje výrazně vyšší požární zatížení, dochází ke vzniku místně soustředěného zatížení, pro které se požární riziko stanoví za pomoci pravděpodobné doby požáru. Následně se určí ekvivalentní doba požáru  $\tau_{em}$  podle tabulky A.1 přílohy A normy ČSN 73 0804 [1] v závislosti na pravděpodobné době požáru  $\tau_m$  a přepočtovém parametru odvětrání  $F_2$ . Postup je uveden na schématu vpravo Obr. 3.



Obr. 3 – Schéma stanovení doby požáru a stupně požární bezpečnosti [5]

## 2.4 Ekvivalentní doba trvání požáru $\tau_e$

Při zjednodušené metodě určení požárního rizika se využívá ekvivalentní doby požáru, která je stanovena přímo pomocí empirické rovnice. Empirická rovnice zjednodušené metody obsahuje požární zatížení, které je stanoveno součtem nahodilého a stálého požárního zatížení v daném požárním úseku. Vliv užitých požárně bezpečnostních zařízení je zahrnut v součiniteli  $c$ . Dále pro určení povrchové plochy konstrukcí v posuzovaném požárním úseku je definován součinitel  $k_3$  a vliv všech otvorů, které umožňují přísun oxidovadla do prostoru zasaženém požárem, je vyjádřen pomocí parametru odvětrání  $F_o$ . [5]

$$(1) \quad \tau_e = \frac{2p \cdot c}{k_3 \cdot F_o^{1/6}} \quad [min] \quad [1], \text{ čl. 6.2.2}$$

kde  $p$  je požární zatížení v  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  
 $k_3$  součinitel závislosti plochy  $S_k$  a plochy  $S$ ,  
 $F_o$  parametr odvětrání v  $\text{m}^{1/2}$ ,  
 $c$  součinitel vyjadřující vliv požárně bezpečnostních zařízení a opatření.

Tohoto výpočtu nelze užít, pokud se v požárním úseku nachází místně soustředěné požární zatížení nebo pokud má požární úsek více než jedno užitné podlaží. [5]

### 2.4.1 Nahodilé a stálé požární zatížení

Pro stanovení ekvivalentní doby požáru je zapotřebí stanovit nejdříve nahodilé a stálé požární zatížení. Požární zatížení nám vyjadřuje hmotnost a výhřevnost hořlavých látek v požárním úseku. Pro jednodušší výpočet je toto požární zatížení vyjádřeno pomyslným množstvím dřeva na jednotce plochy daného požárního úseku, jehož normová výhřevnost je stejná jako normová výhřevnost všech hořlavých látek nacházejících se na téže ploše. [1]

Nahodilé požární zatížení zahrnuje zejména hořlavé zařizovací předměty, technologická zařízení, nábytek, který se nachází v posuzovaném požárním úseku, dále pevné hořlavé hmoty, suroviny, výrobky včetně obalů, které se v daném požárním úseku skladují a hořlavé kapaliny a plynné látky v tepelných spotřebičích, pokud jsou dodávány do požárního úseku po určitou dobu nebo jsou v něm trvale obsaženy. [5] Do nahodilého požárního zatížení se neuvažuje s hořlavými nátěry technického a technologického zařízení. [1] Pro zjednodušení byla vytvořena příloha A v normě ČSN 73 0802 [6], která obsahuje hodnoty nahodilého požárního zatížení pro jednotlivé druhy provozů.

Stálé požární zatížení zahrnuje hořlavé výrobky a látky obsažené ve stavebních konstrukcích posuzovaného požárního úseku, vyjma nosných konstrukcí zajišťujících stabilitu objektu nebo jeho části a konstrukcí požárně dělících. [1] Důvodem výjimky je zjednodušení výpočtu, jelikož by se muselo stanovit, jak velká část hořlavých materiálů v konstrukci by po stanovenou dobu požární odolnosti shořela. Naopak okna, dveře a podlahy mají podobný charakter jako nahodilé požární zatížení z hlediska rozvinutí požáru. [7] Norma [1] umožňuje použít hodnoty pro stálé požární zatížení z tabulky 1 v závislosti na ploše požárního úseku.

Nahodilé nebo stálé požární zatížení můžeme stanovit také pomocí rovnice:

$$(2) \quad p_n \text{ nebo } p_s = \frac{\sum_{i=1}^j M_i \cdot K_i}{S} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}] \quad [1], \text{ čl. 6.3.6}$$

kde  $M_i$  je hmotnost  $i$ -té hořlavé látky v kg,  
 $K_i$  součinitel ekvivalentního množství dřeva  $i$ -tého druhu hořlavé látky,  
 $S$  celková půdorysná plocha požárního úseku v  $\text{m}^2$ ,  
 $j$  počet druhů hořlavých látek.

Prosté požární zatížení  $p$ , které obsahuje empirická rovnice (1), získáme součtem nahodilého a stálého požárního zatížení.

### 2.4.2 Stanovení součinitele $c$

Součinitel  $c$  vyjadřuje vliv aktivních požárně bezpečnostních zařízení a opatření na požární a ekonomické riziko. Aktivní požárně bezpečnostní zařízení snižují intenzitu požáru, a zvyšují tak požární bezpečnost objektů. Součinitel  $c$  může zahrnovat tato aktivní požárně bezpečnostní zařízení a opatření:

- a) možnost rychlého požárního zásahu jednotkami požární ochrany (součinitel  $\Delta c_1$ ),
- b) samočinné stabilní hasicí zařízení (součinitel  $\Delta c_2$ ),
- c) samočinné odvětrávací zařízení (součinitel  $\Delta c_3$ ). [1]

V případě možnosti rychlého požárního zásahu jednotkami požární ochrany a instalace samočinného odvětrávacího zařízení je nutné instalovat také elektrickou požární signalizaci, aby bylo možné toto zařízení a opatření uvažovat v rámci součinitele  $c$ . [1]

Základní hodnota součinitele  $c = 1,0$  se snižuje odečtením daných  $\Delta c_1$  až  $\Delta c_3$ . V případě užití více různých požárně bezpečnostních opatření je možné  $\Delta c_1$  až  $\Delta c_3$  sčítat. [5] Hodnota součinitele  $c$  se určí podle rovnice:

$$(3) \quad c = 1 - \sum_1^3 \Delta c_i \quad [-] \quad [1], \text{ čl. 6.3.6}$$

kde  $\Delta c_i$  jsou uvedeny v Tabulce 4 normy [1].

Jaká požárně bezpečnostní zařízení a opatření budou v požárním úseku použita a v jakém rozsahu závisí na charakteru a podmínkách provozu, množství a druhu hořlavých látek tvořících požární zatížení. Dále na způsobu jejich zpracování a manipulaci, na použité technologii výroby, v neposlední řadě také na pořizovacích a provozních nákladech a mnoha dalších faktorech. [5]

Součinitel  $\Delta c_1$  lze využít v případě, kdy se objekt nachází v časovém pásmu H1, tedy v pásmu, kdy je pravděpodobná doba od ohlášení požáru do zahájení zásahu do 7 minut. Jde tedy pouze o podnikové jednotky požární ochrany, které se trvale nebo dočasně, avšak po dobu trvání požárního rizika, zdržují v prostoru areálu posuzovaného objektu nebo objektů. [1]

Součinitel  $\Delta c_2$  vyjadřuje vliv samočinného stabilního hasicího zařízení a lze ho využít pouze v případech, kde působí. Jedná se o jedno z nejúčinnějších zařízení z hlediska lokalizace a likvidace požáru. [5]

Součinitel  $\Delta c_3$  vyjadřuje vliv samočinného odvětrávacího zařízení, které působí na celé ploše posuzovaného požárního úseku s výjimkou prostorů bez požárního rizika. [1]

### 2.4.3 Parametr odvětrání $F_o$

Parametr odvětrání  $F_o$  charakterizuje především podmínky požáru řízeného kyslíkem. [5] Stanovuje se pro celý požární úsek, avšak pokud se v části požárního úseku vyskytují odlišné

podmínky odvětrání, lze stanovit parametr odvětrání pro vymezenou část požárního úseku. Parametr odvětrání se získá pomocí rovnice:

$$(4) \quad F_o = \frac{\sum_{i=1}^j S_{oi} \cdot h_{oi}^{1/2}}{S_k} \quad [m^{1/2}] \quad [1], \text{ čl. 6.4.1}$$

kde  $S_{oi}, h_{oi}$  je plocha v  $m^2$  a výška v m  $i$ -tých otvorů v obvodových a střešních konstrukcích požárního úseku,

$S_k$  povrchová plocha stavebních konstrukcí v  $m^2$ ,

$j$  počet otvorů.

Hodnota parametru odvětrání je závislá především na velikosti otevřených ploch  $S_o$ . Na rozdíl od nevýrobních objektů, kde se uvažuje s průměrnou výškou otvorů, je nutné u výrobních objektů stanovit hodnotu součinu plochy a výšky otvoru pro každý otvor samostatně. [5]

Plocha otvorů  $S_o$  zahrnuje pouze otvory, které při požáru umožňují přísun kyslíku, a naopak odvod spalin, proto se do této plochy nemohou započítávat otvory s požárně odolnou výplní, celistvou výplní v prvních fázích požáru, či otvory, u kterých není zajištěno spolehlivé otevření. [1]

Pokud se jedná o PÚ bez otvorů uvažuje se hodnota  $F_o = 0,005 m^{1/2}$ , stejně tak tomu je v případech, kdy hodnota parametru odvětrání vychází menší než tato hodnota. Naopak pokud hodnota parametru vychází větší než  $F_o = 0,14 m^{1/2}$ , započítává se právě touto hodnotou  $F_o = 0,14 m^{1/2}$ . [1]

Povrchová plocha konstrukcí  $S_k$  zahrnuje plochu všech požárně dělících konstrukcí obklopující posuzovaný PÚ, do této plochy se nezapočítávají plochy otvorů  $S_o$ . Tento člen rovnice parametru odvětrání je určující především pro množství tepla, které jsou konstrukce schopny pohltit. [5]

Pro PÚ obdélníkového tvaru půdorysu (poměr stran od 1:1,2 až 1:4) lze stanovit povrchovou plochu konstrukcí  $S_k$  přibližně za pomoci součinitele  $k_3$ , který vyjadřuje závislost plochy  $S$  na ploše  $S_k$ . [1]

#### 2.4.4 Stanovení součinitele $k_3$

Jak už bylo uvedeno výše, součinitel  $k_3$  udává vazbu mezi plochou  $S$  a plochou konstrukcí  $S_k$  PÚ. Hodnotu tohoto součinitele můžeme získat pomocí rovnice:

$$(5) \quad k_3 = \frac{S_k}{S} \quad [-] \quad [1], \text{ čl. 6.4.5}$$

kde  $S$  je půdorysná plocha požárního úseku v  $m^2$ ,

$S_k$  povrchová plocha stavebních konstrukcí v  $m^2$ .



Pro získání hodnoty součinitele  $k_3$  je také možné užít Tabulky 2 normy [1]. Hodnoty součinitele  $k_3$  jsou vypočítány pro obdélníkový půdorys PÚ s poměrem stran v závislosti na světlé výšce  $h_s$ . Pro  $h_s = 2,7$  m se uvažuje s poměrem stran 1:1,5, zatímco u světlé výšky  $h_s = 8,4$  m se počítá s poměrem stran 1:5. Pro mezilehlé hodnoty světlé výšky je změna poměru stran lineární. [5]

Na základě součinitele  $k_3$  a půdorysné plochy  $S$  je naopak možné získat velikost povrchové plochy stavebních konstrukcí  $S_k$  po jednoduché matematické úpravě předchozí rovnice:

$$(6) \quad S_k = S \cdot k_3 \quad [m^2] \quad [5]$$

V případě odečtení hodnoty součinitele  $k_3$  z Tabulky 2 normy [1] za předpokladu, že PÚ má obdélníkový půdorys a plochu otvorů  $S_o$  5 až 20 % podlahové plochy. Díky tomu nemusíme znát přesný obvod PÚ.

## 2.5 Pravděpodobná doba trvání požáru $\bar{\tau}$ a $\tau_m$

Pravděpodobná doba trvání požáru je výrazně přesnější z hlediska stanovení požárního rizika, jelikož obsahuje všechny činitele ovlivňující požární riziko. Zahrnuje vliv neúplného či nedokonalého shoření paliva, vliv tepelně technických vlastností použitých materiálů v okolních konstrukcích, vliv rychlosti odhořívání a vliv rozmístění a velikosti otvorů. [5]

Pravděpodobná doba trvání požáru  $\bar{\tau}$  je doba, během které se předpokládá, že odhoří 80 % hořlavých látek tvořících požární zatížení [5] a stanoví se podle rovnice:

$$(7) \quad \bar{\tau} = \frac{\bar{p} \cdot c}{v_v} \quad [min] \quad [1], \text{ čl. 6.2.3}$$

kde  $\bar{p}$  je průměrné požární zatížení v  $kg \cdot m^{-2}$ ,

$v_v$  rychlost odhořívání látek tvořících průměrné požární zatížení v  $kg \cdot m^{-2} \cdot min^{-1}$ ,

$c$  součinitel vyjadřující vliv požárně bezpečnostních zařízení a opatření.

Pravděpodobná doba trvání požáru  $\bar{\tau}$  tedy závisí na průměrném požárním zatížení  $\bar{p}$  a rychlosti odhořívání  $v_v$  látek tvořící toto požární zatížení.

V případě soustředěného požárního zatížení se stanoví pravděpodobná doba trvání požáru  $\tau_m$  podle rovnice:

$$(8) \quad \tau_m = \frac{p_m \cdot c}{v_p} \quad [min] \quad [1], \text{ čl. 6.2.4}$$

kde  $p_m$  je místně soustředěné požární zatížení v  $kg \cdot m^{-2}$ ,

$v_p$  rychlost odhořívání látek tvořících místně soustředěné požární zatížení v  $kg \cdot m^{-2} \cdot min^{-1}$ ,

$c$  součinitel vyjadřující vliv požárně bezpečnostních zařízení a opatření.

Následně se podle pravděpodobné doby trvání požáru a příslušného přepočtového parametru  $F_1$ , či  $F_2$  určí ekvivalentní doba trvání požáru  $\bar{\tau}_e$ ,  $\tau_{em}$  podle tabulky A.1 přílohy A normy [1].

### 2.5.1 Průměrné požární zatížení

Na rozdíl od ekvivalentní doby trvání požáru, kde je uvažováno prosté požární zatížení na jednotku plochy, je v případě pravděpodobné doby trvání požáru počítáno s průměrným požárním zatížením, které zahrnuje nejen požární zatížení na plochu ale i jeho výhřevnost. [5]

Průměrné požární zatížení  $\bar{p}$  se stanoví pomocí nahodilého a stálého požárního zatížení podle rovnice:

$$(9) \quad \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^j p_{ni} \cdot S_i \cdot k_{1i} + \sum_{i=1}^j p_{si} \cdot S_i \cdot k_{1i}}{S} \quad [min] \quad [1], \text{ čl. 6.3.2}$$

kde  $S_i$  je půdorysná plocha, na které se vyskytuje i-té nahodilé a stálé požární zatížení,  
 $S$  celková půdorysná plocha požárního úseku,  
 $k_{1i}$  součinitel výhřevnosti i-tého nahodilého a stálého požárního zatížení,  
 $j$  počet druhů hořlavých látek.

Počet druhů hořlavých látek znamená ve své podstatě počet druhů nahodilého a stálého požárního zatížení, které se v PÚ vyskytuje. [1]

Součinitel výhřevnosti  $k_l$  se stanoví součinem dvou součinitelů, a to součinitele  $k_{p1}$  a součinitele  $k_{p2}$ . Jejich hodnoty najdeme v normativní Příloze B normy [1].

Součinitel  $k_{p1}$  vyjadřuje podíl požární výhřevnosti a normové výhřevnosti jednotlivých druhů hořlavých látek. V případě tuhých nebo kapalných látek, které jsou schopné vázat vodu nebo jsou mísitelné s vodou, je možné určit přibližnou hodnotu součinitele  $k_{p1}$  na základě obsahu vody v těchto látkách. Toho se využívá především v případech, kdy nejsou k dispozici normové hodnoty. [1]

Součinitel  $k_{p2}$  vyjadřuje vliv požárně bezpečnostních zařízení a opatření, která omezují vliv uvolňování tepla z hořlavých látek při požáru, a tedy snižují požární výhřevnost. Jedná se pouze o tuhé nebo kapalné látky, v případě plyných látek se uvažuje hodnota  $k_{p2} = 1$ . [5]

### 2.5.2 Rychlost odhořívání látek

Rychlost odhořívání je kritická hodnota v určení intenzity požáru. Existují dva typy rychlosti odhořívání, a to rychlost odhořívání  $v_v$  v případě požáru řízeném kyslíkem, kde rozhoduje odvětrání a rychlost odhořívání  $v_p$  v případě požáru řízeném palivem, kde rozhoduje povrch paliva. [5] Za běžných podmínek při plně rozvinutém požáru převažují požáry řízené kyslíkem, a proto byla jako základní a charakteristická pro průměrné požární zatížení zvolena rychlost odhořívání  $v_v$ . [5]

Pro požár řízený parametrem odvětrání se rychlost odhořívání určí podle rovnice:

$$(10) \quad v_v = \gamma \cdot F_o \cdot k_3 \quad [kg \cdot m^{-2} \cdot min^{-1}] \quad [1], \text{ čl. 6.5.2}$$

kde  $\gamma$  je součinitel rychlosti odhořívání v  $kg \cdot m^{-5/2} \cdot min^{-1}$ ,

$F_o$  parametr odvětrání v  $m^{1/2}$ ,

$k_3$  součinitel viz kapitola 2.4.4.

Hodnoty součinitele  $\gamma$  získáme z Tabulky 3 normy [1] v závislosti na parametru odvětrání  $F_o$ .

Pro místně soustředěné požární zatížení je nutné posoudit také rychlost odhořívání řízené povrchem paliva  $v_p$ , následně se jako výsledná rychlost odhořívání  $v_m$  uvažuje menší z hodnot  $v_p$  a  $v_v$ .

Pro požár řízený povrchem odhořívajícího paliva se rychlost odhořívání určí podle rovnice:

$$(11) \quad v_p = \frac{1}{S_s} \cdot \sum_{i=1}^j S_{fi} \cdot m_i \cdot K_i \quad [kg \cdot m^{-2} \cdot min^{-1}] \quad [1], \text{ čl. 6.5.3}$$

kde  $S_{fi}$  je povrchová plocha i-té hořlavé látky, na níž může při požáru dojít k odhořívání,

$m_i$  hmotnost odhořelého množství i-té hořlavé látky z jednoho  $m^2$  jejího povrchu za minutu,

$S_s$  půdorysná plocha, na níž se vyskytuje místně soustředěné požární zatížení v  $m^2$ ,

$K_i$  součinitel ekvivalentního množství dřeva i-tého druhu hořlavé látky,

$j$  počet druhů hořlavých látek.

Předpokládá se, že hodnota rychlosti odhořívání stoupá od nuly až po určitou hranici. Hranici tvoří změna, kdy požár řízený parametrem odvětrání přechází na požár řízený povrchem paliva. Následně se předpokládá konstantní rychlost odhořívání. Ve skutečnosti je proces mnohem komplikovanější a odlišný pro různá paliva, různý způsob jejich uspořádání a rozmístění, pro různou geometrii daného prostoru atd. [5]

## 2.6 Místně soustředěné požární zatížení

Místně soustředěné požární zatížení vzniká v případě vyššího množství hořlavých látek v části PÚ oproti zbylým částem PÚ. Zatížení je dáno provozně v určité části PÚ, a nepovažuje se tak za toto zatížení například dočasné nahromadění šanonů ve skříni. [5]

Místně soustředěné požární zatížení zahrnuje nahodilé a stálé požární zatížení a vzniká za podmínky:

$$(12) \quad S_s > 50 \text{ m}^2 \text{ a zároveň } 2p \text{ nebo } 2\bar{p} < p_m > 50 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \quad [1], \text{ čl. 6.3.8}$$

kde  $S_s$  je půdorysná plocha PÚ s místně soustředěným požárním zatížením v  $m^2$ ,

$p$  je požární zatížení v  $kg \cdot m^{-2}$ ,

$\bar{p}$  průměrné požární zatížení v  $kg \cdot m^{-2}$ .

Místně soustředěné zatížení se určí podle rovnice:

$$(13) \quad p_m = \frac{\sum_{i=1}^j M_i \cdot K_i \cdot k_{li}}{S_s} \quad [kg \cdot m^{-2}] \quad [1], \text{ čl. 6.3.10}$$

kde  $M_i$  je hmotnost i-té hořlavé látky v kg,

$K_i$  součinitel ekvivalentního množství dřeva i-tého druhu hořlavé látky,

$k_{li}$  součinitel výhřevnosti i-tého nahodilého a stálého požárního zatížení,

$S_s$  půdorysná plocha požárního úseku v  $m^2$ , na níž se vyskytuje posuzované místně soustředěné požární zatížení; tvoří ji např. půdorysná plocha nádrže, zásobníku, máčecí vany nebo trvale skladovaných hořlavých látek, na které odhořívá toto požární zatížení, popř. plocha místnosti, ve které se místně soustředěné požární zatížení vyskytuje,

$j$  počet druhů hořlavých látek, které se vyskytují na ploše posuzovaného místně soustředěného požárního zatížení.

V případě, že se v PÚ nachází místně soustředěné požární zatížení, je několik možností, jak postupovat, viz kapitola 2.8.2 Vymezená část požárního úseku.

## 2.7 Přepočtové parametry odvětrání $F_1$ a $F_2$

Přepočtové parametry slouží ke stanovení teplotní křivky v daném prostoru, který se liší od reprezentativního prostoru v tepelně technických charakteristikách stavebních konstrukcí. Teplotní pole v hořícím PÚ je charakterizováno parametrem odvětrání  $F_o$ , který je nutné upravit s ohledem na odlišné podmínky za pomoci přepočtových parametrů  $F_1$  a  $F_2$ , a stanovit tak odpovídající teplotní pole. [5]

Přepočtový parametr  $F_1$  vztahující se k pravděpodobné době požáru  $\bar{\tau}$  se určí podle rovnice:

$$(14) \quad F_1 = k_4 \cdot F_o \cdot \bar{K} \quad [m^{1/2}] \quad [1], \text{ čl. 6.4.6}$$

kde  $k_4$  je součinitel vlivu tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí ohraničujících požární úsek na průběh teplot v hořícím prostoru,

$F_o$  parametr odvětrání v  $m^{1/2}$ ,

$K$  součinitel ekvivalentního množství dřeva podle ČSN 73 0824; průměrná hodnota  $K$  se určí váženým průměrem hmotnosti i-tého druhu hořlavých látek; v případě užití hodnot nahodilého požárního zatížení z přílohy A normy [6] se předpokládá  $\bar{K} = 1,0$ .

Přepočtový parametr  $F_2$  vztahující se k pravděpodobné době požáru  $\tau_m$  se určí podle rovnice:

$$(15) \quad F_2 = k_4 \cdot F_o \cdot \bar{K} \cdot v_m/v_v \quad [m^{1/2}] \quad [1], \text{ čl. 6.4.6}$$

kde	$k_4$ je	součinitel vlivu tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí ohraničujících požární úsek na průběh teplot v hořícím prostoru,
	$F_o$	parametr odvětrání v $\text{m}^{1/2}$ ,
	$K$	součinitel ekvivalentního množství dřeva podle ČSN 73 0824; průměrná hodnota $K$ se určí váženým průměrem hmotnosti i-tého druhu hořlavých látek; v případě užití hodnot nahodilého požárního zatížení z přílohy A normy [6] se předpokládá $\bar{K} = 1,0$ ,
	$v_m$	výsledná rychlost odhořívání v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ ,
	$v_v$	rychlost odhořívání v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ .

### 2.7.1 Součinitel vlivu tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí $k_4$

Součinitel  $k_4$  vyjadřuje vliv tepelně technických vlastností konstrukcí, které při řešení rovnic tepelné rovnováhy mají vliv na vedení tepla, jež přestoupí do okolních stěn, podlahy a stropu, a tedy ovlivní výslednou teplotu v hořícím prostoru. [5]

Mezi tyto tepelně technické vlastnosti patří součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$ , měrné teplo  $c$  a objemová hmotnost  $\rho$ . Hodnoty součinitele  $k_4$  lze odečíst z tabulky C.1 přílohy C normy [1] pro typické sestavy konstrukcí, pokud skutečná sestava neodpovídá žádné z těchto soustav lze stanovit hodnotu součinitele  $k_4$  podle empirické rovnice:

$$(16) \quad k_4 = 0,65 + 0,35 \left( \frac{a_z}{\bar{a}} \right)^3 \quad [-] \quad [1], \text{ příloha C}$$

kde	$a_z$ je	součinitel teplotní vodivosti srovnávací konstrukce, $a_z = 0,533 \cdot 10^{-6}$ v $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ,
	$\bar{a}$	průměrný součinitel teplotní vodivosti posuzované konstrukce v $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot 10^{-6}$ při normální teplotě.

Součinitel teplotní vodivosti  $a$  lze stanovit podle rovnice:

$$(17) \quad a = \frac{\lambda_p}{c_p \cdot \rho_p} \quad [-] \quad [1], \text{ příloha C}$$

kde	$\lambda_p$ je	součinitel tepelné vodivosti v $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,
	$c_p$	měrná tepelná kapacita v $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,
	$\rho_p$	objemová hmotnost v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Hodnoty tepelně technických vlastností materiálů lze najít v ČSN 73 0540-3. [1]

## 2.8 Ekvivalentní doba trvání požáru pro průměrné požární zatížení $\bar{\tau}_e$ a místně soustředěné požární zatížení $\tau_{em}$

Výpočtem pravděpodobné doby trvání požáru získáme dobu požáru, avšak pro jiný teplotní režim, než se kterým počítá norma. Proto je nutné pravděpodobnou dobu trvání požáru přepočítat na teplotní režim daný normovou teplotní křivkou. Obdobně je to i v případě výpočtu doby trvání požáru pro místně soustředěné požární zatížení. [5]

Přepočet je prováděn na základě pravděpodobné doby trvání požáru  $\bar{\tau}$  a přepočtového parametru odvětrání  $Fl$ , kdy na základě těchto dvou hodnot odečteme hodnotu ekvivalentní doby trvání požáru z tabulky A.1 přílohy A normy [1]. Analogicky postupujeme i v případě místně soustředěného požárního zatížení. Část tabulky s hodnotami ekvivalentní doby trvání požáru znázorňuje Obr. 4.

$\bar{\tau}, \tau_m$ min	Ekvivalentní doba trvání požáru $\bar{\tau}_e, \tau_{em}$ v min pro $F_1$ nebo $F_2$ v $m^{1/2}$															
	$\leq 0,005$	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1	0,12	$\geq 0,14$
5	1	2	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6
10	6	7	7	8	9	9	10	10	11	11	12	13	14	15	17	18
15	7	9	10	11	13	13	14	15	16	17	19	20	21	24	26	29
20	8	11	13	15	16	18	19	20	21	23	25	27	29	33	35	39
25	10	13	16	18	20	22	24	25	27	29	32	34	37	42	45	51
30	11	15	18	21	24	26	28	30	32	34	39	42	45	50	55	61
35	12	16	21	24	27	30	33	35	38	41	45	49	53	59	64	72
40	13	18	23	27	31	34	37	40	42	46	52	56	60	68	74	82
45	14	20	25	30	34	38	42	45	48	52	58	63	68	77	83	93
50	14	21	27	33	37	42	46	50	54	58	65	71	76	85	93	103
55	15	23	29	35	41	46	51	55	59	64	72	78	84	94	102	113
60	16	24	31	38	44	50	55	60	64	70	78	85	92	103	111	123
65	17	25	33	40	47	53	60	65	69	76	85	92	99	111	120	132
70	17	26	35	43	50	57	64	70	74	81	91	99	107	119	128	142
75	18	28	37	46	54	61	68	75	80	87	98	106	114	128	137	151
80	19	29	39	48	57	65	73	80	85	93	105	113	121	136	145	160
85	19	30	41	51	60	68	77	85	90	98	110	120	129	143	153	169
90	20	31	43	53	63	72	82	90	95	104	117	127	136	151	161	177
95	21	32	44	55	66	76	86	95	100	109	123	133	143	159	169	180

Obr. 4 – Část tabulky A.1 přílohy A normy ČSN 73 0804 [1]

Hodnoty z tabulky lze získat výpočtem pomocí empirických rovnic. Hodnotu ekvivalentní doby trvání požáru získáme pomocí rovnice obsahující teplotu ve srovnávací betonové deskové konstrukci v hloubce 20 mm při působení teplot plynů v hořícím prostoru. Pro teplotu ve srovnávací betonové deskové konstrukci v hloubce 20 mm existují čtyři empirické rovnice, jejichž použití je dáno na základě velikosti pravděpodobné doby trvání požáru a přepočtového parametru. [5]

Přestože i norma [1] uvádí, že lze hodnoty z tabulky získat početně, přímo rovnice pro jejich výpočet se v normě nenachází. Bohužel rovnice uvedené v publikaci Navrhování požární bezpečnosti staveb, edice Zabráňujeme škodám [5] není možné využít pro výpočet. Jak se ukázalo při jejich reálném použití, dvě ze čtyř rovnic jsou uvedeny s chybou. To bylo potvrzeno více zdroji

včetně telefonického rozhovoru s panem Ing. Františkem Pelcem. Bohužel ani správná varianta rovnic nepřináší příliš přesné hodnoty, které by odpovídaly hodnotám uvedeným v tabulce.

## 2.9 Stanovení stupně požární bezpečnosti

Poté, co se objekt rozdělí do požárních úseků, stanoví se pro každý PÚ požární riziko, ze kterého se následně určí SPB. Jedná se o klasifikační zatřídění vyjadřující požadavky na stavební konstrukce PÚ, které mají schopnost čelit požáru z hlediska možnosti rozšíření požáru a zachování stability objektu. [8]

Pro některé často se opakující provozy je SPB stanoven v příloze G normy [1]. SPB se stanovuje podle ekvivalentní doby trvání požáru vždy pro celý PÚ s výjimkou PÚ s místně soustředěným požárním zatížením, kde se stanovuje SPB pro vymezenou část PÚ zvlášť. [5]

Pro stanovení SPB je tedy rozhodující součin  $\tau_e \cdot k_8$  popřípadě,  $\bar{\tau}_e \cdot k_8$  nebo  $\tau_{em} \cdot k_8$  a počet podlaží, kdy se přihlíží pouze na to, zda se jedná o objekt do dvou podlaží, či nad dvě podlaží. Nižší objekty do dvou podlaží jsou tedy oproti ostatním objektům zvýhodněny. [8]

Hodnota SPB se odečte z tabulky 8 normy [1].

### 2.9.1 Součinitel bezpečnosti $k_8$

Součinitel bezpečnosti  $k_8$  v sobě zahrnuje vliv podlažnosti objektu součinitelem  $k_5$  a vliv druhu nosných a požárně dělících konstrukcí, tedy konstrukčního systému součinitelem  $k_6$ . [8]

Hodnota součinitele bezpečnosti  $k_8$  se stanoví podle rovnice:

$$(18) \quad k_8 = \frac{k_5 \cdot k_6}{2,4} \quad [-] \quad [1], \text{ čl. 8.4.1}$$

kde  $k_5$  je součinitel vyjadřující vliv podlažnosti,  
 $k_6$  součinitel vyjadřující vliv konstrukčního systému.

Hodnota součinitele bezpečnosti  $k_5$  se stanoví v závislosti na posuzované části objektu podle rovnice:

$$(19) \quad k_5 = n_p^{1/2} \text{ nebo } k_5 = n_{pn}^{1/2} \quad [-] \quad [1], \text{ čl. 7.3.1}$$

kde  $n_p$  je celkový počet podlaží,  
 $n_{pn}$  počet nadzemních podlaží.

Hodnota součinitele bezpečnosti  $k_6$  se stanoví v závislosti na typu konstrukčního systému následovně:

- 1) Nehořlavý konstrukční systém:  $k_6 = 1,0$ ,
- 2) Smíšený konstrukční systém:  $k_6 = 1,4$ ,

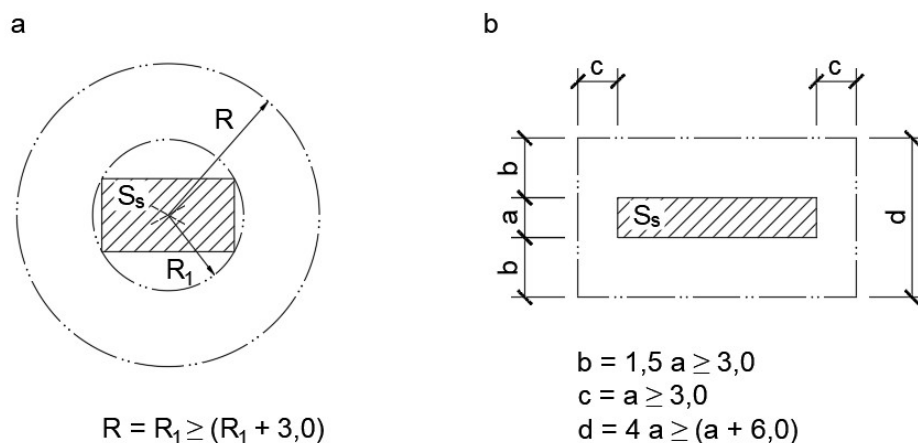
- 3) Hořlavý konstrukční systém s konstrukcemi alespoň druhu DP2:  $k_6 = 1,7$ ,
- 4) Hořlavý konstrukční systém s konstrukcemi druhu DP3:  $k_6 = 2,0$ .

### 2.9.2 Vymezená část požárního úseku

V případě, kdy vznikne místně soustředěné požární zatížení, je několik možností, jak určit stupeň požární bezpečnosti. Konzervativním řešením je, uvažovat toto požární zatížení pro celý PÚ, a SPB se tak určí pro celý PÚ dle místně soustředěného požárního zatížení. Další možností je vytvořit samostatný PÚ pro prostory s místně soustředěným zatížením, ne vždy je však toto řešení možné z hlediska dispozice a celkového PBR stavby. Třetí možností je vymezit část PÚ pro místně soustředěné požární zatížení a uvažovat pro tuto část vyšší SPB. Prvních dvou možností se užívá spíše v případě nevýrobních objektů, jelikož se jedná o příliš velké zjednodušení. [5]

Místně soustředěné požární zatížení se nachází na ploše  $S_s$ , kde by v případě požáru došlo k vytvoření jiných teplotních podmínek než v ostatních částech PÚ, což jde proti jedné z podmínek určení požárního rizika. Uvažujeme tedy pomyslně vymezený samostatný PÚ pro místně soustředěné požární zatížení. [5]

Vymezenou část PÚ tvoří plocha místně soustředěného požárního zatížení a dále prostor, který je obepsán kružnicí nebo obdélníkem podle Obr. 5. V případě, že je takto vymezená plocha větší než plocha místnosti, ve které se místně požární zatížení nachází, za vymezenou část se považuje právě tato místnost. Místnost však musí být ohrazena příčkami s požární odolností alespoň 15 minut. Výškově je vymezená část PÚ ohrazena výškou podlaží. [1]



Obr. 5 – Způsob stanovení vymezené části požárního úseku [1]

V takto vymezené části PÚ se všechny konstrukce navrhují na požární riziko, které vytváří místně soustředěné požární zatížení, a to i v případě že do vymezené části zasahují jen částečně.



Například pokud by nad vymezenou částí PÚ procházel průvlak, musel by být celý dimenzován na požadovanou požární odolnost určenou místně soustředěným požárním zatížením. [1]

## 2.10 Ekonomické riziko

V prvé řadě je nutné v rámci požární bezpečnosti staveb chránit životy, zdraví osob a zvířat, hned za tím následuje ochrana majetku. Na rozdíl od ztrát na životech a zdraví jsou škody na majetku vyčíslitelné a většinou i nahraditelné. V současné době se vyspělé státy drží hesla „náklady na ochranu majetku musí být úměrné chráněným hodnotám“. To znamená, že prostředky vynaložené na ochranu musí být nižší nebo nejvýše shodné s rozsahem ztrát, které by vznikly bez realizace ochrany. [5]

Rozsah ztrát vzniklé požárem lze vyjádřit pouze s určitou pravděpodobností a je pro tento účel zaveden index pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem  $P_2$ . Tato pravděpodobnost samozřejmě závisí na druhu a charakteru provozu. [5]

Dále se zavádí časový faktor, který je dán pravděpodobností vzniku a rozšíření požáru na  $1 \text{ m}^2$  půdorysné plochy PÚ. Tato pravděpodobnost je odvozena ze statistiky požárovosti, také závisí na druhu a charakteru provozu a je určena indexem pravděpodobnosti vzniku a rozšíření požáru  $P_1$ . [5]

Indexy pravděpodobnosti nabývají vzájemně mezních hodnot, které nesmí být překročeny, jak uvádí následující nerovnice:

$$(20) \quad P_1 \leq 0,1 + \frac{5 \cdot 10^4}{P_2^{1,5}} \quad \text{nebo} \quad (21) \quad P_2 \leq \left( \frac{5 \cdot 10^4}{P_1 - 0,1} \right)^{2/3} \quad [1], \text{ čl. 7.1.4}$$

### 2.10.1 Index pravděpodobnosti vzniku a rozšíření požáru $P_1$

Index pravděpodobnosti vzniku a rozšíření požáru  $P_1$  se stanoví dle rovnice:

$$(22) \quad P_1 = p_1 \cdot c \geq 0,11 \quad [-] \quad [1], \text{ čl. 7.1.2}$$

kde  $p_1$  je pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru, určená podle druhu a charakteru výroby a provozu z přílohy E normy [1],

$c$  součinitel vyjadřující vliv požárně bezpečnostních zařízení a opatření na rozšíření požáru.

V případě, že se v PÚ vyskytuje více druhů výroby a provozů, určí se hodnota pravděpodobnosti  $p_1$  jako vážený průměr jednotlivých hodnot pravděpodobnosti daných výrobních provozů podle půdorysné plochy, jež zaujímají. [5]

Jak už vyplývá z rovnice, hodnotu tohoto indexu lze snížit instalací požárně bezpečnostních zařízení a opatření. [5]

### 2.10.2 Index pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem $P_2$

Index pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem  $P_2$  se stanoví dle rovnice:

$$(23) \quad P_2 = p_2 \cdot S \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \quad [-] \quad [1], \text{ čl. 7.1.3}$$

kde  $p_2$  je pravděpodobnost vyjadřující rozsah škod způsobených požárem určená v závislosti na druhu a charakteru výrob a provozů z přílohy E normy [1],

$S$  půdorysná plocha požárního úseku v  $m^2$ ,

$k_5$  součinitel vyjadřující vliv počtu podlaží v objektu,

$k_6$  součinitel vyjadřující vliv hořlavosti hmot v konstrukčním systému objektu,

$k_7$  součinitel vyjadřující vliv následných škod.

Opět se v případě více druhů výroby a provozů určí hodnota pravděpodobnosti  $p_2$  jako vážený průměr jednotlivých hodnot pravděpodobnosti daných výrobních provozů podle půdorysné plochy, jež zauímají. [5]

Obecně lze konstatovat, že čím menší je PÚ, tím menší je hodnota indexu pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem. Pro snížení tohoto indexu máme několik možností, a to zmenšení půdorysné plochy PÚ, snížení počtu podlaží PÚ nebo použitím nehořlavého konstrukčního systému. [5]

### 2.10.3 Mezní velikost požárních úseků

Na rozdíl od nevýrobních objektů není mezní velikost PÚ tabulkovým údajem, který by udával mezní rozměry či přímo maximální půdorysnou plochu, ale je funkcí několika proměnných hodnot. [5]

Mezní půdorysnou plochu lze stanovit dvěma způsoby dle normy [1], a to rovnicí:

$$(24) \quad S_{max} = \frac{P_2}{p_2 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7} \quad [m^2] \quad [1], \text{ čl. 7.1.3}$$

kde  $P_2$  je index pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem,

$p_2$  pravděpodobnost rozsahu škod způsobených požárem,

$k_5$  součinitel vyjadřující vliv počtu podlaží v objektu,

$k_6$  součinitel vyjadřující vliv použitých hmot v konstrukčním systému objektu,

$k_7$  součinitel vyjadřující vliv následných škod.

Druhým způsobem je určení mezní půdorysné plochy z diagramu, viz Obr. 6, za pomoci pomocné hodnoty  $Z$  a součinitele  $k^+$  dle přílohy E normy [1].

V případě, že je půdorysná plocha PÚ větší než maximální půdorysná plocha PÚ  $S_{max}$ , je nutné PÚ zmenšit nebo instalovat další požárně bezpečnostní zařízení a tím zmenšit hodnotu součinitele  $c$ .

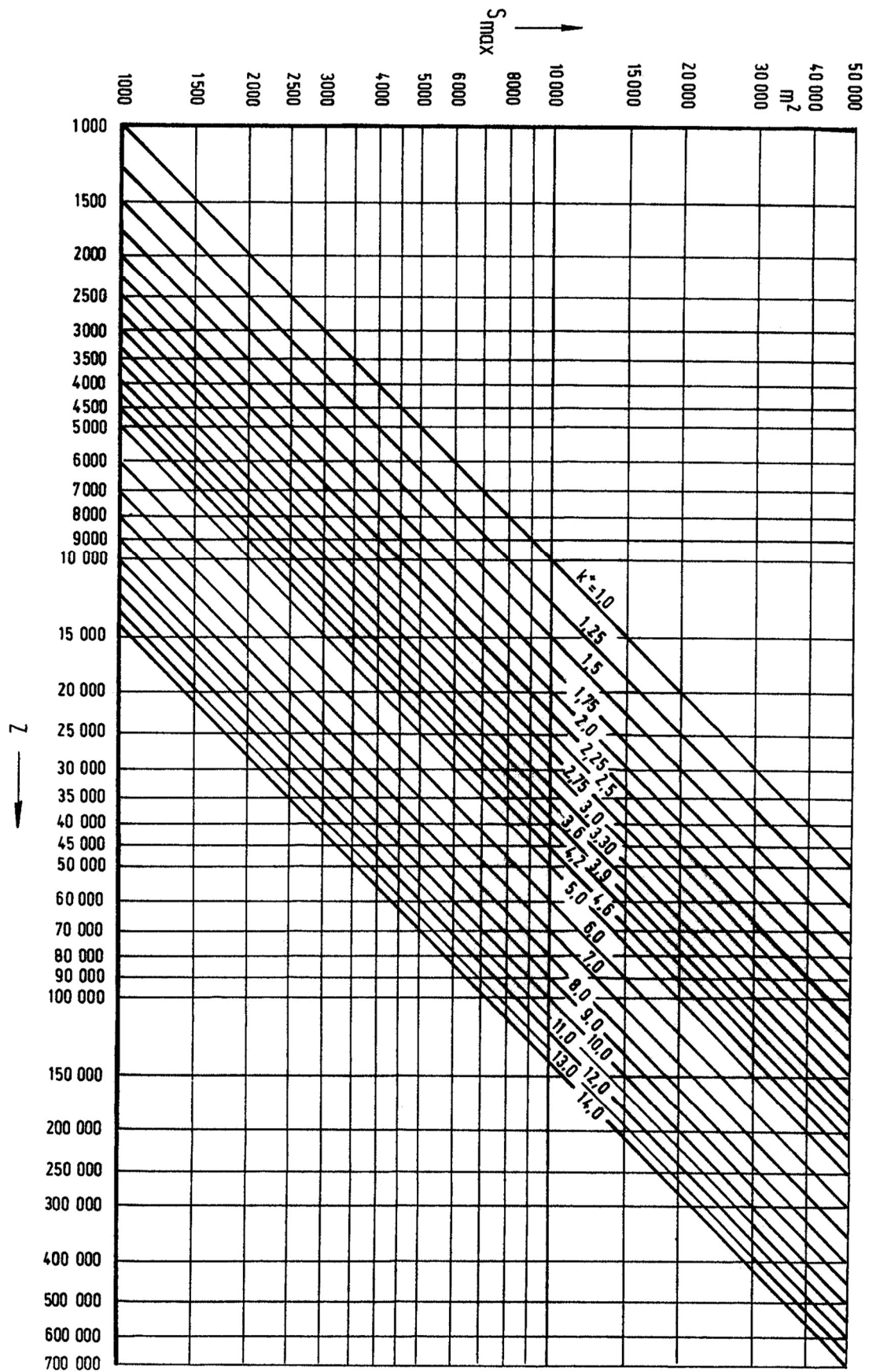
Hodnotu součinitele  $c$  lze tedy získat podle rovnice:

$$(25) \quad c_{max} = \frac{0,1 + \frac{5 \cdot 10^4}{P_2^{1,5}}}{p_1} \quad [-] \quad [8]$$

kde  $P_2$  je index pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem,  
 $p_1$  pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru.

Následným odečtením hodnoty  $c_{max}$  od jedné získáme hodnotu  $\Delta c$ , podle které nalezneme vyhovující PBZ. Tímto způsobem lze ověřit také velikost PÚ. Pokud je hodnota  $c_{max}$  větší než 1,0 není potřeba instalovat PBZ (případně další PBZ) a velikost půdorysné plochy PÚ tedy vyhovuje. [5]

U některých objektů nevzniká požadavek na mezní půdorysnou plochu a je možné vytvořit neomezeně velký PÚ. V případě objektů s nehořlavým konstrukčním systémem jsou to všechny PÚ spadající do 1. až 4. skupiny výroby a provozů, pokud se jedná o jednopodlažní objekty. Dále všechny PÚ 1. až 3. skupiny výroby a provozů ve vícepodlažních objektech, pokud je součinitel  $k_7 \leq 3,0$  a nejedná se o garáž. PÚ má aktivní požárně bezpečnostní zařízení se součinitelem  $c \leq 0,7$  a jde o jednopodlažní objekt se 3. či 4. skupinou výroby a provozů nebo vícepodlažní objekt se 2. či 3. skupinou výroby a provozů. V případě objektů se smíšeným nebo hořlavým konstrukčním systémem nemusí být stanovena mezní půdorysná plocha PÚ, pokud PÚ má  $c \leq 0,85$  pro 2. skupinu výroby a provozů,  $c \leq 0,7$  pro 3. skupinu výroby a provozů a  $c \leq 0,55$  u 4. skupiny výroby a provozů. [1]



Obr. 6 – Diagram pro určení mezní půdorysné plochy PÚ [1]

## 3 Vývoj a popis výpočetního nástroje

Po vytvoření nezbytných teoretických podkladů, dle kterých budou výpočty postupovat, je možné přistoupit k samotnému vývoji výpočetního nástroje. Cílem je vytvořit program zefektivňující činnost v oblasti požární bezpečnosti staveb, konkrétně výpočet požárního rizika ve výrobních objektech na základě normy ČSN 73 0804 [1], s přehledným a intuitivním uživatelským prostředím.

Z dlouhodobého hlediska je cílem vytvořit takový program, který bude možné jednoduše dále rozšiřovat o další oblasti požární bezpečnosti staveb, tedy o požadavky v normách řady 73 08xx. V neposlední řadě je důležité snadné šíření programu a jeho následné aktualizace.

### 3.1 Prozkoumání trhu

Při vývoji programu je vhodné také prozkoumat trh a zjistit, co nabízí konkurenční programy. Následně je možné zamýšlený program porovnat s již existujícími programy. Pro přímé porovnání byl zvolen program WINFIRE OFFICE 04, který je volně dostupný k vyzkoušení na omezenou dobu a zároveň se jedná o nejrozšířenější a nejpoužívanější software v této oblasti. Dalším konkurenčním softwarem je NX804-PRO od společnosti Bochnak software.

#### 3.1.1 WINFIRE OFFICE 04

WINFIRE OFFICE 04 je komerční software české společnosti Free RW-SOFT, která se věnuje vývoji softwaru již od roku 1990. Tento program umožňuje mimo jiné výpočet požárního rizika a určení stupně požární bezpečnosti ve výrobních objektech dle ČSN 73 0804. [9]

WINFIRE OFFICE 04 umožňuje následující funkce [9]:

- výpočet požárního rizika, soustředěného požárního zatížení a ekonomického rizika
- výpočet stupně požární bezpečnosti
- výpočet potřeby zásobování požární vodou a počtu hasicích přístrojů – ČSN 73 0873
- výpočet všech koeficientů, potřebných k výpočtu
- výpočet a posouzení únikových cest
- výpočet odstupových vzdáleností
- určení max. velikosti a podlažnosti požárního úseku
- řešení a výpočty necelistvých podlaží
- výpočet podle normy ČSN 73 0834 – Změny staveb
- možnost zadávání osob dle ČSN 73 0818
- zálohování dat, převod dat z ČSN 73 0802, ČSN 73 0834
- práce s daty v síti

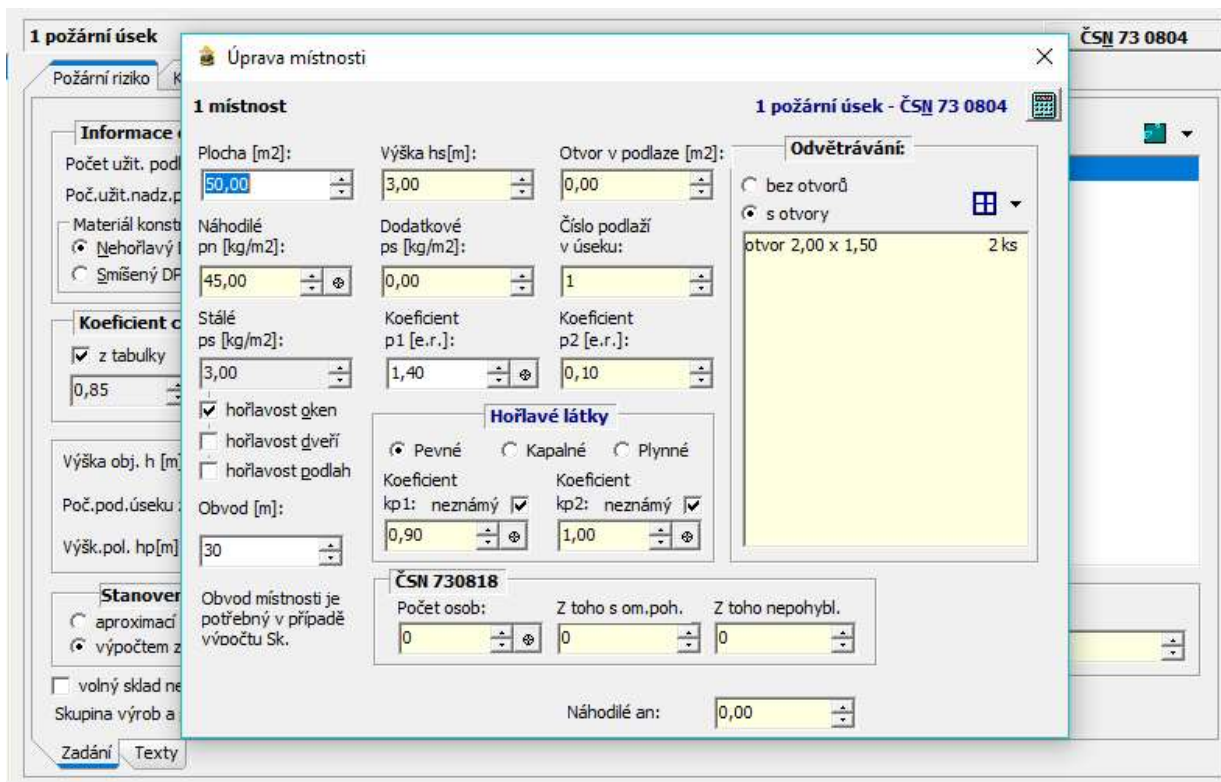
- optimalizace požárních úseků pomocí přesunů místností
- rychlá kontrola výpočtu kontrolními orgány

Jedná se o desktopovou aplikaci s nutností instalace podporující operační systém Windows. Po instalaci a spuštění se zobrazí úvodní obrazovka se stránkou pro vytvoření nové úlohy. Nejprve je nutné vyplnit základní informace o budově, viz Obr. 7, a vytvořit místnost (PÚ), pro kterou chceme spočítat požární riziko a určit SPB, jak je vidět na Obr. 8.

Obr. 7 – Úvodní obrazovka programu WINFIRE OFFICE 04 [9]

Program umožňuje komplexní řešení požární bezpečnosti stavby. Pro účely této diplomové práce je stěžejní část programu pro výpočet požárního rizika. Program umožňuje více variant výpočtu. Například stanovení povrchové plochy stavebních konstrukcí  $S_k$  pomocí aproximace přes součinitel  $k_3$  nebo výpočtem z rozměrů místnosti, tedy zadáním obvodu PÚ. V případě například šikmé střechy může být tento způsob výpočtu nepřesný.

Po zadání potřebných vstupních hodnot je možné provést výpočet a získat výsledné hodnoty. Program vytvoří protokol s výslednými hodnotami, který je v plné verzi programu možné exportovat. Náhled výsledného protokolu je zobrazen na Obr. 9.



Obr. 8 – Okno programu WINFIRE OFFICE 04 pro vytvoření a úpravu místnosti [9]

Zobrazit všechny výpočty

Jen požární úsek "1 požární úsek"

Požární úsek dle ČSN 73 0804: 1 požární úsek

**Zadané údaje:**

Počet užít. podl. v objektu ..... 1 [-]  
 Poč.užit.nadz.pod.v objektu ..... 1 [-]  
 Materiál konstrukce ..... **nehořlavý DP1**  
 Zařazení dle ČSN 73 0873 ..... **výr. objekt, sklad**  
 Koeff.  $k_4$  ..... **1,00** [-]  
 Koeff.  $k_7$  ..... **1,00** [-]  
 Skupina výrob a provozů ..... **typ 1**  
 Poloha úseku - podlaží ..... **nadzemní**  
 Koefficient  $c$  ..... **0,85**  
 $\Delta c_1$  ..... **0**  
 $\Delta c_2$  ..... **0**  
 $\Delta c_3$  ..... **0,15**

Místnosti požárního úseku:

Název místnosti	Plocha $S$ [m <sup>2</sup> ]	Výška $h_s$ [m]	Nahod. $p_n$ [kg.m <sup>-2</sup> ]	Dodat. $p_s$ [kg.m <sup>-2</sup> ]	Stálé $p_s$ [kg.m <sup>-2</sup> ]	$p_1$ [e.r.]	$p_2$ [e.r.]	Koeff. $k_{p1}$ [-]	Koeff. $k_{p2}$ [-]	Otvory $S_o/h_o$ [m <sup>2</sup> /m]	Čís. pod. [-]	Otvor v pod. [m <sup>2</sup> ]	Položka z tabulky
1 místnost	50,00	3,00	45,00	0,00	3,00	1,4	0,1	0,9	1	6,00/1,50	1	0,00	

Osoby v místnostech:

Název místnosti	Pohyblivé osoby	Omez. poh. osoby	Nepohyblivé osoby	Celkem osob	Položka z tabulky

**Výsledky výpočtu:**

Pravděpodobná doba požáru  $\tau$  ..... **42,62** [min]  
 Ekvivalentní doba požáru  $\tau_e$  ..... **42,58** [min]  
 Stupeň požární bezpečnosti pož.úseku (SPB) ..... **I**

Obr. 9 – Výsledné hodnoty zadaného PÚ v programu WINFIRE OFFICE 04 [9]

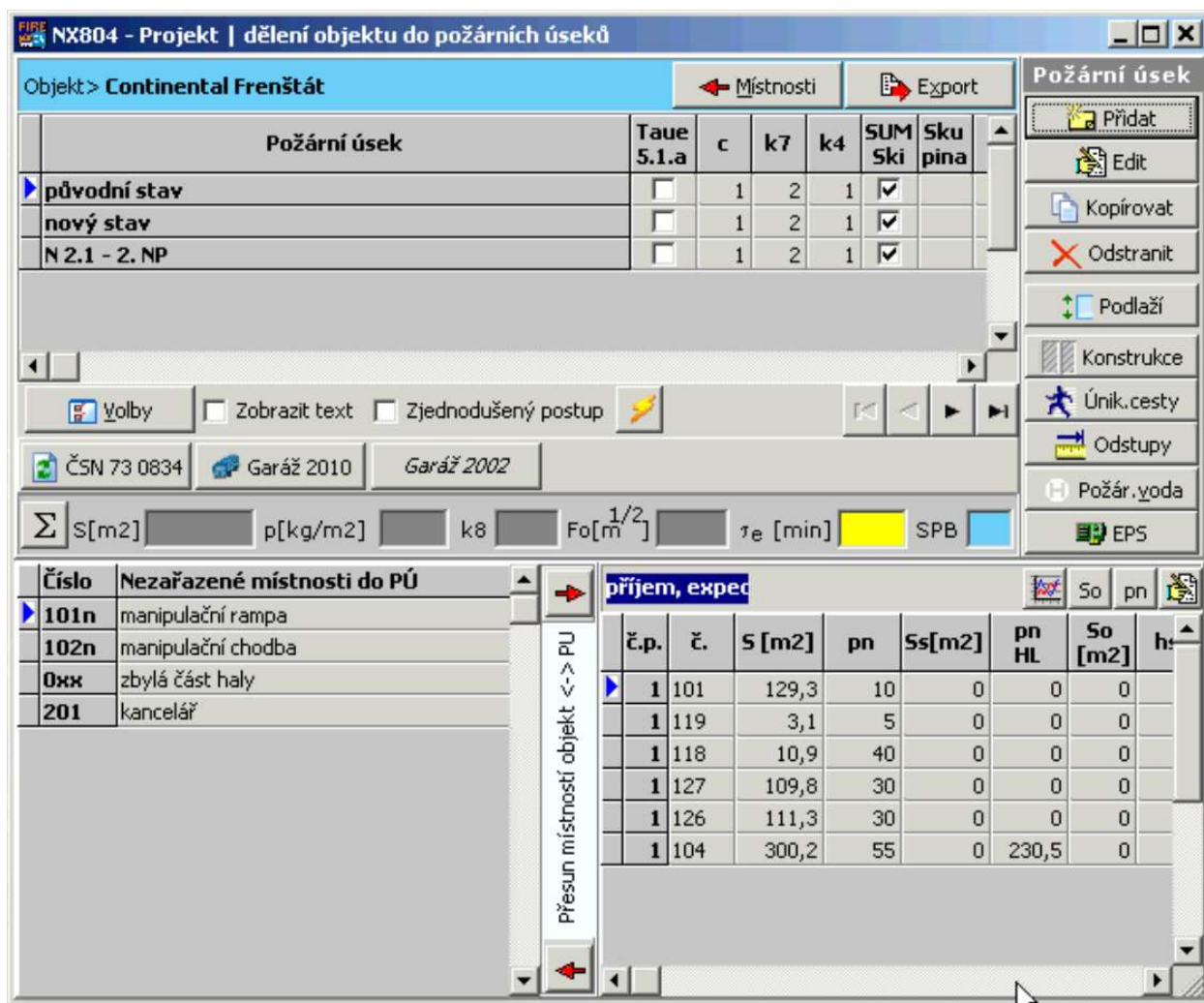
### 3.1.2 NX804-PRO

NX804-PRO je dalším softwarem na trhu od společnosti Bochnak NX software, který umožňuje mimo jiné výpočet požárního rizika. Jedná se o modulový systém zaměřený na problematiku požární bezpečnosti staveb postupující dle řady ČSN 73 08xx. Moduly byly schváleny ředitelstvím HZS v Praze. [10]

NX804-PRO umožňuje následující funkce [10]:

- výpočty požárního rizika
- řešení požárního rizika ve dvou variantách včetně vyhodnocení místně soustředěných požárních zatížení
- výpočty ekonomického rizika
- řešení požární bezpečnosti požárních úseků – mezní plochy, stupeň požární bezpečnosti a stanovení požadavků na požární odolnost a hořlavost stavebních hmot
- řešení jednopodlažních i vícepodlažních požárních úseků s vyhodnocením užítlosti podlaží
- stanovení odstupových vzdáleností
- stanovení normových hodnot obsazení objektu osobami podle ČSN 73 0818 pro navržení únikových cest evakuace osob
- dimenzování únikových cest
- zásobování požární vodou pro hašení
- stanovení požární odolnosti konstrukcí
- export do formátu DOC a jiné

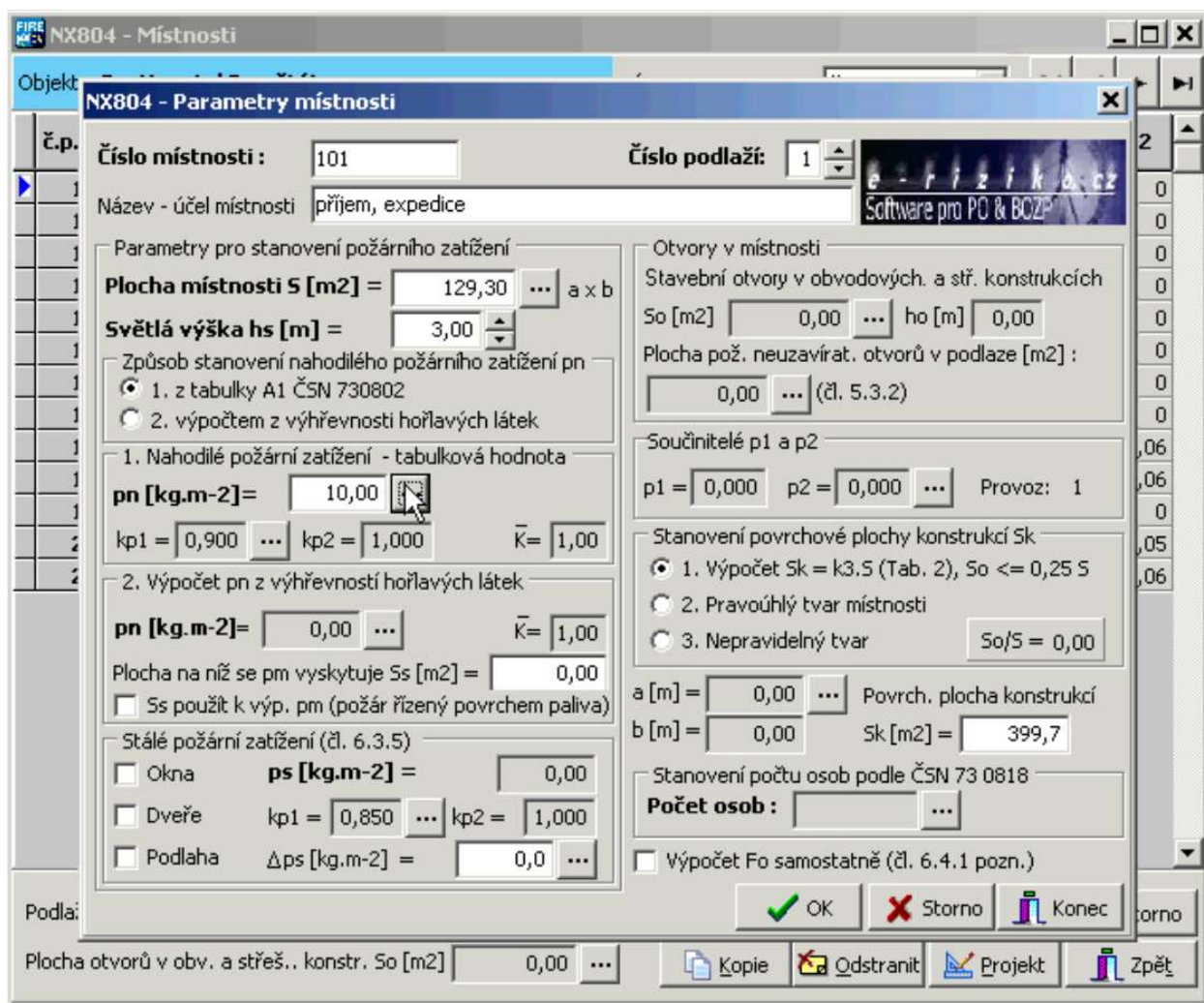




Obr. 10 – Otevřený projekt s jednotlivými požárními úseky v programu NX804-PRO [10]

Opět se jedná o klasickou desktopovou aplikaci s nutností instalace podporující operační systém Windows. Nutno podotknout, že se na první pohled jedná o starší software, který by si především po stránce uživatelského prostředí zasloužil vylepšení a modernizaci. Nicméně je možné vytvářet celé projekty, ve kterých vytváříte jednotlivé požární úseky, pro které zadáváte jednotlivé parametry. Na Obr. 10 je ukázka otevřeného projektu s vytvořenými požárními úseky. Jakým způsobem je možné zadat parametry pro jednotlivé místnosti je možné vidět na Obr. 11.

Pro výpočet požárního rizika je možné zvolit mezi zjednodušeným postupem a výpočtem pomocí pravděpodobné doby trvání požáru. Výsledný protokol je možné vytisknout nebo převést do textového dokumentu. [10]



Obr. 11 – Dialogové okno pro zadání parametrů místnosti v programu NX804-PRO [10]

Společnost Bochnak NX software dále nabízí modul NX804S, který nenabízí vše, co profesionální modul NX804-PRO, avšak je finančně dostupnější. Dále je možné dokoupit rozšíření NXLS pro práci s tabulkami XLS. [10]

## 3.2 Vývojové diagramy

Získané teoretické podklady a postupy je vhodné graficky znázornit pomocí vývojových diagramů. Vývojové diagramy přehledným způsobem zobrazují návaznosti a jednotlivé kroky algoritmu. Jedná se o strukturovanou metodu s definovanými symboly, které byly standardizovány.

### 3.2.1 Základní vývojový diagram

Nejprve byl vytvořen základní vývojový diagram, který znázorňuje základní princip funkčnosti programu, a tedy primární kroky, podle kterých bude program postupovat. Zadání vstupních hodnot a informací o požárním úseku, pro který se bude stanovovat stupeň požární bezpečnosti, následuje samotný výpočet, a nakonec zobrazení výsledných hodnot. Výsledné hodnoty se zobrazí

ve výstupním protokolu, který bude možné následně exportovat do formátu PDF či přímo vytisknout.

### 3.2.2 Hlavní vývojový diagram

Hlavní vývojový diagram je o něco podrobnější. Zobrazuje jednotlivé možnosti postupu výpočtu požárního rizika ve výrobních objektech, tedy jakým způsobem spočítat ekvivalentní dobu trvání požáru. V diagramu se také objevují jednotlivá omezení výpočtu, kdy se například zjednodušené metody výpočtu nesmí užít v případě vícepodlažního požárního úseku a dále zachycuje možnost vzniku místně soustředěného požárního zatížení, které také vyžaduje zvláštní postup výpočtu.

Samotné vývojové diagramy jsou součástí přílohy A této diplomové práce.

## 3.3 Programovací jazyk

Jakýkoliv algoritmus je nutné zapsat v některém z programovacích jazyků tak, aby mohl vzniknout samotný program. Jedná se tedy o formu zápisu, díky které daný problém následně formuluje počítač.

### 3.3.1 Programové prostředí MATLAB

V první fázi bylo zvoleno interaktivní programové prostředí a skriptovací programovací jazyk MATLAB. Ten umožňuje mimo jiné právě tvorbu aplikací včetně uživatelského rozhraní. Jedná se však o komerční software a případná distribuce vytvořeného programu by byla značně komplikovaná. [11] Z tohoto důvodu byla v tomto prostředí vytvořena pouze alfa verze programu v rámci diplomového semináře a od dalšího vývoje této verze bylo upuštěno.

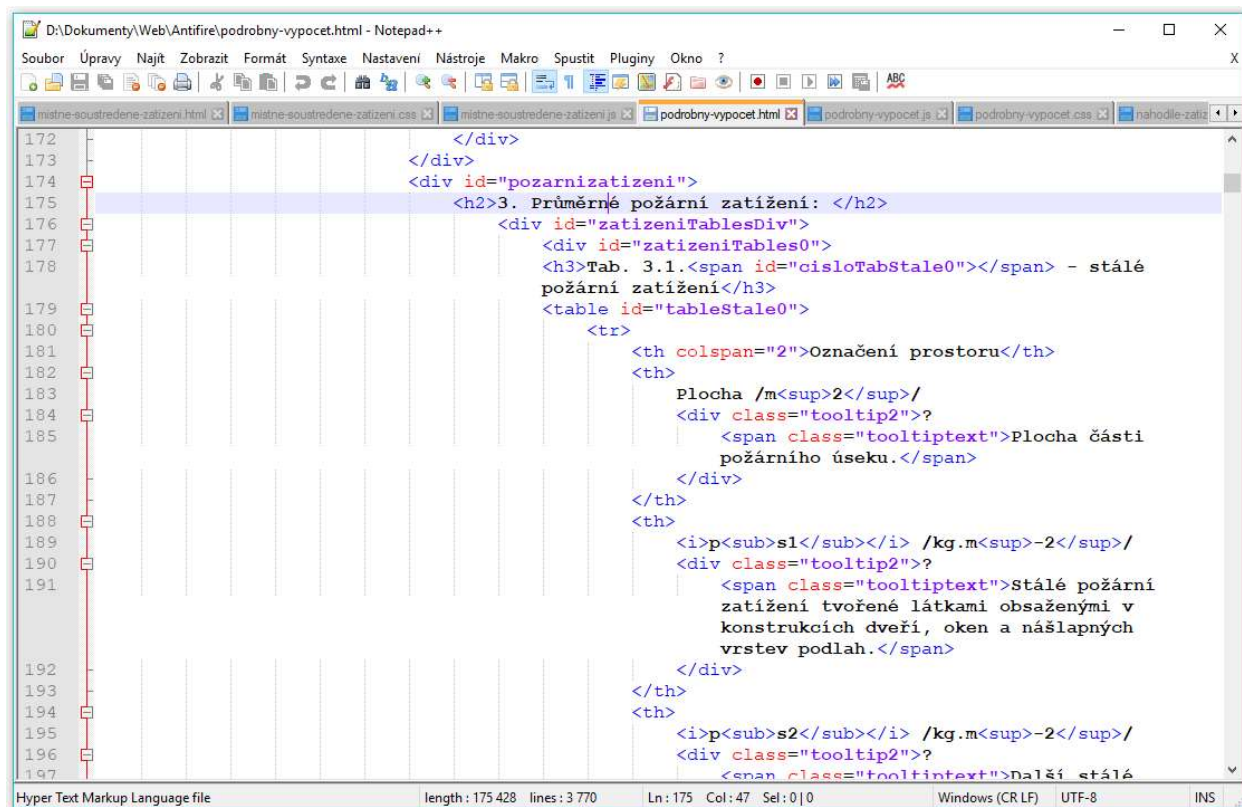
Nevýhodou většiny konkurenčních programů je fakt, že se jedná o desktopové aplikace a je tedy nutná instalace. To je také další podstatný důvod, proč bylo upuštěno od programového prostředí MATLAB, které vyžaduje instalaci poměrně velké knihovny.

### 3.3.2 Webová aplikace

Samozřejmě je nutné instalovat každý program, ovšem existuje program, který má drtivá většina uživatelů počítačů, a tím je webový prohlížeč. Webové aplikace je tedy velmi snadné šířit a velmi rychle aktualizovat a rozšiřovat. Samotné webové aplikace je možné psát ve značkovacím jazyce Hypertext Markup Language (html) a objektově orientovaném jazyce JavaScript. Výhodou těchto programovacích jazyků je, že se jedná o otevřený formát a je možné v nich cokoli vytvářet bez právních omezení.

V rámci diplomové práce se již tedy program vytvářel jako webová aplikace. Více než program samotný projekt připomíná spíše webovou stránku.

Pro psaní kódu webové aplikace byl zvolen jednoduchý textový editor Notepad ++ [11]. Ukázka části kódu webové aplikace je zobrazena na Obr. 12, konkrétně se jedná o část html kódu s průměrným požárním zatížením. Pro představu rozsahu html kódu stránka obsahující podrobný výpočet čítá více než 3000 řádků.



```

172     </div>
173   </div>
174   <div id="pozarnizatizeni">
175     <h2>3. Průměrné požární zatížení: </h2>
176     <div id="zatizeniTablesDiv">
177       <div id="zatizeniTables0">
178         <h3>Tab. 3.1.<span id="cisloTabStale0"></span> - stále
179         požární zatížení</h3>
180         <table id="tableStale0">
181           <tr>
182             <th colspan="2">Označení prostoru</th>
183             <th>
184               Plocha /m<sup>2</sup>/
185               <div class="tooltip2">?
186                 <span class="tooltiptext">Plocha části
187                 požárního úseku.</span>
188               </div>
189             </th>
190             <th>
191               <i>p<sub>s1</sub></i> /kg.m<sup>-2</sup>/
192               <div class="tooltip2">?
193                 <span class="tooltiptext">Stálé požární
194                 zatížení tvořené látkami obsaženými v
195                 konstrukcích dveří, oken a nášlapných
196                 vrstev podlah.</span>
197               </div>
198             </th>
199             <th>
200               <i>p<sub>s2</sub></i> /kg.m<sup>-2</sup>/
201               <div class="tooltip2">?
202                 <span class="tooltiptext">Další stálé
  
```

Obr. 12 – Ukázka html kódu v programu Notepad++

Html kód však pouze definuje rozložení, obsah a částečně i vzhled jednotlivých stránek. Způsob, jakým jsou zpracována zadaná data do jednotlivých políček, je určen pomocí Javascriptu. Ukázka části kódu s Javascriptem je vyobrazena na Obr. 13, konkrétně se jedná o výpočet průměrného požárního zatížení. Pro porovnání rozsahu oproti html kódu stránka s podrobným výpočtem si vyžádala téměř 4000 řádků, dále je však nutné připočítat dalších více než 3000 řádků pro vkládání hodnot nahodilého požárního zatížení a více než 2000 řádků pro výběr jednotlivých výrob a provozů. Hlavním prvkem webové aplikace je tedy Javascript.

Třetím a pouze doplňujícím prvkem webové aplikace jsou kaskádové styly (CSS). Kaskádové styly definují vzhled jednotlivých stránek. Umožňují měnit velikost jednotlivých prvků, barevnost a mnoho dalšího.



```

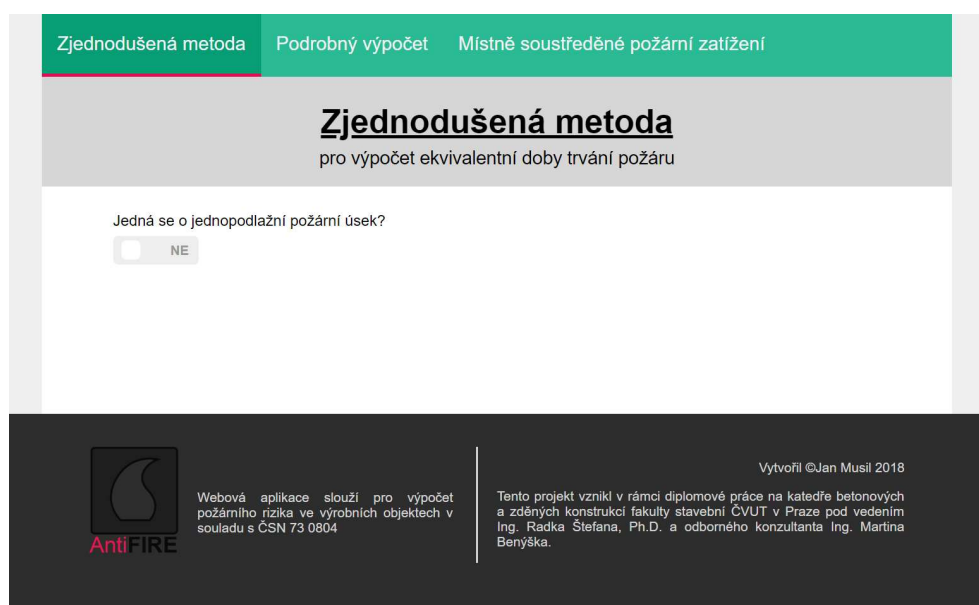
1577
1578 /* Výpočet požárního zatížení */
1579 var ps0=0;
1580 document.getElementById("stale0").innerHTML= ps0;
1581 var p=0;
1582
1583 function pozzat() {
1584     var nameArray = [];
1585     var SArray = [];
1586     var pnArray = [];
1587     var ps1Array = [];
1588     var ps2Array = [];
1589     var kp1Array = [];
1590     var kp1nArray = [];
1591     var kp2Array = [];
1592     var kp2nArray = [];
1593
1594     var tables = document.getElementById("zatizeniTablesDiv").getElementsByTagName("table").length;
1595
1596     for (j = 0; j < (tables/2); j++) {
1597         var namenum= document.getElementById("nazev" + j).value
1598         var Snum= parseInt(1000*document.getElementById("plocha" + j).value);
1599         var pnnum= parseInt(1000*document.getElementById("nahodile" + j).value);
1600         var psnum= parseInt(1000*document.getElementById("staledruhe" + j).value);
1601         var kp1num= parseInt(1000*document.getElementById("souc1kp" + j).value);
1602         var kp1nnum= parseInt(1000*document.getElementById("souc1nkp" + j).value);
1603         var kp2num= parseInt(1000*document.getElementById("souc2kp" + j).value);
1604         var kp2nnum= parseInt(1000*document.getElementById("souc2nkp" + j).value);
1605
1606         nameArray.push(namenum);
1607         SArray.push(Snum/1000);

```

Obr. 13 – Ukázka části Javascript kódu v programu Notepad++

### 3.4 Popis programu

Je možné zvolit ze tří možností postupu výpočtu. Při zvolení zjednodušené metody pro výpočet ekvivalentní doby trvání požáru jste hned v úvodu dotázáni, zda se jedná o jednopodlažní požární úsek. Pokud ano, je možné pokračovat a zobrazí se další postup, v opačném případě je nutné zvolit jinou výpočetní metodu.



Obr. 14 – Výběr postupu výpočtu a úvodní dotaz pro zjednodušenou metodu

### 3.4.1 Zjednodušená metoda

Zjednodušená metoda umožňuje rychlý postup a výpočet v několika krocích, ovšem nutno podotknout, že v mnoha případech je tento postup dostatečný a samotná norma ČSN 73 0804 [1] ho žádným jiným způsobem než podlažností požárního úseku neomezuje.

V první části je nutné vyplnit parametry objektu a posuzovaného požárního úseku. U každého políčka je možné zobrazit nápovědu, která upřesní, co je požadováno za informaci. Za zmínku stojí tvar požárního úseku, se kterým se v samotné normě přímo nesetkáme. V nabídce jsou tři možnosti tvaru požárního úseku, a to obdélník, pravoúhlý tvar a nepravidelný tvar. Za těmito třemi možnostmi se skrývá způsob výpočtu součinitele  $k_3$ , který je v případě obdélníkového tvaru získáván na základě Tab. 2 normy ČSN 73 0804 [1]. Pokud zvolíme pravoúhlý tvar, je nutné dále vyplnit obvod požárního úseku, jelikož je součinitel  $k_3$  získáván podle rovnice (7), kdy je plocha  $S_k$  počítána právě na základě obvodu požárního úseku. Tohoto postupu nelze užít v případě, že jednotlivé konstrukce nejsou pravoúhlé, a proto je zde třetí možnost nepravidelného tvaru, kdy je nutné zadat přímo povrchovou plochu stavebních konstrukcí  $S_k$ . Pokud zvolíme obdélníkový tvar a hodnoty plochy a výšky požárního úseku vychází mimo normovou tabulku, je na tento fakt uživatel upozorněn a je nutné zvolit jiný tvar, jelikož má v takovém případě součinitel  $k_3$  hodnotu nula.

**Parametry objektu a požárního úseku:**

Poloha:  ?      Konstruktivní systém:  ?

Počet NP:  ?      Počet PP:  ?      Tvar PÚ:  ?

Plocha:  m<sup>2</sup> ?      Světlná výška:  m ?

Obr. 15 – zadání parametrů objektu a požárního úseku

Druhá část je věnována parametru odvětrání, kdy volíme mezi požárním úsekem bez otvorů a s otvory. V případě, že zvolíme požární úsek s otvory, zobrazí se tabulka s otvory, v opačném případě má parametr odvětrání přednastavenou hodnotu  $F_o = 0$ . Do tabulky je možné přidávat libovolné množství otvorů. Uživatelé jsou také průběžně zobrazovány hodnoty plochy všech otvorů  $S_o$ , povrchové plochy stavebních konstrukcí  $S_k$  a parametru odvětrání  $F_o$ .

**Parametr odvětrání:** s otvory  $F_o = 0.017 \text{ m}^{1/2}$

Počet	$b_o$ /m/	$h_o$ /m/	$S_o$ /m <sup>2</sup> /
2	2	1,5	3
1	0	2	2
0	0	0	0

$S_k = 588.7 \text{ m}^2$   
 $S_o = 8 \text{ m}^2$

Obr. 16 – zjednodušená metoda: tabulka otvorů a výpočet parametru odvětrání

Ve třetí části je možné zadat požární zatížení v jednotlivých místnostech. Pomocí tlačítka se symbolem plus lze přidat libovolné množství místností. Pro přehled je vhodné vyplnit názvy jednotlivých místností, ale pro samotný výpočet tato položka není potřeba. Půdorysnou plochu místnosti již nutné vyplnit je. Nahodilé požární zatížení lze zadat přímo, nebo pomocí nabídky s jednotlivými druhy provozu, kde je možné zvolit zatížení z nabízeného výběru, jedná se o přílohu A normy ČSN 73 0802 [6], kdy se po zvolení vypíše zvolená položka této normy. Stálé požární zatížení je počítáno na základě informace o obsahu hořlavých látek v konstrukcích dveří, oken a nášlapných vrstev podlah a také zadané plochy místnosti. Stálé požární zatížení je však možné zadat i ručně. Celkové požární zatížení je průběžně počítáno a zobrazeno v závěru této části. V případě, že se v požárním úseku tedy v jedné z místností vyskytne místně soustředěné požární zatížení, je na tento fakt uživatel upozorněn a místnosti s místně soustředěným zatížením jsou automaticky označeny.

**Požární zatížení:**

Označení prostoru	Plocha /m <sup>2</sup> /	Pol.	$p_n$ /kg.m <sup>-2</sup> /	$p_{s1}$ /kg.m <sup>-2</sup> /	$p_{s2}$ /kg.m <sup>-2</sup> /
lakovna	200	13.1.5	50	<input checked="" type="checkbox"/> dveře <input type="checkbox"/> okna <input type="checkbox"/> podlaha	2
					0

Celková plocha PÚ **S = 200 m<sup>2</sup>**

Celkové požární zatížení **p = 52 kg.m<sup>-2</sup>**

Neznamená místně soustředěné požární zatížení.

Obr. 17 – zjednodušená metoda: požární zatížení

V další části uživatel zadává informaci o výskytu požárně bezpečnostních zařízení ve smyslu normy ČSN 73 0804 [1]. Některá zařízení je možné zvolit jen v určité kombinaci. Výsledná hodnota součinitele  $c$  je průběžně počítána a zobrazována uživateli, jak je vidět na Obr. 18.

**Požárně bezpečnostní zařízení:**

SSHZ SOZ pásmo H1

Součinitel  $c = 1$

pásmo H2 quick response sprinklers

EPS

Obr. 18 – zjednodušená metoda: požárně bezpečnostní zařízení

V předposlední části je počítáno a posuzováno ekonomické riziko požárního úseku. Po vyplnění jednotlivých místností a jejich půdorysných ploch v části s požárním rizikem jsou již tyto informace automaticky vyplněny i do této části programu. Následně je možné jednotlivé pravděpodobnosti zadat ručně nebo je vybrat z nabízeného seznamu dle dané výroby a provozu. Nabízené hodnoty jsou dle přílohy E normy ČSN 73 0804 [1]. Dále je nutné z nabídky zvolit charakter následných škod, který určuje hodnotu součinitele  $k_7$ . Po zadání parametrů je ihned posouzeno ekonomické riziko a mezní půdorysná plocha požárního úseku.

Po zadání všech parametrů a informací o objektu a požárním úseku je možné provést finální výpočet, po kterém se zobrazí výsledné hodnoty v závěrečné části. Dále je možné zobrazit požadované hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí a také vytvořit výstupní protokol.

**Výsledné hodnoty:**

$F_o = 0.017 \text{ m}^{1/2}$	$S = 200 \text{ m}^2$	$S_k = 588.67 \text{ m}^2$	$S_o = 8 \text{ m}^2$
Součinitel $k_3 = 2.94$	Součinitel $k_5 = 1$	Součinitel $k_6 = 1$	Součinitel $k_8 = 0.42$
$\rho_n = 50 \text{ kg.m}^{-2}$	$\rho_s = 2 \text{ kg.m}^{-2}$		Součinitel $c = 1$
Celkové požární zatížení $p = 52 \text{ kg.m}^{-2}$			
<b>Ekvivalentní doba trvání požáru <math>\tau_e = 69.49 \text{ min}</math></b>			
<b>Výsledný SPB II.</b>			

Požadované PO Vytvořit protokol VÝPOČET

Obr. 19 – zjednodušená metoda: výsledné hodnoty

Po zvolení tlačítka pro vytvoření protokolu se zobrazí další políčka pro zadání doplňujících informací o požárním úseku, samotném objektu a také zadavateli výpočtu. Následně je možné zobrazit finální výstupní protokol, ve kterém jsou vypsány všechny potřebné informace a výsledky. Výstupní protokol je možné dále uložit do formátu PDF nebo přímo vytisknout.



### 3.4.2 Podrobný výpočet

Pokud se jedná o vícepodlažní požární úsek nebo chceme do výpočtu brát v úvahu požární zařízení a opatření je nutné zvolit podrobný výpočet.

První část se od zjednodušeného výpočtu příliš neliší. Rozdílem je pouze očíslování jednotlivých částí pro větší přehlednost. Opět je možné volit mezi jednotlivými tvary požárního úseku, a tedy způsobu výpočtu součinitele  $k_3$ .

Druhá část se již liší o něco více. Po zvolení výpočtu parametru odvětrání s otvory se zobrazí tabulka pro zadání otvorů z možností přidání libovolného počtu řádků. Oproti zjednodušenému výpočtu je možné upravit hodnotu součinitele  $k_4$  a součinitele  $\bar{K}$ . V praxi se tyto hodnoty příliš neupravují, proto je možné je měnit pouze ručně a jako výchozí hodnota je zadána hodnota 1,0 pro oba součinitele.

2. Parametr odvětrání: s otvory

$k_3 = 2.94$        $\gamma = 6.9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-5/2}\cdot\text{min}^{-1}$        $F_0 = 0.017 \text{ m}^{1/2}$        $v_v = 0.35 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$

$k_4 = 1$        $\bar{K} = 1$        $F_1 = 0.017 \text{ m}^{1/2}$

Tab. 2.1 - otvory v požárním úseku

Počet	$b_o$ /m/	$h_o$ /m/	$S_o$ /m <sup>2</sup> /
2	2	1,5	3
1	0	2	2
0	0	0	0

$S_k = 588.7 \text{ m}^2$   
 $S_o = 8 \text{ m}^2$

Obr. 20 – podrobný výpočet: výpočet parametru odvětrání

Ve třetí části věnované požárnímu riziku se nachází nejvíce změn oproti zjednodušenému výpočtu. Nahodilému a stálému požárnímu zatížení jsou věnovány samostatné tabulky, které jsou automaticky číslovány podle přidávaných místností. Po vyplnění názvu a půdorysné plochy místnosti v tabulce pro stálé požární zatížení jsou tyto parametry automaticky vyplněny i do tabulky pro nahodilé požární zatížení. Pro oba typy zatížení je možné zadat požární zatížení a opatření a upravit hodnotu součinitele  $k_{p1}$  a  $k_{p2}$  na základě typu hořlavé látky, či obsahu vody v hořlavé látce, a to pro každou místnost zvlášť. Stálé požární zatížení se opět zadává dle hořlavých látek v konstrukcích dveří, oken a nášlapných vrstev podlah či zadáním ruční hodnoty. Nahodilé požární zatížení je možné vybrat z nabídky dle přílohy A normy ČSN 73 0802 [6] nebo ji upravit ručně. V závěru této části programu je zobrazena hodnota celkového průměrného požárního zatížení a je vyhodnoceno místně soustředěné požární zatížení. V případě výskytu místně

soustředěného požárního zatížení je na tento fakt uživatel upozorněn a místnosti, ve kterých toto požární zatížení vzniká, jsou zvýrazněny.

### 3. Průměrné požární zatížení:

Tab. 3.1.1 - stálé požární zatížení

Označení prostoru	Plocha /m <sup>2</sup> / ?	$p_{s1}$ /kg.m <sup>-2</sup> / ?	$p_{s2}$ /kg.m <sup>-2</sup> / ?	$k_{p1}$ ?	$k_{p2}$ ?
lakovna	200	<input checked="" type="checkbox"/> dveře <input type="checkbox"/> okna 2 <input type="checkbox"/> podlaha	0	0,85	1,0
$k_{p1}$	Druh hořlavé látky: tuhá hořlavá látka		Obsah vody v hořlavé látce: <input type="text"/> hmot. %		
$k_{p2}$	Požární zařízení a opatření: žádné				

Tab. 3.2.1 - nahodilé požární zatížení

Označení prostoru	Plocha /m <sup>2</sup> / ?	Pol. ?	$p_n$ /kg.m <sup>-2</sup> / ?	$k_{p1}$ ?	$k_{p2}$ ?
lakovna	200	13.1.5	50 ...	0,9	1,0
$k_{p1}$	Druh hořlavé látky: tuhá hořlavá látka		Obsah vody v hořlavé látce: <input type="text"/> hmot. %		
$k_{p2}$	Požární zařízení a opatření: žádné				

Celková plocha PÚ **S = 200 m<sup>2</sup>**

Průměrné požární zatížení  **$\bar{p} = 46.7 \text{ kg.m}^{-2}$**

Obr. 21 – podrobný výpočet: požární zatížení

Část pro zadání požárně bezpečnostních zařízení a posouzení a výpočtu ekonomického rizika je totožná se zjednodušenou variantou výpočtu. Opět jsou automaticky vyplněny názvy a půdorysné plochy všech již zadaných místností. Pro větší přehlednost jsou tabulky s ekonomickým rizikem pro jednotlivé místnosti automaticky číslovány. I v tomto případě je ekonomické riziko a mezní půdorysná plocha ihned posouzena.

## 5. Ekonomické riziko:

Tab. 5.1 - ekonomické riziko

Označení prostoru	Plocha /m <sup>2</sup> /	Pol. ?	Skup. ?	p <sub>1</sub> ?	p <sub>2</sub> ?	k <sub>7</sub> ?	Výroba a provoz
lakovna	200	5.7	5.	1,4	0,08	1	vybrat
k <sub>7</sub>	Charakter následných škod: žádné nebo malé						

Index pravděpodobnosti vzniku a rozšíření požáru  $P_1 = 1.4$

Index pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem  $P_2 = 16$

POSOUZENÍ: **Ekonomické riziko je únosné.**

Mezní půdorysná plocha požárního úseku  $S_{max} = 14242.77m^2$

POSOUZENÍ:  $S = 200 m^2 \leq S_{max} = 14242.8 m^2 \Rightarrow$  **VYHOVUJE**

Obr. 22 – posouzení ekonomického rizika

Nakonec je možné stisknout tlačítko pro výpočet a zobrazit všechny výsledné hodnoty. V případě zadání nesmyslných hodnot je výsledný stupeň požární bezpečnosti vypsán jako chybný a uživatel je upozorněn na neznámé hodnoty. Po výpočtu je umožněno zobrazit požadované hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí a také vytvořit výstupní protokol.

## 5. Výsledné hodnoty:

$$F_o = 0.017 m^{1/2}$$

$$S = 200 m^2$$

$$S_k = 588.67 m^2$$

$$S_o = 8 m^2$$

$$\text{Součinitel } k_3 = 2.94$$

$$\text{Součinitel } k_4 = 1$$

$$\text{Součinitel } k_5 = 1$$

$$\text{Součinitel } k_6 = 1$$

$$\text{Součinitel } k_8 = 0.42$$

$$\text{Součinitel } \bar{K} = 1$$

$$\text{Součinitel } c = 1$$

$$p_n = 45 kg.m^{-2}$$

$$p_s = 1.7 kg.m^{-2}$$

$$\bar{p} = 46.7 kg.m^{-2}$$

$$F_1 = 0.017$$

$$T_g = 837.1 C^\circ$$

Pravděpodobná doba trvání požáru  $\bar{\tau} = 132.94 \text{ min}$

**Ekvivalentní doba trvání požáru  $\bar{\tau}_e = 63.72 \text{ min}$**

**Výsledný SPB II.**

Požadované PO

Vytvořit protokol

VÝPOČET

Obr. 23 – podrobný výpočet: výsledné hodnoty

Při tvorbě protokolu je vhodné zadat další údaje o samotném projektu, pro který je protokol vytvářen. Protokol je možné jednoduše vytisknout či uložit do formátu PDF.

## Stanovení požárního rizika ekvivalentní dobou trvání požáru pro průměrné požární zatížení dle ČSN 73 0804



### Požární úsek: N1.01-II

Název stavby:	Lakovna SPRAYMAX	Číslo zakázky:	18122001
Místo stavby:	Praha	Stupeň:	DSP
Investor:	SPRAYMAX		
Projektant:	Bc. Jan Musil		
Vypracoval:	Bc. Jan Musil	Datum:	20.12.2018

Počet nadzemních užitných podlaží objektu:	1	<b>Navržená požární bezpečnostní zařízení:</b>	
Počet podzemních užitných podlaží objektu:	0	Samočinné stabilní hasicí zařízení (SSHZ):	NE
Poloha požárního úseku:	nadzemní podlaží	Samočinné odvětrávací zařízení (SOZ):	NE
Konstrukční systém objektu:	nehořlavý DP1	Zásah JPO v časovém pásmu H1:	NE
Plocha požárního úseku:	150 m <sup>2</sup>	Zásah JPO v časovém pásmu H2:	NE
Světlá výška požárního úseku:	3 m	Elektrická požární signalizace (EPS):	NE

Označení prostoru	Plocha S [m <sup>2</sup> ]	Pol. <sup>1)</sup>	Nahodilé požární zatížení p <sub>n</sub> [kg.m <sup>-2</sup> ]	k <sub>p1</sub>	k <sub>p2</sub>	Stálé požární zatížení p <sub>s</sub> [kg.m <sup>-2</sup> ]	k <sub>p1</sub>	k <sub>p2</sub>
lakovna	150	13.1.5	50	0.9	1	2	0.85	1

1) Položka dle Přílohy A normy ČSN 73 0802

Označení prostoru	Plocha S [m <sup>2</sup> ]	Položka dle přílohy E normy ČSN 73 0804	Skupina výrob a provozů	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	k <sub>7</sub>
lakovna	150	5.7	5.	1.4	0.08	1.5

Index pravděpodobnosti vzniku a rozšíření požáru	P <sub>1</sub> = 1.4	Index pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem	P <sub>2</sub> = 18
Půdorysná plocha požárního úseku	S = 150 m <sup>2</sup>	Mezní půdorysná plocha požárního úseku	S <sub>max</sub> = 9495.18 m <sup>2</sup>
Povrchová plocha stavebních konstrukcí	S <sub>k</sub> = 436.5 m <sup>2</sup>	Parametr odvětrání	F <sub>o</sub> = 0.023 m <sup>1/2</sup>
Plocha otvorů v obvodové a střešní konstrukci požárního úseku	S <sub>o</sub> = 8 m <sup>2</sup>	Přepočtový parametr odvětrání příslušející průměrnému požárnímu zatížení	F <sub>1</sub> = 0.023 m <sup>1/2</sup>
Součinitel rychlosti odhořívání	γ = 6.52 kg.m <sup>-5/2</sup> .min <sup>-1</sup>	Rychlost odhořívání hořlavých látek při požáru řízeném parametrem odvětrání	v <sub>v</sub> = 0.44 kg.m <sup>-2</sup> .min <sup>-1</sup>
Průměrná hodnota součinitele ekvivalentního množství dřeva	K = 1	Součinitel vyjadřující vliv aktivního požární bezpečnostního zařízení nebo opatření	c = 1
Součinitel závislosti plochy S <sub>k</sub> a plochy S	k <sub>3</sub> = 2.91	Součinitel vlivu tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí ohraničujících požární úsek	k <sub>4</sub> = 1
Součinitel vlivu počtu podlaží	k <sub>5</sub> = 1	Součinitel vlivu konstrukčního systému objektu	k <sub>6</sub> = 1
Součinitel vlivu následných škod	k <sub>7</sub> = 1.5	Součinitel bezpečnosti požární odolnosti stavební konstrukce	k <sub>8</sub> = 0.42
Celkové nahodilé požární zatížení	p <sub>n</sub> = 45 kg.m <sup>-2</sup>	Celkové stálé požární zatížení	p <sub>s</sub> = 1.7 kg.m <sup>-2</sup>
Celkové průměrné požární zatížení	ṗ = 46.7 kg.m <sup>-2</sup>		
Pravděpodobná teplota plynů v hořícím prostoru	T <sub>g</sub> = 2020.68 C°	Pravděpodobná doba trvání požáru pro průměrné požární zatížení	τ̄ = 105.5 min
Ekvivalentní doba trvání požáru τ <sub>e</sub> = 68.22 min			
<b>Výsledný stupeň požární bezpečnosti II.</b>			

Obr. 24 – podrobný výpočet: výstupní protokol

### 3.4.3 Místně soustředěné požární zatížení

V případě výskytu místně soustředěného požárního zatížení v části požárního úseku je nutné tento prostor z požárního úseku vyjmout a určit stupeň požární bezpečnosti v poslední části programu.

První část pro zadání vstupních parametrů objektu a požárního úseku se opět neliší od předchozích variant výpočtu. Ovšem namísto hodnot celého požárního úseku je nutné zadávat hodnoty týkající se pouze vymezené části požárního úseku s místně soustředěným požárním zatížením. Součinitel  $k_3$  je počítán třemi způsoby na základě tvaru části požárního úseku.

V případě části týkající se parametru odvětrání nenajdeme příliš změn oproti podrobnému výpočtu. Je možné upravovat hodnoty součinitelů  $k_4$  a  $\bar{K}$  a opět je možné přidávat libovolné množství otvorů.

Požární zatížení lze zadat dvěma způsoby. V případě, že provoz způsobující místně soustředěné požární zatížení se shoduje s provozem uvedeným v příloze A normy ČSN 73 0802 [6], lze tento provoz pouze vybrat z nabídky. Pokud však místně soustředěné požární zatížení způsobuje několik specifických látek, je vhodné zvolit podrobný výpočet. Poté se zobrazí tabulka pro jednotlivé látky, které lze v libovolném počtu přidávat. Vlastnosti látek jsou převzaty z normy ČSN 73 0824 a přílohy D normy ČSN 73 0804 [1]. V závislosti na dostupných informacích o látce jsou po vybrání látky vyplněny odpovídající položky. Je možné počítat na základě hmotnosti látky, nebo hmotnosti odhořelého množství dané látky z jednoho m<sup>2</sup> jejího povrchu za jednu minutu a povrchové plochy, na níž může dojít k odhořívání dané látky při požáru. Výpočet a zadávání součinitelů  $k_{p1}$  a  $k_{p2}$  je shodný s podrobným výpočtem. Místně soustředěné požární zatížení je ihned spočítáno a zobrazeno uživateli.

Další dvě části se opět shodují s podrobným výpočtem. Požárně bezpečnostní zařízení je možné jednoduše zvolit a uživateli je zamezeno zvolit nesmyslnou kombinaci. I pro místně soustředěné požární zatížení je možné spočítat a posoudit ekonomické riziko. Znovu může uživatel vše zadat ručně nebo vybrat z nabídky. Po zadání parametrů je ekonomické riziko a mezní půdorysná plocha automaticky posouzena.

Poté, co uživatel projde a vyplní všechny části programu, může provést závěrečný výpočet stisknutím tlačítka výpočet a vzápětí se zobrazí výsledné hodnoty. Ty je možné přenést do výstupního protokolu stisknutím tlačítka vytvořit protokol. Ještě předtím je vhodné vyplnit několik údajů o projektu a následně se výsledný protokol zobrazí a je možné jej ihned vytisknout nebo uložit do formátu PDF. Samozřejmě je zde možnost také zobrazit požadované hodnoty požární odolnosti.

## 4 Verifikace a validace

Každý program je nutné verifikovat a validovat tak, aby byla ověřena funkčnost, zda byly použity správné algoritmy a zda se v programu nenachází žádné chyby. Ověření správné funkčnosti probíhá pomocí několika vzorových příkladů. V rámci diplomové práce je podrobněji popsán jeden z těchto příkladů.

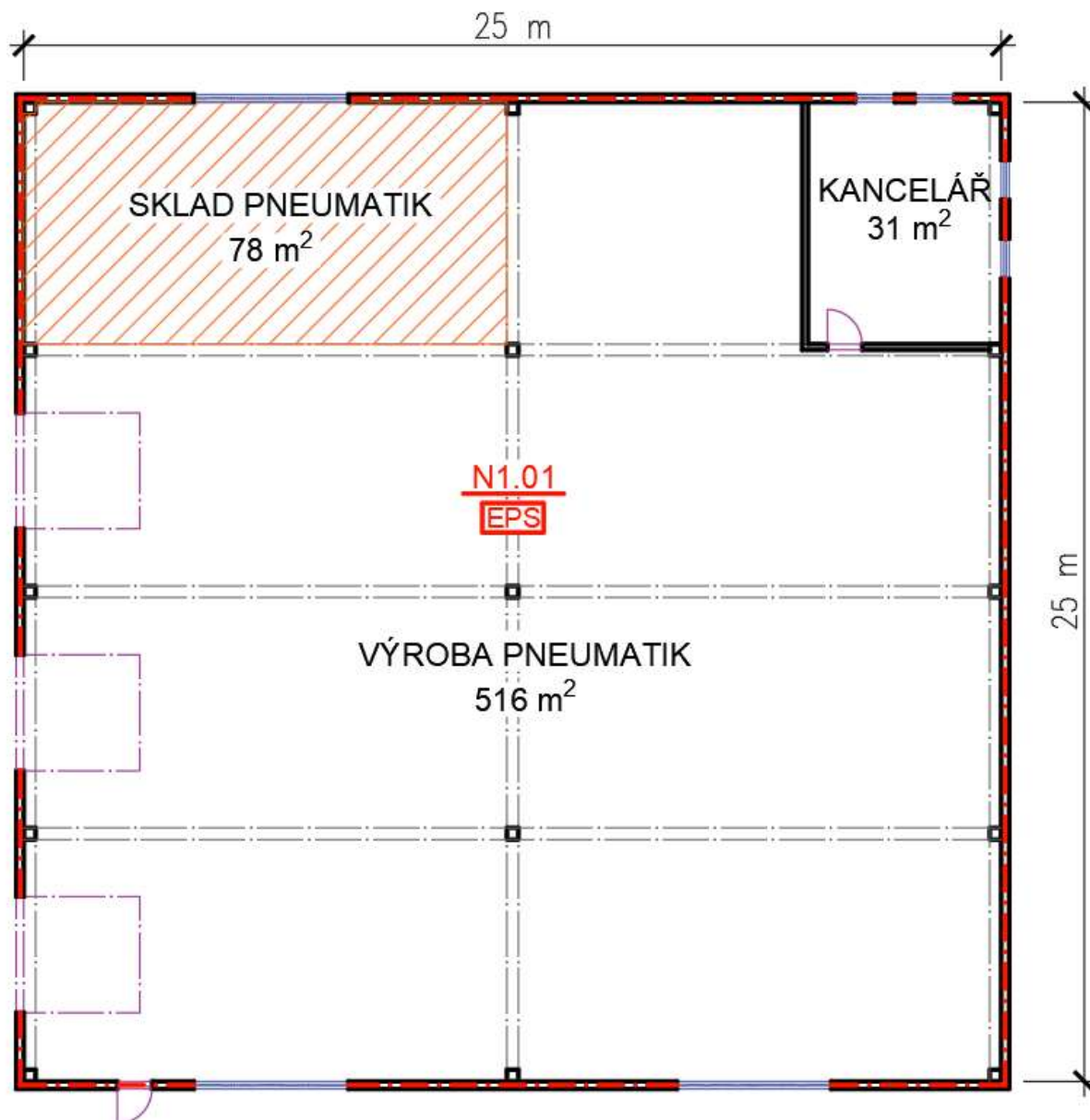
Snahou bylo zvolit takový příklad, který umožní ověřit co nejvíce funkcí programu. Pro porovnání a kontrolu výsledků posloužil konkurenční program WINFIRE OFFICE 04. Zároveň je možné zhodnotit případné odchylky v přístupu obou programů.

### 4.1 Vzorový příklad

Jedná se o smyšlený příklad, který by se však neměl příliš vzdalovat od reality. Místnosti jsou zvoleny tak, aby v jedné z nich vzniklo místně soustředěné požární zatížení a bylo možné otestovat také tuto část vytvořeného programu. Pro jednoduchost byly vytvořeny pouze tři místnosti, které však dostatečně ověří všechny potřebné funkce. V případě více místností by byl příklad pouze rozsáhlejší, nikoliv složitější a následná ilustrace odlišností obou programů by byla komplikovanější.

#### 4.1.1 Zadání

Předmětem je jednopodlažní hala s rovnou střechou pro výrobu pneumatik, ve které se nachází také menší překladiště pneumatik a kancelář. Světlá výška haly je 5 m. Otvory tvoří troje vertikální posuvná vrata o rozměrech 3 x 3 m, dveře šířky 900 mm, tři pásy oken o rozměrech 4 x 1,5 m a čtyři okna o rozměrech 1 x 1,5 m. Jedná se o nehořlavý konstrukční systém. Hala tvoří jeden požární úsek o dvou místnostech. Hlavní část je rozdělena na dva prostory, a to výrobu a skladování. Maximální skladované množství je 10 tun pneumatik. Celková plocha požárního úseku je 625 m<sup>2</sup>. Část určená pro výrobu pneumatik zaujímá 516 m<sup>2</sup>, 78 m<sup>2</sup> slouží pro skladování vyrobených pneumatik a zbylých 31 m<sup>2</sup> zaujímá kancelář. V prostoru kanceláře se nachází hořlavá nášlapná vrstva podlahy. V celém požárním úseku je instalována elektrická požární signalizace.



Obr. 25 – Vzorový příklad: půdorysné schéma haly

## 4.2 Výpočet webovou aplikací

Vzorový příklad je zadán nejprve do vytvořeného výpočetního nástroje. Výpočet je proveden nejprve zjednodušenou metodou a následně i podrobným výpočtem. Vzorový příklad byl zvolen tak, aby vzniklo i místně soustředěné zatížení, a je tak otestována i tato část programu.

### 4.2.1 Zjednodušená metoda

Nejprve byla spuštěna zjednodušená metoda. Jedná se o jednopodlažní požární úsek, takže v tomto případě je možné tuto metodu použít. Po vyplnění všech parametrů objektu a požárního úseku byly zadány také všechny otvory. Následně po zadání všech místností



a příslušných požárních zatížení program automaticky označuje místnost, ve které vzniká místně soustředěné požární zatížení. Na tento fakt je uživatel také upozorněn červenou hláškou, viz Obr. 26.

**Požární zatížení:**

Označení prostoru	Plocha /m <sup>2</sup> / ?	Pol. ?	$p_n$ /kg.m <sup>-2</sup> / ?	$p_{s1}$ /kg.m <sup>-2</sup> / ?	$p_{s2}$ /kg.m <sup>-2</sup> / ?
kancelář	31	1.1	40	...	dveře okna podlaha
výroba pneumatik	516	13.3.5	75	...	dveře okna podlaha
sklad pneumatik	78		242,3	...	dveře okna podlaha

Celková plocha PÚ  $S = 625 \text{ m}^2$

Celkové požární zatížení  $p = 94.14 \text{ kg.m}^{-2}$

**VZNIKÁ MÍSTNĚ SOUSTŘEDĚNÉ POŽÁRNÍ ZATÍŽENÍ!**

Obr. 26 – Zjednodušená metoda: vznik místně soustředěného zatížení

Skład pneumatik byl tedy odstraněn z výpočtu a byly ponechány zbylé dva prostory. Z hlediska ekonomického rizika nedošlo k žádnému problému. Program automaticky upozornil uživatele, že je ekonomické riziko únosné a půdorysná plocha požárního úseku vyhovuje. Celé zadání a posouzení ekonomického rizika je vidět na Obr. 27. Nakonec mohl být proveden výpočet, po kterém program vypsaly výsledky, viz Obr. 28.

### Rekapitulace výsledků:

Plocha požárního úseku $S$	<b>547</b>	[m <sup>2</sup> ]
Plocha otvorů $S_o$	<b>18</b>	[m <sup>2</sup> ]
Povrchová plocha stavebních konstrukcí $S_k$	<b>1577</b>	[m <sup>2</sup> ]
Parametr odvětrání $F_o$	<b>0,014</b>	[m <sup>1/2</sup> ]
Součinitel $k_3$	<b>2,88</b>	[-]
Součinitel $k_5$	<b>1,0</b>	[-]
Součinitel $k_6$	<b>1,0</b>	[-]
Součinitel $k_7$	<b>1,47</b>	[-]
Součinitel $k_8$	<b>0,42</b>	[-]
Součinitel $c$	<b>1,0</b>	[-]



Celkové požární zatížení $p$	<b>73,3</b>	[kg.m <sup>-2</sup> ]
Ekvivalentní doba trvání požáru $\tau_e$	<b>103,59</b>	[min]
Výsledný stupeň požární bezpečnosti	<b>II.</b>	[-]
Pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru $P_1$	<b>1,38</b>	[-]
Pravděpodobnost rozsahu škod $P_2$	<b>74,42</b>	[-]
Maximální plocha požárního úseku $S_{max}$	<b>8473</b>	[m <sup>2</sup> ]

**Ekonomické riziko:**

Označení prostoru	Plocha /m <sup>2</sup> /	Pol. ?	Skup. ?	p <sub>1</sub> ?	p <sub>2</sub> ?	k <sub>7</sub> ?	Výroba a provoz
kancelář	31	8.4	8.	1	0,05	1	vybrat
k <sub>7</sub>	Charakter následných škod: žádné nebo malé						▼
Označení prostoru	Plocha /m <sup>2</sup> /	Pol. ?	Skup. ?	p <sub>1</sub> ?	p <sub>2</sub> ?	k <sub>7</sub> ?	Výroba a provoz
výroba pneumatik	516	5.19	5.	1,4	0,09!	1,5	vybrat
k <sub>7</sub>	Charakter následných škod: nahraditelné v rámci pracoviště, střediska, závodu apod.						▼

Index pravděpodobnosti vzniku a rozšíření požáru  $P_1 = 1.38$

Index pravděpodobnosti rozsahu škod způsobených požárem  $P_2 = 74.42$

POSOUZENÍ: **Ekonomické riziko je únosné.**

Mezní půdorysná plocha požárního úseku  $S_{max} = 8473.51m^2$

POSOUZENÍ:  $S = 547 m^2 \leq S_{max} = 8473.5 m^2 \Rightarrow$  **VYHOVUJE**

Obr. 27 – Zjednodušená metoda: ekonomické riziko

**Výsledné hodnoty:**

$F_o = 0.014 m^{1/2}$	$S = 547 m^2$	$S_k = 1577.21 m^2$	$S_o = 18 m^2$
Součinitel $k_3 = 2.88$	Součinitel $k_5 = 1$	Součinitel $k_6 = 1$	Součinitel $k_8 = 0.42$
$p_n = 73.02 kg.m^{-2}$	$p_s = 0.28 kg.m^{-2}$		Součinitel $c = 1$
Celkové požární zatížení $p = 73.3 kg.m^{-2}$			
<b>Ekvivalentní doba trvání požáru <math>\tau_e = 103.59 min</math></b>			
<b>Výsledný SPB II.</b>			

Obr. 28 – Zjednodušená metoda: výsledky

## 4.2.2 Podrobný výpočet

Následně mohl být spuštěn podrobný výpočet. Pro ještě přesnější výpočet byl zvolen pravoúhlý tvar požárního úseku a musel být tedy zadán také obvod požárního úseku. Zadání ostatních parametrů se v první části neliší. V části odvětrání je možné změnit součinitel  $k_4$  a  $\bar{K}$ , v rámci tohoto výpočtu však byla v obou případech ponechána výchozí hodnota 1,0, jak je vidět na Obr. 29.

**2. Parametr odvětrání:** s otvory ?

$k_3 = 2.89$        $\gamma = 7.18 \text{ kg.m}^{-5/2}.\text{min}^{-1}$        $F_o = 0.014 \text{ m}^{1/2}$        $v_v = 0.29 \text{ kg.m}^{-2}.\text{min}^{-1}$   
 $k_4: 1$  ?       $\bar{K} = 1$  ?       $F_1 = 0.014 \text{ m}^{1/2}$

Tab. 2.1 - otvory v požárním úseku

Počet	$b_o$ /m/	$h_o$ /m/	$S_o$ /m <sup>2</sup> /
2	4	1,5	6
4	1	1,5	1,5

+ 2 -  
 $S_k = 1581 \text{ m}^2$   
 $S_o = 18 \text{ m}^2$

Obr. 29 – Podrobný výpočet: parametr odvětrání

Po vytvoření všech tří prostor a zadání požárního zatížení program opět vyhodnotil, že v místnosti se skladem pneumatik vzniká místně soustředěné zatížení, a tak byla tato místnost odebrána. Posouzení ekonomického rizika proběhlo stejným způsobem jako v případě zjednodušené metody. Výsledné hodnoty po provedení výpočtu jsou znázorněny na Obr. 30.

**5. Výsledné hodnoty:**

$F_o = 0.014 \text{ m}^{1/2}$        $S = 547 \text{ m}^2$        $S_k = 1581 \text{ m}^2$        $S_o = 18 \text{ m}^2$   
 Součinitel  $k_3 = 2.89$       Součinitel  $k_4 = 1$       Součinitel  $k_5 = 1$       Součinitel  $k_6 = 1$   
 Součinitel  $k_9 = 0.42$       Součinitel  $\bar{K} = 1$       Součinitel  $c = 1$   
 $\rho_n = 65.71 \text{ kg.m}^{-2}$        $\rho_s = 0.24 \text{ kg.m}^{-2}$        $\bar{\rho} = 65.96 \text{ kg.m}^{-2}$   
 $F_1 = 0.014$        $T_g = 839.2 \text{ C}^\circ$   
 Pravděpodobná doba trvání požáru  $\bar{\tau} = 228.04 \text{ min}$   
**Ekvivalentní doba trvání požáru  $\bar{\tau}_e = 77.54 \text{ min}$**   
**Výsledný SPB II.**

Obr. 30 – Podrobný výpočet: výsledné hodnoty

**Rekapitulace výsledků:**

Plocha požárního úseku $S$	<b>547</b>	[m <sup>2</sup> ]
Plocha otvorů $S_o$	<b>18</b>	[m <sup>2</sup> ]
Povrchová plocha stavebních konstrukcí $S_k$	<b>1581</b>	[m <sup>2</sup> ]
Parametr odvětrání $F_o$	<b>0,014</b>	[m <sup>1/2</sup> ]
Součinitel $k_3$	<b>2,89</b>	[-]
Součinitel $k_4$	<b>1,0</b>	[-]
Součinitel $k_5$	<b>1,0</b>	[-]
Součinitel $k_6$	<b>1,0</b>	[-]
Součinitel $k_7$	<b>1,47</b>	[-]
Součinitel $k_8$	<b>0,42</b>	[-]
Součinitel $\bar{K}$	<b>1,0</b>	[-]
Součinitel $c$	<b>1,0</b>	[-]
Přepočtový parametr odvětrání $F_l$	<b>0,014</b>	[m <sup>1/2</sup> ]
Průměrné požární zatížení $\bar{p}$	<b>65,96</b>	[kg.m <sup>-2</sup> ]
Pravděpodobná doba trvání požáru $\bar{\tau}$	<b>228,04</b>	[min]
Pravděpodobná teplota plynů $T_g$	<b>839</b>	[°C]
Ekvivalentní doba trvání požáru $\bar{\tau}_e$	<b>77,54</b>	[min]
Výsledný stupeň požární bezpečnosti	<b>II.</b>	[-]
Pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru $P_1$	<b>1,38</b>	[-]
Pravděpodobnost rozsahu škod $P_2$	<b>74,42</b>	[-]
Maximální plocha požárního úseku $S_{max}$	<b>8473</b>	[m <sup>2</sup> ]

**4.2.3 Místně soustředěné zatížení**

V obou výpočtech vzniklo místně soustředěné zatížení ve skladu pneumatik a je tedy nutné tento prostor posoudit samostatně. Při zadání půdorysné plochy a světlé výšky byl uživatel upozorněn, že nelze použít obdélníkový tvar. Opět bylo tedy nutné zadat také obvod. V případě parametru odvětrání byly uvažovány otvory přímo v prostoru skladu.

**1. Parametry objektu a požárního úseku:**

Poloha:  ?      Konstrukční systém:  ?

Počet NP:  ?      Počet PP:  ?      Tvar PÚ:  ?

Plocha:  m<sup>2</sup> ?      Světlá výška:  m ?

Nelze použít obdélníkový tvar PÚ.

Obr. 31 – Místně soustředěné zatížení: zadání parametrů objektu a požárního úseku

Při zadávání samotného místně soustředěného požárního zatížení byl zvolen podrobný výpočet, jelikož bylo zadáno přesné množství skladovaných pneumatik. Jako hořlavá látka byla zvolena pryž (guma), která z velké části tvoří právě pneumatiky, viz Obr. 32. Posouzení ekonomického rizika proběhlo v pořádku a mohl být proveden závěrečný výpočet.

### 3. Místně soustředěné požární zatížení:

Tab. 3.1 - požární zatížení

Označení prostoru	Plocha $S_s$ /m <sup>2</sup> / ?	Pol. ?	$\rho_m$ /kg.m <sup>-2</sup> / ?	$k_1$ ?	$v_p$ ?
sklad pneumatik	78		242,31	0,9	0,62

**PODROBNÝ VÝPOČET**

Tab. 3.2.1 - parametry hořlavé látky

Pol. ?	Název hořlavé látky	M /kg/ ?	m ?	$S_f$ /m <sup>2</sup> / ?	K ?	$k_{p1}$ ?	$k_{p2}$ ?
1.7.31	Pryž (guma) ...	1000	0	0	2,1	0,9	1,0
$k_{p1}$	Druh hořlavé látky: tuhá hořlavá látka ▾		Obsah vody v hořlavé látce: <input type="text"/> hmot. %				
$k_{p2}$	Požární zařízení a opatření: žádné ▾						

Plocha, na níž se vyskytuje místně soustředěné požární zatížení  $S_s = 78 \text{ m}^2$

Místně soustředěné požární zatížení  $\rho_m = 242.31 \text{ kg.m}^{-2}$

- 1 +

Obr. 32 – Místně soustředěné zatížení: zadání hořlavých látek

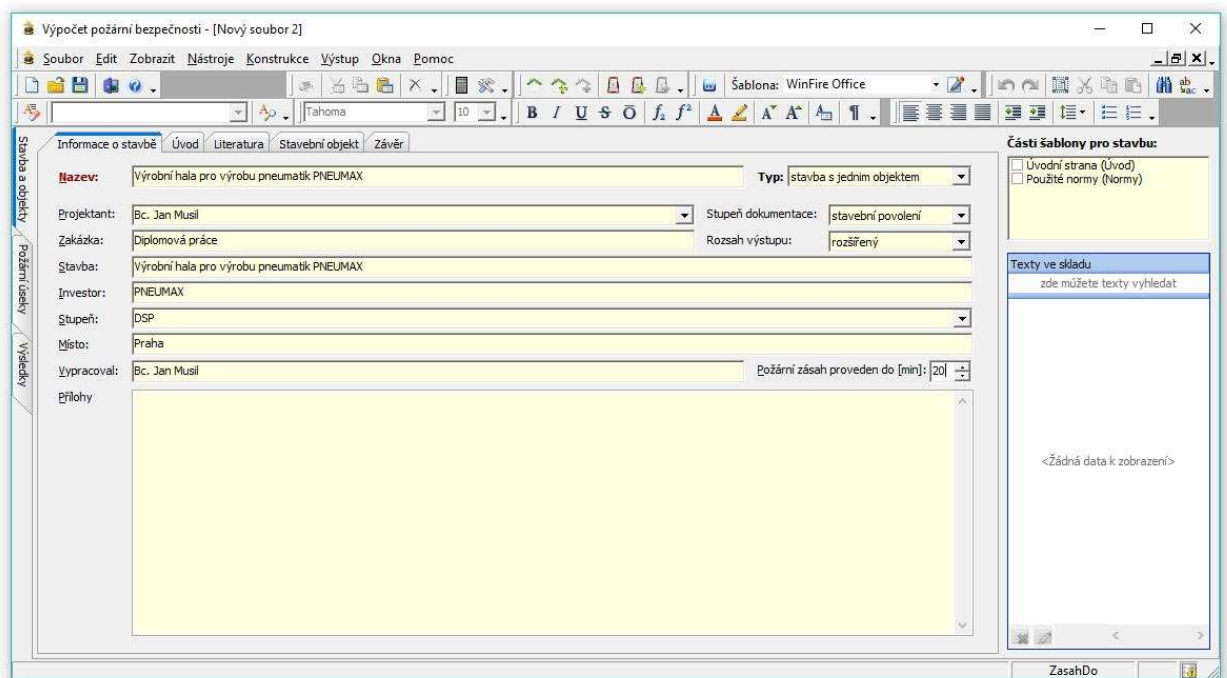
### Rekapitulace výsledků:

Plocha části požárního úseku $S_s$	<b>78</b>	[m <sup>2</sup> ]
Plocha otvorů $S_o$	<b>6</b>	[m <sup>2</sup> ]
Povrchová plocha stavebních konstrukcí $S_k$	<b>337</b>	[m <sup>2</sup> ]
Parametr odvětrání $F_o$	<b>0,022</b>	[m <sup>1/2</sup> ]
Součinitel $k_3$	<b>4,33</b>	[-]
Součinitel $k_4$	<b>1,0</b>	[-]
Součinitel $k_5$	<b>1,0</b>	[-]
Součinitel $k_6$	<b>1,0</b>	[-]
Součinitel $k_7$	<b>1,5</b>	[-]
Součinitel $k_8$	<b>0,42</b>	[-]
Součinitel $\bar{K}$	<b>1,0</b>	[-]
Součinitel $c$	<b>1,0</b>	[-]

Přepočtový parametr odvětrání $F_2$	<b>0,022</b>	[m <sup>1/2</sup> ]
Místně soustředěné požární zatížení $p_m$	<b>242,31</b>	[kg.m <sup>-2</sup> ]
Pravděpodobná teplota plynů $T_g$	<b>2382</b>	[°C]
Pravděpodobná doba trvání požáru $\tau_m$	<b>389,03</b>	[min]
Pravděpodobná teplota plynů $T_g$	<b>1046</b>	[°C]
Ekvivalentní doba trvání požáru $\tau_{em}$	<b>169,82</b>	[min]
Výsledný stupeň požární bezpečnosti	<b>III.</b>	[-]
Pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru $P_I$	<b>1,4</b>	[-]
Pravděpodobnost rozsahu škod $P_2$	<b>11,12</b>	[-]
Maximální plocha požárního úseku $S_{max}$	<b>7996</b>	[m <sup>2</sup> ]

### 4.3 Výpočet pomocí WINFIRE OFFICE 04

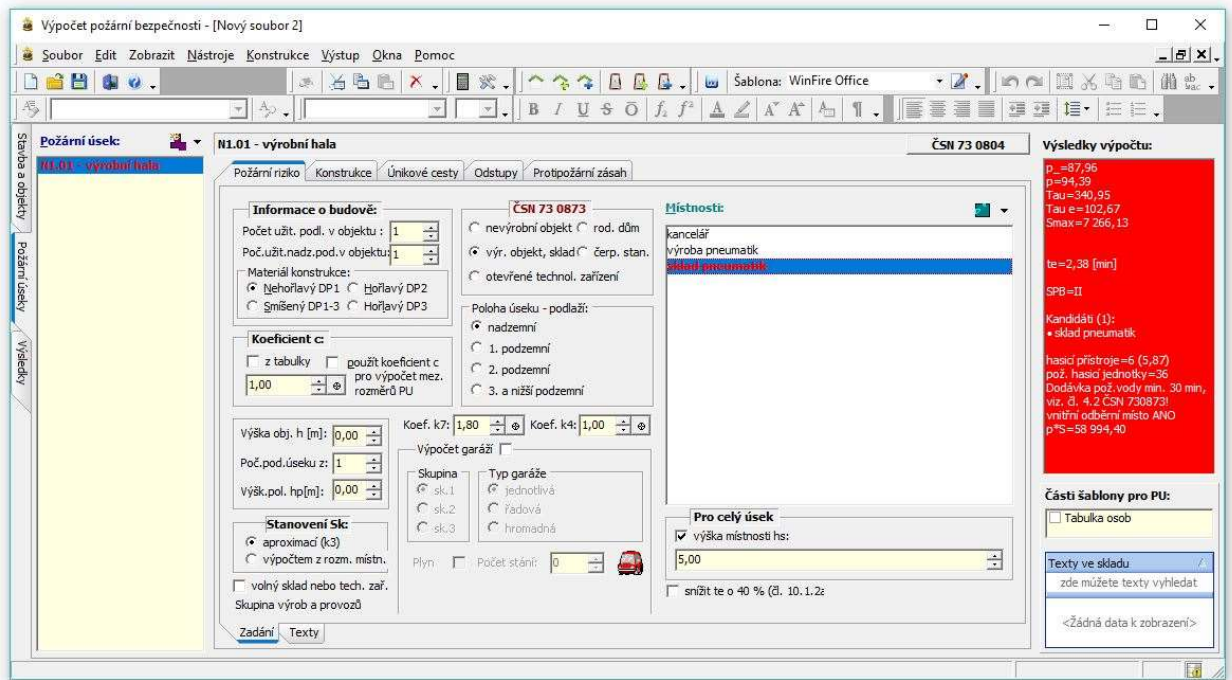
Pro porovnání výsledků byl zvolen jeden z nejpoužívanějších programů, a tedy hlavní konkurenční program WINFIRE OFFICE 04. Vzorový příklad byl zadán do dialogových oken, jak je vidět na Obr. 33 a Obr. 34. I v tomto případě byl sklad pneumatik vyhodnocen jako prostor s místně soustředěným zatížením.



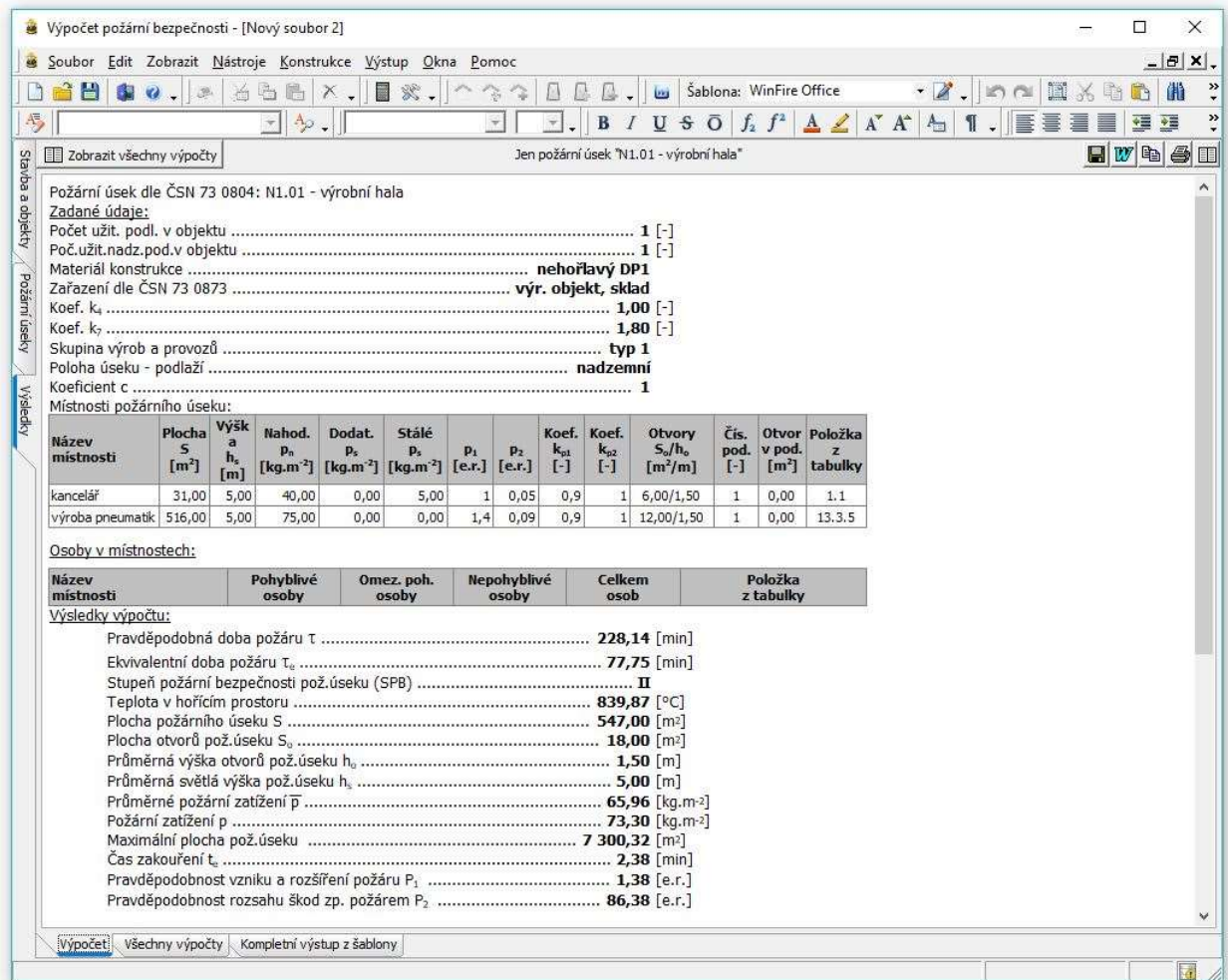
Obr. 33 – WINFIRE OFFICE 04: vzorový příklad, údaje o projektu

Sklad pneumatik byl tedy odebrán z požárního úseku tak, aby výpočet proběhl stejným způsobem jako tomu bylo v případě webové aplikace. Pro stanovení hodnoty povrchové plochy stavebních konstrukcí  $S_k$  byla nejprve ponechána výchozí možnost aproximací součinitele  $k_3$ . Výsledky výpočtu ilustruje Obr. 35. V případě stanovení povrchové plochy stavebních konstrukcí pomocí rozměrů místnosti vychází výsledky s drobnou odchylkou.





Obr. 34 – WINFIRE OFFICE 04: vzorový příklad, upozornění na místně soustředěné zatížení



Obr. 35 – WINFIRE OFFICE 04: vzorový příklad, výsledky

**Rekapitulace výsledků:**

Plocha požárního úseku $S$	<b>547</b>	[m <sup>2</sup> ]
Plocha otvorů $S_o$	<b>18</b>	[m <sup>2</sup> ]
Povrchová plocha stavebních konstrukcí $S_k$	-	[m <sup>2</sup> ]
Parametr odvětrání $F_o$	-	[m <sup>1/2</sup> ]
Součinitel $k_3$	<b>2,92</b>	[-]
Součinitel $k_4$	<b>1,0</b>	[-]
Součinitel $k_5$	-	[-]
Součinitel $k_6$	-	[-]
Součinitel $k_7$	<b>1,8</b>	[-]
Součinitel $k_8$	-	[-]
Součinitel $\bar{K}$	-	[-]
Součinitel $c$	<b>1,0</b>	[-]
Přepočtový parametr odvětrání $F_l$	-	[m <sup>1/2</sup> ]
Celkové požární zatížení $p$	<b>73,3</b>	[kg.m <sup>-2</sup> ]
Průměrné požární zatížení $\bar{p}$	<b>65,96</b>	[kg.m <sup>-2</sup> ]
Pravděpodobná doba trvání požáru $\bar{t}$	<b>228,14</b>	[min]
Pravděpodobná teplota plynů $T_g$	<b>840</b>	[°C]
Ekvivalentní doba trvání požáru $\bar{t}_e$	<b>77,75</b>	[min]
Výsledný stupeň požární bezpečnosti	<b>II.</b>	[-]
Pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru $P_1$	<b>1,38</b>	[-]
Pravděpodobnost rozsahu škod $P_2$	<b>86,38</b>	[-]
Maximální plocha požárního úseku $S_{max}$	<b>7300</b>	[m <sup>2</sup> ]

V případě vzniku místně soustředěného zatížení program umožňuje tento prostor ponechat v požárním úseku a následně vypočítat ekvivalentní dobu trvání požáru pro místně soustředěné požární zatížení a tomu odpovídající stupeň požární bezpečnosti. Současně je určen stupeň požární bezpečnosti zbylé části požárního úseku, jak je vidět na Obr. 36.

**Rekapitulace výsledků:**

Plocha části požárního úseku $S_s$	<b>78</b>	[m <sup>2</sup> ]
Plocha otvorů v posuzované části $S_o$	<b>6</b>	[m <sup>2</sup> ]
Povrchová plocha stavebních konstrukcí $S_k$	-	[m <sup>2</sup> ]
Parametr odvětrání $F_o$	-	[m <sup>1/2</sup> ]
Součinitel $k_3$	-	[-]
Součinitel $k_4$	<b>1,0</b>	[-]
Součinitel $k_5$	-	[-]
Součinitel $k_6$	-	[-]
Součinitel $k_7$	<b>1,8</b>	[-]

Součinitel $k_8$	-	[-]
Součinitel $\bar{K}$	-	[-]
Součinitel $c$	<b>1,0</b>	[-]
Přepočtový parametr odvětrání $F_2$	-	[m <sup>1/2</sup> ]
Místně soustředěné požární zatížení $p_m$	-	[kg.m <sup>-2</sup> ]
Pravděpodobná doba trvání požáru $\tau_m$	<b>352,6</b>	[min]
Pravděpodobná teplota plynů $T_g$	<b>950</b>	[°C]
Ekvivalentní doba trvání požáru $\tau_{em}$	<b>169,23</b>	[min]
Výsledný stupeň požární bezpečnosti	<b>III.</b>	[-]

Výpočet požární bezpečnosti - [Nový soubor 2]

Soubor Edit Zobrazit Nástroje Konstrukce Výstup Okna Pomoc

Šablona: WinFire Office

Zobrazit všechny výpočty Jen požární úsek "N1.01 - výrobní hala"

Požární úsek dle ČSN 73 0804: N1.01 - výrobní hala

Zadané údaje:

Počet užít. podl. v objektu ..... 1 [-]  
 Poč. užít. nadz. pod. v objektu ..... 1 [-]  
 Materiál konstrukce ..... **nehořlavý DP1**  
 Zařazení dle ČSN 73 0873 ..... **výr. objekt, sklad**  
 Koef.  $k_4$  ..... 1,00 [-]  
 Koef.  $k_7$  ..... 1,80 [-]  
 Skupina výrob a provozů ..... **typ 1**  
 Poloha úseku - podlaží ..... **nadzemní**  
 Koeficient  $c$  ..... 1

Místnosti požárního úseku:

Název místnosti	Plocha S [m <sup>2</sup> ]	Výška a h <sub>0</sub> [m]	Nahod. P <sub>s</sub> [kg.m <sup>-2</sup> ]	Dodat. P <sub>s</sub> [kg.m <sup>-2</sup> ]	Stálé P <sub>s</sub> [kg.m <sup>-2</sup> ]	P <sub>1</sub> [e.r.]	P <sub>2</sub> [e.r.]	Koef. k <sub>01</sub> [-]	Koef. k <sub>02</sub> [-]	Otvory S <sub>0</sub> /h <sub>0</sub> [m <sup>2</sup> /m]	Čís. pod. [-]	Otvor v pod. [m <sup>2</sup> ]	Položka z tabulky
sklad pneumatik	78,00	5,00	242,30	0,00	0,00	1,4	0,09	0,9	1	6,00/1,50	1	0,00	
kancelář	31,00	5,00	40,00	0,00	5,00	1	0,05	0,9	1		1	0,00	1.1
výroba pneumatik	516,00	5,00	75,00	0,00	0,00	1,4	0,09	0,9	1	12,00/1,50	1	0,00	13.3.5

Osoby v místnostech:

Název místnosti	Pohyblivé osoby	Omez. poh. osoby	Nepohyblivé osoby	Celkem osob	Položka z tabulky
Výsledky výpočtu:					
Pravděpodobná doba požáru $\tau$ .....	<b>259,89</b> [min]				
Ekvivalentní doba požáru $\tau_e$ .....	<b>101,59</b> [min]				
Soustředěné požární zatížení pro místnost "sklad pneumatik"					
Stupeň požární bezpečnosti pož.úseku (SPB) .....	<b>II</b>				
Teplota v hořícím prostoru .....	<b>911,17</b> [°C]				
<b>Místní soustředěné zatížení:</b>					
Pravděpodobná doba požáru $\tau_{m1}$ .....	<b>353,60</b> [min]				
Ekvivalentní doba požáru $\tau_{em1}$ .....	<b>169,23</b> [min]				
Stupeň požární bezpečnosti pož.úseku (SPB) .....	<b>III</b>				
Teplota v hořícím prostoru .....	<b>949,98</b> [°C]				
Plocha požárního úseku S .....	<b>625,00</b> [m <sup>2</sup> ]				
Plocha otvorů pož.úseku S <sub>0</sub> .....	<b>24,00</b> [m <sup>2</sup> ]				
Průměrná výška otvorů pož.úseku h <sub>0</sub> .....	<b>1,50</b> [m]				
Průměrná světlá výška pož.úseku h <sub>s</sub> .....	<b>5,00</b> [m]				
Průměrné požární zatížení $\bar{p}$ .....	<b>84,94</b> [kg.m <sup>-2</sup> ]				
Požární zatížení p .....	<b>94,39</b> [kg.m <sup>-2</sup> ]				
Maximální plocha pož.úseku .....	<b>7 266,13</b> [m <sup>2</sup> ]				
Čas zakouření t <sub>c</sub> .....	<b>2,38</b> [min]				
Pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru P <sub>1</sub> .....	<b>1,38</b> [e.r.]				
Pravděpodobnost rozsahu škod zp. požárem P <sub>2</sub> .....	<b>99,02</b> [e.r.]				

Výpočet Všechny výpočty Kompletní výstup z šablony

rve

Obr. 36 – WINFIRE OFFICE 04: vzorový příklad, výsledky včetně místně soustředěného zatížení



## 4.4 Porovnání výsledků

Pro přehlednost byly vytvořeny následující tabulky, které porovnávají výsledky jednotlivých postupů a programů. Srovnávací tabulka (Tab. 1) výpočtu požárního rizika bez místě soustředěného zatížení obsahuje dva typy výpočtu v rámci podrobného výpočtu a programu WINFIRE OFFICE 04. V obou případech se jedná o rozdílný způsob stanovení součinitele  $k_3$  a s tím související povrchové plochy stavebních konstrukcí  $S_k$ .

Jak je vidět, výsledky podrobného výpočtu při zvolení možnosti obdélníkového tvaru PÚ a programu WINFIRE OFFICE 04 při zvolení možnosti aproximace  $k_3$  jsou totožné. Drobný rozdíl je pouze v posouzení ekonomického rizika, kdy program WINFIRE OFFICE 04 volí jako výchozí hodnotu součinitele  $k_7$  krajní hodnoty, které povoluje norma [1]. Zatímco webová aplikace umožňuje zvolit různou hodnotu součinitele  $k_7$  pro jednotlivé prostory a jako výchozí jsou uvažovány střední hodnoty, jež umožňuje norma [1]. S ohledem na toto porovnání lze konstatovat, že webová aplikace pracuje správně.

V případě zvolení možnosti pravoúhlého tvaru PÚ je výpočet zpřesněn o obvod PÚ. To umožňuje i program WINFIRE OFFICE 04, pokud zvolíte možnost výpočtu parametru  $S_k$  pomocí rozměrů místnosti. V tomto případě se výsledky odlišují, avšak rozdíl není příliš velký.

Nejvíce se liší výsledky v případě zjednodušené metody, kdy ekvivalentní doba trvání požáru vychází o 25 minut delší. V rámci tohoto příkladu vyšel stupeň požární bezpečnosti ve všech typech výpočtů stejný, avšak v případě zjednodušené metody je velmi pravděpodobné, že v určitých situacích vyjde stupeň požární bezpečnosti rozdílný, a vzniknou tedy rozdílné požadavky na stavební konstrukce. Na tento fakt narazil a také upozorňuje ve své diplomové práci [12] kolega Viktor Marks.

Druhá tabulka (Tab. 2) zobrazuje porovnání výsledků výpočtu požárního riziko v části požárního úseku, ve které se nachází místně soustředěné požární zatížení. Hodnota ekvivalentní doby trvání požáru pro místně soustředěné požární zatížení je téměř shodná. Rozdíl v hodnotě pravděpodobné doby trvání požáru pro místně soustředěné zatížení je způsobena odlišným stanovením velikosti součinitele  $k_3$  a povrchové plochy stavebních konstrukcí  $S_k$ .

Tab. 1 – Porovnání výsledků vzorového příkladu bez místně soustředěného požárního zatížení

	Zjednodušená metoda	Podrobný výpočet (obdélníkový tvar PÚ)	Podrobný výpočet (pravoúhlý tvar PÚ)	WINFIRE OFFICE 04 (aproximace $k_3$ )	WINFIRE OFFICE 04 ( $S_k$ dle rozměrů místnosti)
Plocha požárního úseku $S$	547 m <sup>2</sup>	547 m <sup>2</sup>	547 m <sup>2</sup>	547 m <sup>2</sup>	547 m <sup>2</sup>
Plocha otvorů $S_o$	18 m <sup>2</sup>	18 m <sup>2</sup>	18 m <sup>2</sup>	18 m <sup>2</sup>	18 m <sup>2</sup>
Povrchová plocha stavebních konstrukcí $S_k$	1577 m <sup>2</sup>	1577 m <sup>2</sup>	1581 m <sup>2</sup>	-	-
Parametr odvětrání $F_o$	0,014 m <sup>1/2</sup>	0,014 m <sup>1/2</sup>	0,014 m <sup>1/2</sup>	-	-
Součinitel $k_3$	2,88	2,88	2,89	-	-
Součinitel $k_4$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Součinitel $k_5$	1,0	1,0	1,0	-	-
Součinitel $k_6$	1,0	1,0	1,0	-	-
Součinitel $k_7$	1,47	1,47	1,47	1,8	1,8
Součinitel $k_8$	0,42	0,42	0,42	-	-
Součinitel $\bar{K}$	1,0	1,0	1,0	-	-
Součinitel $c$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Přepočtový parametr odvětrání $F_l$	-	0,014 m <sup>1/2</sup>	0,014 m <sup>1/2</sup>	-	-
Celkové požární zatížení $p$	73,3 kg. m <sup>-2</sup>	-	-	73,3 kg. m <sup>-2</sup>	73,3 kg.m <sup>-2</sup>
Průměrné požární zatížení $\bar{p}$	-	65,96 kg.m <sup>-2</sup>	65,96 kg.m <sup>-2</sup>	65,96 kg. m <sup>-2</sup>	65,96 kg.m <sup>-2</sup>
Pravděpodobná doba trvání požáru $\bar{\tau}$	-	228,14 min	228,04 min	228,14 min	225,42 min
Pravděpodobná teplota plynů $T_g$	-	840 °C	839 °C	840 °C	838 °C
Ekvivalentní doba trvání požáru $\tau_e/\bar{\tau}_e$	103,59 min	77,75 min	77,54 min	77,75 min	71,92 min
Výsledný stupeň požární bezpečnosti	II.	II.	II.	II.	II.
Pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru $P_1$	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
Pravděpodobnost rozsahu škod $P_2$	74,42	74,42	74,42	86,38	86,38
Maximální plocha požárního úseku $S_{max}$	8473 m <sup>2</sup>	8473 m <sup>2</sup>	8473 m <sup>2</sup>	7300 m <sup>2</sup>	7300 m <sup>2</sup>

Tab. 2 – Porovnání výsledků vzorového příkladu místně soustředěného požárního zatížení

	Místně soustředěné požární zatížení	WINFIRE OFFICE 04
Plocha části požárního úseku $S_s$	78 m <sup>2</sup>	78 m <sup>2</sup>
Plocha otvorů $S_o$	6 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>
Povrchová plocha stavebních konstrukcí $S_k$	337 m <sup>2</sup>	-
Parametr odvětrání $F_o$	0,022 m <sup>1/2</sup>	-
Součinitel $k_3$	4,33	-
Součinitel $k_4$	1,0	1,0
Součinitel $k_5$	1,0	-
Součinitel $k_6$	1,0	-
Součinitel $k_7$	1,5	1,8
Součinitel $k_8$	0,42	-
Součinitel $\bar{K}$	1,0	-
Součinitel $c$	1,0	1,0
Přepočtový parametr odvětrání $F_2$	0,022 m <sup>1/2</sup>	-
Průměrné požární zatížení $p_m$	242,31 kg.m <sup>-2</sup>	-
Pravděpodobná doba trvání požáru $\tau_m$	389,03 min	352,6 min
Pravděpodobná teplota plynů $T_g$	1046 °C	950 °C
Ekvivalentní doba trvání požáru $\tau_{em}$	169,82 min	169,23 min
Výsledný stupeň požární bezpečnosti	III.	III.
Pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru $P_1$	1,4	-
Pravděpodobnost rozsahu škod $P_2$	11,12	-
Maximální plocha požárního úseku $S_{max}$	7996 m <sup>2</sup>	-

## 5 Rámcové porovnání přístupu k požárnímu riziku v zahraničí

Pro rozšíření pohledu na dané téma je vhodné se podívat, jak k požárnímu riziku přistupují v zahraničí a kde se nachází rozdíly oproti ČSN platným v České republice. Bylo by časově náročné, a i fakticky nepřesné s ohledem na jazykové bariéry vytvářet takovýto přehled na základě samostudia jednotlivých zahraničních norem. Proto je vytvořen o něco bližší pohled jen na americké mezinárodně užívané předpisy NFPA, které jsou volně dostupné k nahlédnutí a samozřejmě psané v anglickém jazyce.

### 5.1 Přístup k požárnímu riziku v USA (NFPA)

Ve Spojených státech amerických zajišťuje požární bezpečnost staveb především The National Fire Protection Association (NFPA) a dále pak společnost FM Global.

NFPA, v překladu Národní asociace protipožární ochrany, je celosvětová nezisková organizace založená v roce 1896, jejíž snahou je co nejvíce eliminovat ztráty na lidských životech a majetku způsobených požárem, elektrickými závadami a dalších souvisejících rizik. [13]

Na rozdíl od ČSN, kde je kladen důraz na množství hořlavého materiálu, z něhož vychází požární zatížení a následně požární riziko, NFPA klade důraz na obsazenost objektu. V závislosti na množství osob, které se v objektu nachází, vznikají požadavky a omezení na konstrukce. [14]

#### 5.1.1 Typy stavebních konstrukcí

NFPA definuje 5 typů stavebních konstrukcí s tím, že většina z nich má ještě dvě varianty požární odolnosti. Celkem tedy existuje 10 typů stavebních konstrukcí s různou dobou požární odolnosti. Na rozdíl od ČSN je požární odolnost dle NFPA určována v hodinách. [15]

Jednotlivé požární odolnosti prvků konstrukce v závislosti na použitém typu konstrukce jsou znázorněny v Tab. 3. Trojčíslí pod daným typem konstrukce značí dobu požární odolnosti, první číslice označuje dobu požární odolnosti vnější nosné stěny, druhá číslice označuje dobu požární odolnosti sloupů, nosníků a krovů a poslední třetí číslice označuje dobu požární odolnosti vodorovných konstrukcí. [15]

Tab. 3 – Požární odolnost jednotlivých typů konstrukcí (hod) [16]

Prvek konstrukce	Typ I		Typ II			Typ III		Typ IV	Typ V	
	442	332	222	111	000	211	200	2HH	111	000
<b>Vnější nosné stěny</b>										
Podporující více než jedno podlaží, sloupy, nebo další nosné stěny	4	3	2	1	0	2	2	2	1	0
Podporující pouze jedno podlaží	4	3	2	1	0	2	2	2	1	0
Podporující pouze střešní konstrukci	4	3	1	1	0	2	2	2	1	0
<b>Vnitřní nosné stěny</b>										
Podporující více než jedno podlaží, sloupy, nebo další nosné stěny	4	3	2	1	0	1	0	2	1	0
Podporující pouze jedno podlaží	3	2	2	1	0	1	0	1	1	0
Podporující pouze střešní konstrukci	3	2	1	1	0	1	0	1	1	0
<b>Sloupy</b>										
Podporující více než jedno podlaží, sloupy, nebo další nosné stěny	4	3	2	1	0	1	0	H	1	0
Podporující pouze jedno podlaží	3	2	2	1	0	1	0	H	1	0
Podporující pouze střešní konstrukci	3	2	1	1	0	1	0	H	1	0
<b>Nosníky, trámy, krovy a klenby</b>										
Podporující více než jedno podlaží, sloupy, nebo další nosné stěny	4	3	2	1	0	1	0	H	1	0
Podporující pouze jedno podlaží	2	2	2	1	0	1	0	H	1	0
Podporující pouze střešní konstrukci	2	2	1	1	0	1	0	H	1	0
<b>Stropní konstrukce</b>	2	2	2	1	0	1	0	H	1	0
<b>Střešní konstrukce</b>	2	1,5	1	1	0	1	0	H	1	0
<b>Vnitřní nenosné stěny</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Vnější nenosné stěny</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

H: Masivní dřevěné prvky

**Typ I: Konstrukce odolná požáru**

Jedná se o požárně nejodolnější typ konstrukce. Používá se především u výškových budov, jejichž výška přesahuje 22,5 metru. Materiálem je nejčastěji železobeton, či ocel chráněná nejčastěji obetonováním. Všechny prvky konstrukce jsou tedy z nehořlavých materiálů včetně střešní konstrukce. [16]

**Typ II: Nehořlavá konstrukce**

U tohoto typu konstrukce jsou svislé a vodorovné konstrukce z nehořlavých materiálů stejně jako je tomu v případě konstrukcí typu I. Na rozdíl od konstrukce typu I však může být na střeše hořlavá krytina, například asfaltový pás. [16]

### **Typ III: Běžná konstrukce**

Tento typ konstrukce se nazývá také zděná a trémová stavba (brick-and-joist structure). V případě konstrukcí typu III jsou svislé konstrukce většinou zděné a vodorovné konstrukce tvoří dřevěné trémové stropy a střecha s dřevěnými krovky. Svislé konstrukce jsou tedy nehořlavé a vodorovné konstrukce mohou být z hořlavých materiálů, které jsou však pokryty omítkou. Tento typ konstrukce lze tedy srovnat se smíšeným konstrukčním systémem, který známe v České republice. [16]

### **Typ IV: Masivní dřevěná konstrukce**

Stejně jako v případě typu III jsou obvodové stěny zděné, ale vnitřní nosné konstrukce jsou tvořeny z masivního dřeva. Dřevěné sloupy musí mít ve všech směrech minimální tloušťku 205 mm a tloušťka dřevěného nosníku musí být minimálně 150 mm. Podlahy a střechu tvoří dřevěná prkna. Na rozdíl od konstrukce typu III není dřevěná konstrukce v interiéru pokryta omítkou. V případě vnějšího dřevěného obložení musí být toto obložení ošetřeno protipožárním nátěrem. [16]

### **Typ V: Rámová dřevěná konstrukce**

Poslední typ konstrukce je nejvíce hořlavý ze všech typů konstrukcí. Konstrukce typu V je jediný typ konstrukce, který může mít hořlavé obvodové stěny. Jedná se o typickou konstrukci rodinných domů ve Spojených státech amerických. [16]

Použití jednotlivých typů konstrukcí je limitováno počtem osob a počtem podlaží. Dalším faktorem, který ovlivňuje použití typu konstrukce je to, zda je instalováno sprinklerové hasicí zařízení, či nikoliv. [14]

Omezení použití konstrukcí je patrné z tabulky Tab. 4.

Tab. 4 – Omezení použití jednotlivých typů konstrukcí [14]

Typ konstrukce	SHZ	Podzemní podlaží	Počet nadzemních podlaží				
			1	2	3	4	≥5
I (442)	Ano	X	X	X	X	X	X
	Ne	NP	X4	X4	X4	X4	X4
I (332)	Ano	X	X	X	X	X	X
	Ne	NP	X4	X4	X4	X4	X4
II (222)	Ano	X	X	X	X	X	X
	Ne	NP	X4	X4	X4	X4	X4
II (111)	Ano	X1	X	X	X	X3	NP
	Ne	NP	X4	X4	X4	NP	NP
II (000)	Ano	X2	X	X4	NP	NP	NP
	Ne	NP	X4	NP	NP	NP	NP
III (211)	Ano	X1	X	X	X	X3	NP
	Ne	NP	X4	X4	X4	NP	NP
III (200)	Ano	X2	X3	X4	NP	NP	NP
	Ne	NP	X4	NP	NP	NP	NP
IV (2HH)	Ano	X1	X	X	X	X3	NP
	Ne	NP	X4	X4	X4	NP	NP
V (111)	Ano	X1	X	X	X	X3	NP
	Ne	NP	X4	X4	X4	NP	NP
V (000)	Ano	X2	X3	X4	NP	NP	NP
	Ne	NP	X4	NP	NP	NP	NP

X: Povoleno pro jakýkoliv počet osob.  
X1: Povoleno pro jakýkoliv počet osob, ale je povoleno pouze jedno podlaží pod vstupním podlažím.  
X2: Povoleno pro maximální počet 1000 osob nebo méně a je povoleno pouze jedno podlaží pod vstupním podlažím.  
X3: Povoleno pro maximální počet 1000 osob nebo méně.  
X4: Povoleno pro maximální počet 300 osob nebo méně.  
NP: Není povoleno

## 5.2 Přístup k požárnímu riziku v dalších zemích

Jak již bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, bylo by velmi náročné vytvářet podrobnější pohled na jednotlivé zahraniční normy a předpisy. Proto byl vytvořen formulář se vzorovým příkladem, na kterém je možné demonstrovat rozdíly v požadavcích na stavební objekty v oblasti požární bezpečnosti staveb. Formulář byl rozeslán do několika zahraničních projekčních kanceláří, takže byl vyplněn projektanty fungujícími přímo v daných zemích. Konkrétně se podařilo získat výsledek z Rumunska, Ruska a Ukrajiny a na základě samostudia byly doplněny některé požadavky dle NFPA.

### 5.2.1 Vzorový příklad uvedený ve formuláři

Jako příklad byla zvolena jednoduchá výrobní hala obdélníkového půdorysu o rozměrech 25 x 10 m a výšce 4 m. Hala je přístupná pomocí dvou sekčních garážových vrat. Pro únik osob

slouží jedny dveře o šířce 90 cm. Jako otvory slouží 4 sekce oken o rozměrech 4 x 1,5 m. Všechny materiály byly zvoleny jako nehořlavé. Výrobní hala slouží pro výrobu plastů a pryže a nejsou instalována žádná požárně bezpečnostní zařízení ve smyslu normy ČSN 73 0804 [1].

### 5.2.2 Rozdíly v požadavcích dle jednotlivých států

Rozdělení do požárních úseků vychází ve všech dotčených státech z podobných parametrů. Odlišností je pouze minimální plocha PÚ, kterou požadují v Ukrajině a Rusku pro jakoukoliv výrobu a provoz.

Požární zatížení v Rusku a na Ukrajině není rozděleno na stálé a nahodilé, ale je uvažováno největší možné požární zatížení, které může vzniknout během provozu ve výrobním nebo skladovém objektu. Hodnota tohoto zatížení je udávána v MJ/m<sup>2</sup>. Hodnota nahodilého požárního zatížení dle Rumunských norem vychází přibližně stejně.

Druh provozu a výroby je hodně specifický a spíše pomocný parametr ČSN, a proto není překvapivé, že se v ostatních státech nic podobného nevyskytuje.

V pohledu na nehořlavost posuzovaného objektu se všechny dotčené státy shodují. Zajímavostí však je, že v Rusku je tento parametr závislý na ploše budovy, kategorii požárního rizika a způsobu využití budovy, a nikoliv na použitých materiálech.

Definice požární výšky se v Rusku a na Ukrajině shoduje s ČSN, naopak v Rumunsku není žádným způsobem stanovena.

Z hlediska požárně bezpečnostních zařízení musí být instalována elektrická požární signalizace dle ukrajinských a ruských norem, a to téměř ve všech budovách. Požadavek na instalaci samočinného stabilního hasicího zařízení ve všech dotčených státech vychází z plochy požárního úseku stejně jako v případě ČSN. Samočinné odvětrávací zařízení či jeho alternativa musí být instalováno dle rumunských a ruských norem.

Ekvivalentní doba trvání požáru není v ostatních státech specifikována. Stupeň požární bezpečnosti je pak stanoven na základě plochy požárního úseku v případě Rumunska i Ruska, kde je ještě důležité požární zatížení. V rumunských normách se dále stanovují kategorie požáru A-E, na základě požárního zatížení či rizika exploze a v ukrajinských normách se mimo stupeň požární bezpečnosti dále rozlišuje kategorie budovy na základě požárního rizika. Výsledné požadavky na požární odolnost konstrukcí jsou ve všech dotčených státech pro nosné a obvodové konstrukce pouze 15 minut.

Pro úplnost byla v rámci formuláře posouzena také evakuace osob a odstupová vzdálenost. Úniková cesta se v dotazovaných státech hodnotí přibližně stejně, jako tomu je dle ČSN. Odstupová vzdálenost v dotazovaných státech není stanovována na základě tepelného toku, ale empiricky na základě stupně požární bezpečnosti a kategorie požáru.

S výjimkou ruských norem jsou všechny dotčené normy zpoplatněny. Na rozdíl od České republiky a Rumunska, kde požárně bezpečnostní řešení je schváleno přímo hasičským



záchranným sborem na oddělení prevence, je v Rusku a na Ukrajině požárně bezpečnostní řešení schvalováno přímo na územních oddělení ministerstva pro mimořádné události.

Obecně lze říci, že požadavky a přístup k požární bezpečnosti staveb ve všech dotčených zemích jsou si velmi podobné. Samozřejmě se najde několik odlišností, viz výše, ale princip je až na pár výjimek stejný. To však neplatí o amerických NFPA předpisech, které se svým přístupem k požární bezpečnosti staveb odlišují. Kompletní přehled výsledků a samotný formulář je možné nalézt v příloze B této diplomové práce.

## 6 Závěr

Po vytvoření teoretického základu řešerše dostupné literatury bylo možné začít vyvíjet výpočetní nástroj pro výpočet požárního rizika ve výrobních objektech vycházející z požadavků normy ČSN 73 0804 [1].

Samotná norma umožňuje více způsobů, jakými lze určit požární riziko požárního úseku. S výjimkou určení ekvivalentní doby trvání požáru a stupně požární bezpečnosti za pomoci diagramu se podařilo vytvořit výpočetní nástroj, který umožňuje všechny zbylé postupy určení požárního rizika, jež jsou přímo popsány v normě. [1]

Ve snaze vytvořit uživatelsky přívětivý a co nejefektivnější program se ukázala jako první menší překážka součinitel  $k_3$  a s tím související povrchová plocha stavebních konstrukcí  $S_k$ . Cílem bylo se v co nejvíce případech vyhnout nutnosti zadání přímo hodnoty  $S_k$ , kterou by musel uživatel sám poměrně komplikovaně počítat. Proto byl zaveden vstupní parametr tvar požárního úseku. V případě obdélníkového tvaru lze hodnotu  $k_3$  a následně  $S_k$  získat pouze na základě plochy a světlé výšky požárního úseku, díky hodnotám uvedeným v normové tabulce [1]. Tato tabulka však počítá s určitým počtem otvorů, a výsledná hodnota součinitele  $k_3$  se tak může poměrně výrazně lišit oproti reálnému stavu. Při zvolení možnosti pravoúhlého tvaru požárního úseku musí uživatel dále zadat obvod požárního úseku, avšak v tomto případě je počítáno i s přesnou velikostí otvorů v požárním úseku a díky tomu je dosaženo přesnějšího výsledku. Pokud má požární úsek nepravidelný tvar, například šikmou střechu, musí uživatel zadat hodnotu parametru  $S_k$  přímo.

Další komplikací bylo získání hodnoty ekvivalentní doby trvání požáru pro průměrné požární zatížení či místně soustředěné požární zatížení. Norma uvádí, že hodnoty lze získat nejen pomocí tabulky A.1 přílohy A, ale také pomocí výpočtu. Jak se ukázalo, jediné existující empirické rovnice nepřinášejí dostatečně přesné výsledky. Jedinou možností, jak získat hodnotu ekvivalentní doby trvání požáru pro průměrné požární zatížení či místně soustředěné požární zatížení, je lineárně interpolovat hodnoty přímo z tabulky [1]. Což v případě naprogramování přináší značně rozsáhlejší kód.

Jak se ukázalo při ověřování funkčnosti výpočetního nástroje, poměrně velký vliv na výsledek má zvolená metoda. V případě zjednodušené metody v určitých situacích vychází ekvivalentní doba trvání požáru až o desítky minut delší než v případě podrobného výpočtu. Jsme tedy na straně bezpečné, avšak může to přinést vyšší požadavky na stavební konstrukce, a tedy vyšší finanční náklady na stavbu. Zjednodušená metoda je vhodná především pro rychlý předběžný výpočet. Pro finální posouzení požárního úseku by měl být používán podrobný výpočet, který v případě použití výpočetního nástroje není výrazně časově náročnější než zjednodušená metoda.

Samotný výpočetní nástroj vznikl jako webová aplikace, což při umístění na konkrétní doménu, respektive web, umožňuje neomezené šíření mezi uživatele. Ke spuštění výpočtu stačí

pouze webový prohlížeč, který dnes obsahuje každý osobní počítač včetně chytrých mobilních telefonů. Další nespornou výhodou, kterou se podařilo díky tomu vyřešit, je snadná aktualizace či oprava chyb v programu, která se k uživateli dostane okamžitě, jelikož bude na webu používat pouze aktuální verzi. Nevýhodou by mohla být nutnost připojení k internetu, avšak v dnešní době se bez možnosti připojení k internetu ocitneme pouze ve výjimečných případech.

Cílem do budoucna je umístit výpočetní nástroj na internet a dále ho rozšiřovat o další funkce, jako je evakuace osob, stanovení odstupových vzdáleností či rozšíření o stanovení požárního rizika v nevýrobních objektech.

V závěrečné kapitole této diplomové práce došlo na rámcové porovnání přístupu k požárnímu riziku v zahraničí. Jak se ukázalo z dostupných výsledků, přístup k požární bezpečnosti staveb obecně je ve střední a východní Evropě velmi podobný. Naproti tomu se velmi liší americké NFPA předpisy, které kladou důraz na počet osob v posuzovaném objektu, od kterého se odvíjí důležité požadavky a omezení.

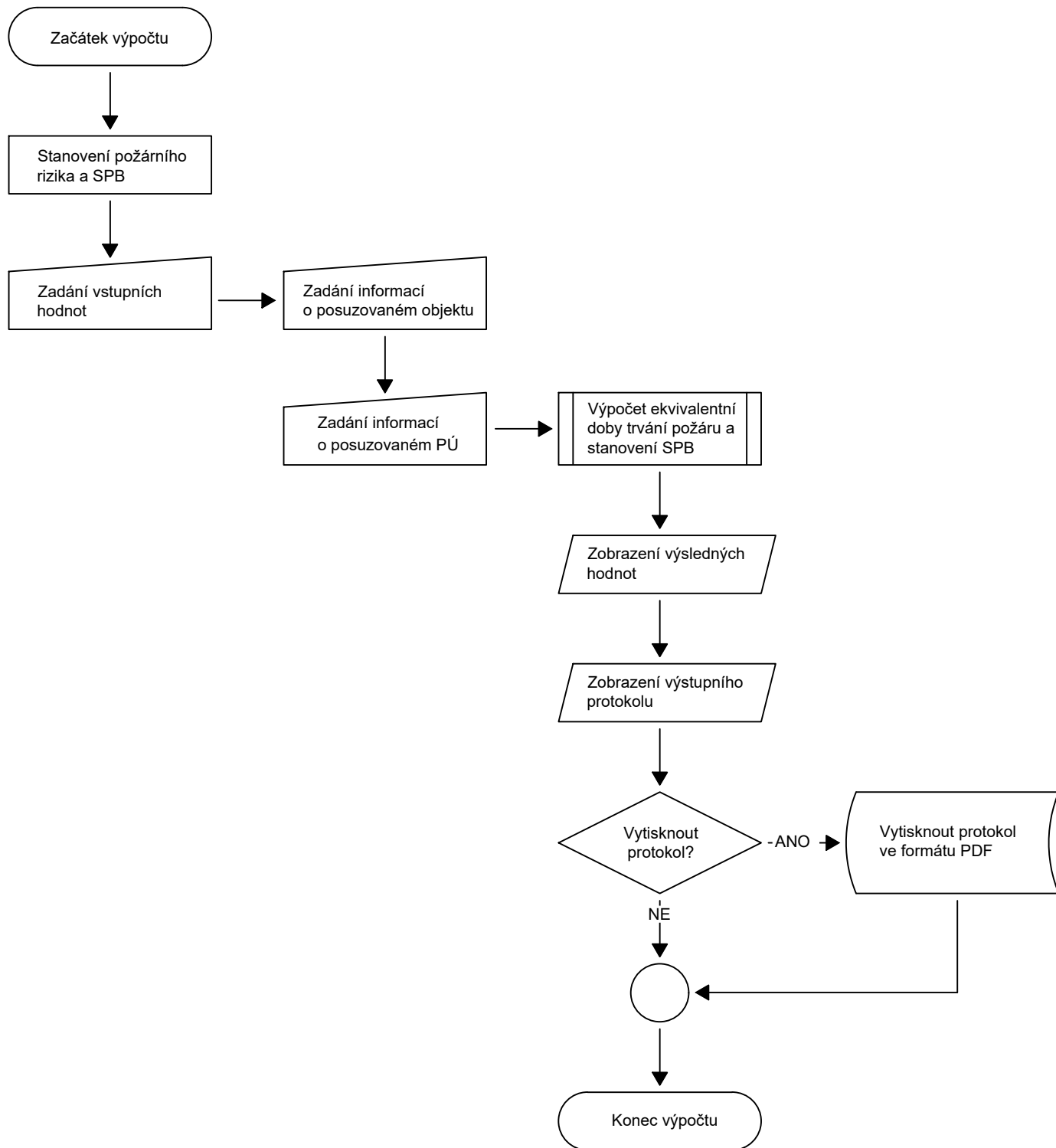
## **Příloha A – Vývojové diagramy**


Příloha A obsahuje vývojové diagramy, jejichž seznam je níže uveden, které graficky znázorňují algoritmus výpočetního nástroje.

- 01. Základní vývojový diagram
- 02. Hlavní vývojový diagram

# ZÁKLADNÍ VÝVOJOVÝ DIAGRAM

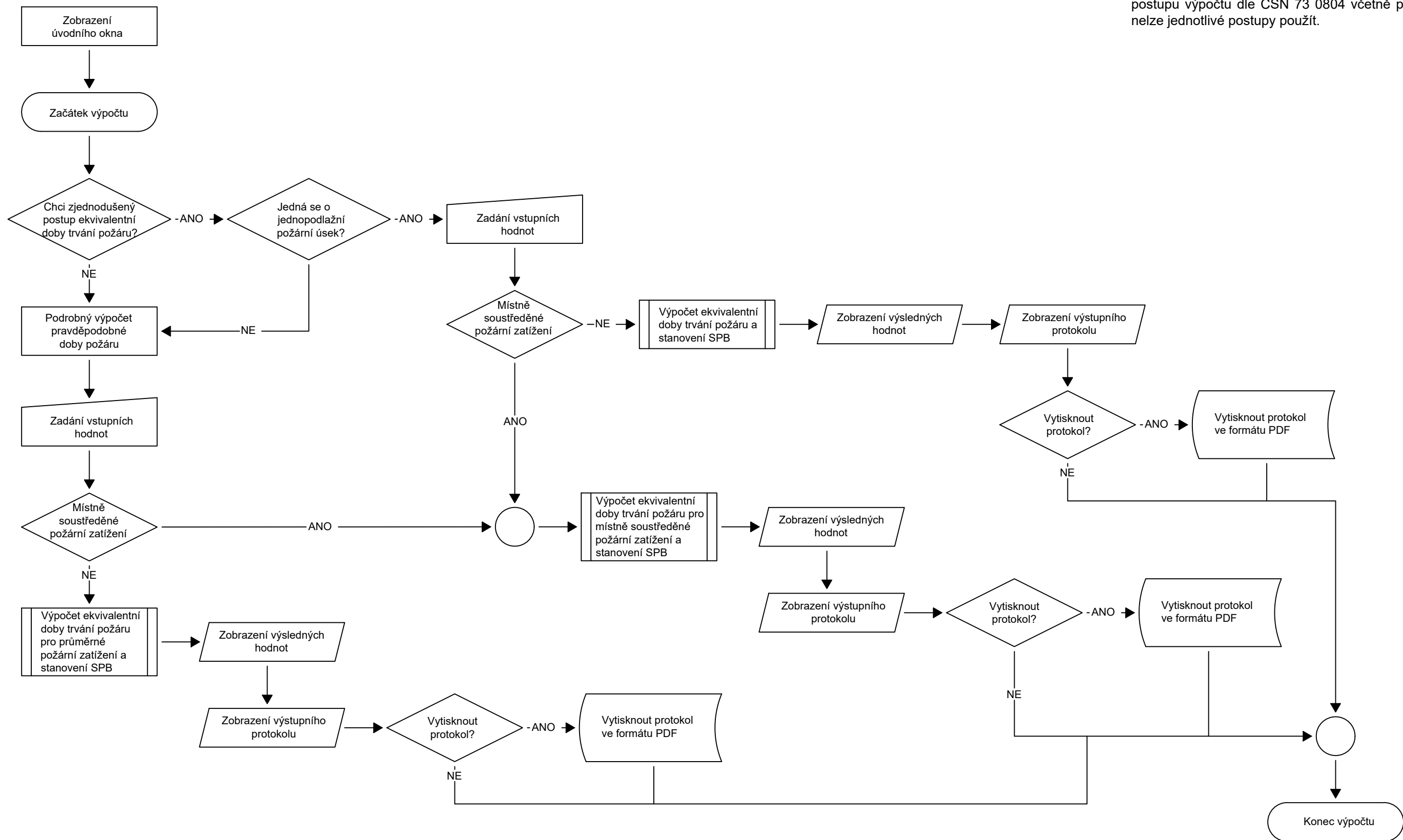
Základní vývojový diagram graficky znázorňuje základní strukturu, podle které bude program postupovat.



Předmět: 133DPM	Vedoucí práce: Ing. Radek Štefan, Ph.D.	Školní rok: 2018/2019	Fakulta stavební ČVUT v Praze
Zpracoval: Bc. Jan Musil	Odborný konzultant: Ing. Martin Benýšek	Formát: 1x A4	
Název výkresu: ZÁKLADNÍ VÝVOJOVÝ DIAGRAM			Měřítko: 1:16 Číslo výkresu: 01

# HLAVNÍ VÝVOJOVÝ DIAGRAM

Hlavní vývojový diagram graficky znázorňuje možnosti postupu výpočtu dle ČSN 73 0804 včetně podmínek, kdy nelze jednotlivé postupy použít.



Školní rok: 2018/2019	Formát: 2x A4	Fakulta stavební ČVUT v Praze
Předmět: 133DPM	Vedoucí práce: Ing. Radek Štefan, Ph.D.	Měřítko: 1:16
Zpracoval: Bc. Jan Musil	Odborný konzultant: Ing. Martin Benýšek	Číslo výkresu: 02
Název výkresu: HLAVNÍ VÝVOJOVÝ DIAGRAM		

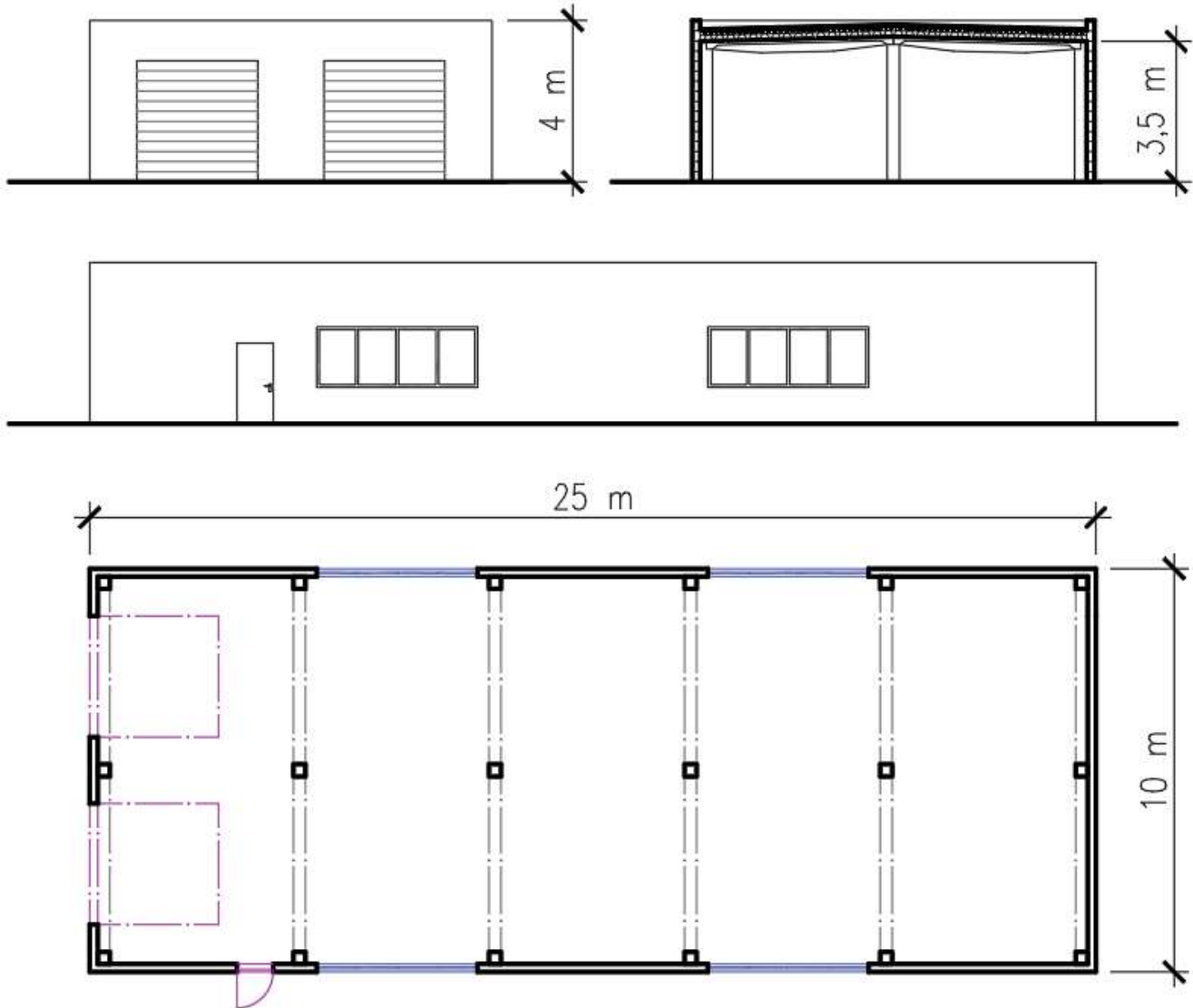
## **Příloha B – Požární riziko v zahraničí**

Příloha B obsahuje formulář se vzorovým příkladem, který sloužil jako podklad pro rámcové porovnání přístupu k požárnímu riziku v zahraničí. V další části přílohy je možné vidět porovnání výsledků z jednotlivých států, do kterých byl formulář zaslán.

- B1. Formulář: Stanovení požadavků a parametrů požární bezpečnosti výrobního objektu
- B2. Porovnání výsledků

# B1. Determination of requirements and parameters of the fire safety solution of an industrial building

The schema of the industrial building



The parameters of the industrial building

<b>Room area:</b>	250 m <sup>2</sup>
<b>Construction height:</b>	4 m
<b>Clear height:</b>	3,5 m
<b>Number of floors:</b>	1
<b>Window dimensions:</b>	4x 4000 x 1500 mm
<b>Door dimensions:</b>	1x 900 x 1970 mm
<b>Sectional gates:</b>	2x 3000 x 3000 mm
<b>Vertical load-bearing structures:</b>	prefabricated reinforced concrete columns
<b>Horizontal load-bearing structures:</b>	prefabricated reinforced concrete beams
<b>Roof construction:</b>	insulated metal roof panels (mineral wool)

<b>External walls:</b>	brick blocks
<b>Material of windows:</b>	aluminum frame
<b>Material of doors:</b>	steel
<b>Material of floor:</b>	industrial screed
<i>non-flammable materials</i>	
<b>Production and service:</b>	manufacture of plastic and rubber (fire load 120 kg/m <sup>2</sup> )
<i>flammable liquids, pressure bottles, etc. are not considered</i>	
<b>Occupancy of persons:</b>	35 persons



## Final values and requirements of the fire safety of buildings

	according to Czech Technical Standard for Fire Safety	according to	note
<b>Number of fire compartments:</b>	1		
	depends on: <i>area, function, fire systems (e.g. sprinkler system)</i>		
<b>Permanent fire load:</b>	0 kg/m <sup>2</sup>		
	depends on: flammable material in doors (gates), windows and floor (or flammable material in or at structures, e.g. indoor insulation)		
<b>Incidental (secondary) fire load:</b>	120 kg/m <sup>2</sup> (manufacture of plastic and rubber)		
	depends on process in an area; table value		
<b>Type of production and service</b>	6. group of production and services (important classification for determination of the limit area of the fire compartment)		
<b>Construction system<sup>1</sup>:</b>	noncombustible		
	depends on: <i>combustibility of the load-bearing structures and fire-separation constructions</i>		
<b>Fire height:</b>	0 m		
	<i>height from the first floor to the last usable floor</i>		
<b>Equivalent duration of fire<sup>2</sup>:</b>	159,7 min		
	depends on: <i>fire load, openings, active fire protection system, area</i>		
<b>Degree of fire safety:</b>	III		
	depends on: <i>equivalent duration of fire, fire height, construction system, number of floors</i>		
<b>Requested fire alarm system:</b>	no		
	required if: Fire compartment area > 1900 m <sup>2</sup> (SHZ => EPS)		
<b>Requested sprinkler system:</b>	no		
	required if: Fire compartment area > 1900 m <sup>2</sup>		
<b>Requested fire ventilation system:</b>	no		
	required if: Fire compartment area > 3166 m <sup>2</sup> , > 25 persons, F <sub>o</sub> < 0,03 (SHZ => F <sub>o</sub> < 0,015)		

<b>Required lowest fire resistance of external walls:</b>	30 min		
<b>Required lowest fire resistance of roof load-bearing construction:</b>	30 min		
<b>Required lowest fire resistance of internal load-bearing construction:</b>	30 min		
<b>Required lowest fire resistance of internal dividing wall construction (applicable for normal walls not for fire separation walls):</b>	-		
<b>Required lowest fire resistance of roof cladding:</b>	15 min		
<b>Required lowest fire resistance of openings:</b>	0 min (fire separation distances are determined)		
<b>Evacuation of people<sup>3</sup>:</b>	unprotected escape route		
	<i>depends on: occupant load, mobility of occupants, route length and width, way of evacuation, time of filling the space with smoke</i>		
<b>Fire safety distance<sup>4</sup>: (critical density of heat flux 18,5 kW/m<sup>2</sup>)</b>	4,16 m		
	<i>depends on: equivalent duration of fire, dimensions of fire open areas, construction system</i>		
<b>Author of the Fire Safety Design:</b>	authorized fire safety engineer (for planning and building permit)		
<b>Authorizing officer:</b>	the fire brigade (special department for fire prevention)		
<b>Requirements by insurance companies (recommended or obligatory):</b>	None (sometimes only international, e.g. FM Global)		
<b>Source of codes and standards:</b>	www.unmz.cz (for a fee)		
<b>Other<sup>5</sup>...</b>			

## 1. Construction system

The Construction system is a classification of building objects according to combustibility of the load-bearing structures and fire-separation constructions. Noncombustible construction system has all the load-bearing structures and fire-separation constructions non-flammable.

## 2. Equivalent duration of fire

The equivalent duration of fire is a time during which the fire effects on the constructions. The fire proceeds according to the standard temperature-time curve (ISO 834) – EN 1991-1-2, eq. 3.4. The fire produces the same effects as a fully developed fire.



## B2. Porovnání výsledků

	according to Czech Technical Standard for Fire Safety	according to Romanian norm P118-99 for Fire Safety	in accordance with the requirements of the Russian Federation	in accordance with the requirements of the norms of Ukraine	according to The National Fire Protection Association
<b>Number of fire compartments:</b>	1 <i>depends on: area, function, fire systems (e.g. sprinkler system)</i>	1 <i>depends on: area, numbers of levels and degree of fire safety</i>	1 It depends on the indicators of the building and the ongoing process, but not less than 2600 m <sup>2</sup> for any production or warehouse	1 Depends on the fire resistance of the building, the category of building on fire danger, the presence of fire systems, but not less than 1200 m <sup>2</sup> for any production or warehouse	1
<b>Permanent fire load:</b>	0 kg/m <sup>2</sup> <i>depends on: flammable material in doors (gates), windows and floor (or flammable material in or at structures, e.g. indoor insulation)</i>	If are farmable materials of construction part (floors, walls, insulations inside)	0 kg/m <sup>2</sup> fire load is not classified as permanent and temporary, the worst possible fuel load is taken during operation for all industrial and warehouse buildings. MJ / m <sup>2</sup> is applied	0 kg/m <sup>2</sup> fire load is not classified as permanent and temporary. Depending on the amount of combustible materials that are in the room or other space, including wall panels, partitions, floors and ceilings	No specification in the NFPA
<b>Incidental (secondary) fire load:</b>	120 kg/m <sup>2</sup> (manufacture of plastic and rubber)  <i>depends on process in an area; table value</i>	120 kg/m <sup>2</sup> (manufacture of plastic and rubber)  30000kg plastic/rubber x approx. 40MJ = 1200000 Fire load 4800MJ/ m <sup>2</sup> (in our projects at the rubber storage ASRS 40m height the thermal load it is around 100000MJ/ m <sup>2</sup> and laced type of tires storage the thermal load it is around 11000MJ/ m <sup>2</sup> at 7,6m height of storage)	fire load is not classified as permanent and temporary, the worst possible fuel load is taken during operation for all industrial and warehouse buildings. MJ / m <sup>2</sup> is applied	In fire hazardous premises, the specific fire load for solid and liquid materials should exceed 180 MJ / m <sup>2</sup> in an area of at least 10.0 m <sup>2</sup>	No specification in the NFPA
<b>Type of production and service</b>	6. group of production and services (important classification for determination of the limit area of the fire compartment)	-	Classified to select fire extinguishing intensity.	The category of a building or fire compartment by fire hazard (A, B, C, D, D), number of floors, fire resistance of the building (I, II, III, IV or V) * determine the floor area of the building or fire compartment. * - The degree of fire resistance of the building depends on the fire resistance of the adopted building structures (walls, partitions, floors, supporting structures of the roof). The degree of fire resistance of buildings is determined	Special-purpose Industrial Occupancy

				(assigned) by the design standards of the respective buildings according to their purpose.	
<b>Construction system<sup>1</sup>:</b>	noncombustible	noncombustible	noncombustible	noncombustible	Type 2: Non-Combustible
	depends on: <i>combustibility of the load-bearing structures and fire-separation constructions</i>	Depends of degree of fire safety and degree of fire safety depends by the fire resistance of the elements (in principal by the columns and the beams)	Depends on the area of the building, fire risk category, functional purpose.	It depends on the flammability of building materials used in the load-bearing, enclosing structures of the building, floors and decorative materials of walls, partitions and ceilings. The indicator - non-flammable (of Ukraine) corresponds to the European classification A1, A2-s1, d0.	Buildings are broken down into five categories (Types 1–5), ranging from the stoutest of construction to that which will most likely fail rapidly when under fire conditions.
<b>Fire height:</b>	0 m	No specification in the Romanian norms	0 m	0 m Conventional building height - height from the level of passage of fire trucks to the level of the floor of the upper floor	No specification in the NFPA
	<i>height from the first floor to the last usable floor</i>	Special measures for some category of buildings height: height buildings between the 28-40m for height buildings and very height buildings for the buildings with the height more than 45m.	The height is taken from the passage of fire equipment to the window of the upper floor or roof, if operated		
<b>Equivalent duration of fire<sup>2</sup>:</b>	159,7 min	No specification in the Romanian norms	There is no regulatory requirement for the duration of the fire, which is taken into account in the fire resistance of the building, actual minimum fire resistance	The fire resistance index of the building (I, II, III, IV, V) adopted in Ukraine determines the minimum values of fire resistance classes of building structures in minutes (REI, R, EI, E): - loss of bearing capacity of the structure (R); - loss of integrity (E); - loss of thermal insulating ability (I). The maximum REI value is 150 minutes. The minimum REI value is 15 minutes. The maximum value of R is 60 minutes. The minimum value of R is 15 minutes. The maximum EI value is 30 minutes. The minimum EI value is 15 minutes. The maximum value of E is 30 minutes.	No specification in the NFPA

				The minimum value of E is 15 minutes.	
	depends on: <i>fire load, openings, active fire protection system, area</i>				
<b>Degree of fire safety:</b>	III depends on: <i>equivalent duration of fire, fire height, construction system, number of floors</i>	I-V III for maximum 5.200 m <sup>2</sup> IV for maximum 2.800 m <sup>2</sup> V for maximum 1.200 m <sup>2</sup> art. 5.2.5 P118-99	IV For a particular building, it is allowed to perform IV degree of fire resistance, depends on the combustible load and the area of the building.	Read above	No specification in the NFPA
<b>Requested fire alarm system:</b>	no required if: Fire compartment area > 1900 m <sup>2</sup> (SHZ => EPS)	Not mandatory required if: Fire compartment area > 500 m <sup>2</sup> (art. 3.3.1. P118-3/ 2015)	yes Required for any building with a combustible load	yes It is used in all types of buildings, except for the following premises: - with wet processes; - toilets; - industrial and warehouse buildings of category "D" for fire danger; - stairwells.	no Required for total occupation load of building over 100 persons
<b>Requested sprinkler system:</b>	no required if: Fire compartment area > 1900 m <sup>2</sup>	no required if: Fire compartment area > 600 m <sup>2</sup> (art. 7.1. P118-2/ 2013)	no Not required Required for a room of more than 1000 m <sup>2</sup>	no Required for warehouse of more than 1000 m <sup>2</sup> . The national standard complies with European EN 12845:2004+A2:2009 Fixed firefighting systems-Autumatic sprinkler systems – Design, installation and maintrnance	no Required for total occupation load of building 300 or more persons
<b>Requested fire ventilation system:</b>	no required if: Fire compartment area > 3166 m <sup>2</sup> , > 25 persons, F <sub>o</sub> < 0,03 (SHZ => F <sub>o</sub> < 0,015)	Fire exhaust system For storage the smoke exhaust utile area are 1% from room area or mechanical ventilation (art. 5.5.3 P118-99 )	yes For any fire-hazardous premises with permanent jobs	For industrial and storage fire-hazardous premises with permanent workplaces in buildings with fire resistance class IVa, as well as corridors longer than 15 m and rooms with an area of more than 55 m <sup>2</sup> that do not have natural lighting	no
<b>Required lowest fire resistance of external walls:</b>	30 min	15 min (I-III Degree of fire safety) art. 2.1.9 P118-99	15 minutes	15 minutes	0 min
<b>Required lowest fire resistance of roof load-bearing construction:</b>	30 min	15 min (III Degree of fire safety) 30 min (II Degree of fire safety) 45 min (I Degree of fire safety) art. 2.1.9 P118-99	15 minutes	15 minutes	0 min
<b>Required lowest fire resistance of internal load-bearing construction:</b>	30 min	columns 30 min /beams 15min (IV Degree of fire safety) columns 60 min /beams 45min (III Degree of fire safety) columns 120 min /beams 45min (IV Degree of fire safety)	15 minutes	15 minutes	0 min

		columns 150 min /beams 60min (IV Degree of fire safety) art. 2.1.9 P118-99			
<b>Required lowest fire resistance of internal dividing wall construction (applicable for normal walls not for fire separation walls):</b>	-	15 min (III Degree of fire safety) 15 min (III Degree of fire safety) 30 min (II Degree of fire safety) 30 min (I Degree of fire safety) art. 2.1.9 P118-99	-	15 minutes	0 min
<b>Required lowest fire resistance of roof cladding:</b>	15 min	15 min (I Degree of fire safety) art. 2.1.9 P118-99	15 minutes	15 minutes	0 min
<b>Required lowest fire resistance of openings:</b>	0 min (fire separation distances are determined)	Fire resistance of openings only if are interior doors and windows, and for the exterior only if are not minimum distances between the buildings according with the norms	the holes must be sealed to the fire resistance of building structures	the holes must be sealed to the fire resistance of building structures	
<b>Evacuation of people<sup>3</sup>:</b>	unprotected escape route	escape route inside according with the fire category and degree of fire safety and escape route in one direction or to directions, for the upper floors are lower distances	Equipped with smoke exhaust	unprotected escape route	not protected escape route
	depends on: <i>occupant load, mobility of occupants, route length and width, way of evacuation, time of filling the space with smoke</i>	escape route in one direction 20m (I-II Degree of fire safety) 25m (III-IV Degree of fire safety) escape route in two directions 100m (I-II Degree of fire safety) 80m (III Degree of fire safety) 50m (IV Degree of fire safety)	The length of the evacuation routes is established by regulatory documents, it is not required to calculate if the requirements of regulatory documents are fulfilled.	The length of the evacuation path for industrial buildings and premises is determined by regulatory documents depending on the volume of the room, the category of premises for fire danger, the degree of fire resistance of the building and the density of human flow (the ratio of the number of people to the evacuation passage area)	defined: maximum travel distance to exits(61m) , minimum width of door openings (560mm)
<b>Fire safety distance<sup>4</sup>: (critical density of heat flux 18,5 kW/m<sup>2</sup>)</b>	4,16 m	No fire safety distance according heat flux	9 m	9 m	No specification in the NFPA
	depends on: <i>equivalent duration of fire, dimensions of fire open areas, construction system</i>	the minimum distances between the buildings depends by degree of fire safety and fire category (in case of explosion risk)	Installed mandatory fire distances, depends on the degree of fire resistance and the category of premises	Installed mandatory fire distances, depends on the degree of fire resistance and the category of premises	
<b>Author of the Fire Safety Design:</b>	authorized fire safety engineer (for planning and building permit)	authorized fire safety engineer (for planning and building permit)	The State Organization is the Ministry of Emergency Situations of Russia and the All-Russian Scientific Research Institute of Fire Protection.	The State organizations and services: Ukrainian Research Institute of Civil Protection, Ministry of Emergency Situations of Ukraine	unknown
<b>Authorizing officer:</b>	the fire brigade (special department for fire prevention)	the fire brigade (special department for fire prevention – Fire Fighting Authority - ISU)	Territorial divisions of the Ministry of Emergency Situations.	Territorial divisions of the State Emergency Situations.	unknown

<b>Requirements by insurance companies (recommended or obligatory):</b>	None (sometimes only international, e.g. FM Global)	None for public buildings, but almost industrial buildings has insurance according VdS, FM Global, NFPA.	None (sometimes only international, e.g. FM Global)	None (sometimes only international, e.g. FM Global)	unknown
<b>Source of codes and standards:</b>	<a href="http://www.unmz.cz">www.unmz.cz</a> (for a fee)	<a href="https://www.igsu.ro/biblioteca/">https://www.igsu.ro/biblioteca/</a> (for a fee)	<a href="http://www.vniipo.ru/">http://www.vniipo.ru/</a> <a href="http://www.mchs.gov.ru/">http://www.mchs.gov.ru/</a> (free)	Professional regulatory - legal library TM "Standard PRO" (for a fee)	<a href="https://www.nfpa.org/">https://www.nfpa.org/</a> (free)
<b>Other<sup>5</sup>...</b>					
<b>Fire category</b>		<p>“C” Fire category</p> <p>“A” or “B” – with explosion risk</p> <p>“C” with the thermal load upper than 105 MJ/sqm, and the electrical station with electrical equipment with oil more than 60kg or the cables with more than 3,5kg combustible material per linear meter.</p> <p>“D” in the rooms with the technology which involve the flames or the sparks</p> <p>“E” with the thermal load under 105 MJ/sqm (art. 2.1.5 from P118-99 )</p>	<p>Yes. 2x2,5 l/s</p> <p>width of 3.5 meters at a distance of 5 meters from the walls of the building</p>	<p>Yes. 2x2,5 l/s</p> <p>The width of the passage for fire-fighting vehicles is 3.5 m. The gap from the edge of the carriageway to the walls of the building:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- up to 12.0 m - not more than 25.0 m;</li> <li>- height up to from 12 to 28.0 m - not more than 8.0 m;</li> <li>- more than 28.0 m in height - not more than 10.0 m</li> </ul>	
				10 minutes in the city, 20 minutes in the countryside	



## Seznam obrázků

Obr. 1 – Graf průběhu požáru s vyznačením jednotlivých fází [5], upraveno.....	3
Obr. 2 – Diagram pro stanovení ekvivalentní doby požáru a stupně požární bezpečnosti [1] ..	5
Obr. 3 – Schéma stanovení doby požáru a stupně požární bezpečnosti [5].....	6
Obr. 4 – Část tabulky A.1 přílohy A normy ČSN 73 0804 [1] .....	15
Obr. 5 – Způsob stanovení vymezené části požárního úseku [1].....	18
Obr. 6 – Diagram pro určení mezní půdorysné plochy PÚ [1] .....	21
Obr. 7 – Úvodní obrazovka programu WINFIRE OFFICE 04 [9] .....	23
Obr. 8 – Okno programu WINFIRE OFFICE 04 pro vytvoření a úpravu místnosti [9].....	24
Obr. 9 – Výsledné hodnoty zadaného PÚ v programu WINFIRE OFFICE 04 [9] .....	24
Obr. 10 – Otevřený projekt s jednotlivými požárními úseky v programu NX804-PRO [10]..	26
Obr. 11 – Dialogové okno pro zadání parametrů místnosti v programu NX804-PRO [10]....	27
Obr. 12 – Ukázka html kódu v programu Notepad++ .....	29
Obr. 13 – Ukázka části Javascript kódu v programu Notepad++ .....	30
Obr. 14 – Výběr postupu výpočtu a úvodní dotaz pro zjednodušenou metodu .....	30
Obr. 15 – zadání parametrů objektu a požárního úseku.....	31
Obr. 16 – zjednodušená metoda: tabulka otvorů a výpočet parametru odvětrání.....	32
Obr. 17 – zjednodušená metoda: požární zatížení .....	32
Obr. 18 – zjednodušená metoda: požárně bezpečnostní zařízení.....	33
Obr. 19 – zjednodušená metoda: výsledné hodnoty.....	33
Obr. 20 – podrobný výpočet: výpočet parametru odvětrání .....	34
Obr. 21 – podrobný výpočet: požární zatížení .....	35
Obr. 22 – posouzení ekonomického rizika.....	36
Obr. 23 – podrobný výpočet: výsledné hodnoty .....	36
Obr. 24 – podrobný výpočet: výstupní protokol .....	37
Obr. 25 – Vzorový příklad: půdorysné schéma haly.....	40
Obr. 26 – Zjednodušená metoda: vznik místně soustředěného zatížení .....	41
Obr. 27 – Zjednodušená metoda: ekonomické riziko .....	42
Obr. 28 – Zjednodušená metoda: výsledky.....	42
Obr. 29 – Podrobný výpočet: parametr odvětrání.....	43
Obr. 30 – Podrobný výpočet: výsledné hodnoty.....	43

---

Obr. 31 – Místně soustředěné zatížení: zadání parametrů objektu a požárního úseku .....	44
Obr. 32 – Místně soustředěné zatížení: zadání hořlavých látek.....	45
Obr. 33 – WINFIRE OFFICE 04: vzorový příklad, údaje o projektu.....	46
Obr. 34 – WINFIRE OFFICE 04: vzorový příklad, upozornění na místně soustředěné zatížení .....	47
Obr. 35 – WINFIRE OFFICE 04: vzorový příklad, výsledky .....	47
Obr. 36 – WINFIRE OFFICE 04: vzorový příklad, výsledky včetně místně soustředěného zatížení .....	49

## Seznam tabulek

Tab. 1 – Porovnání výsledků vzorového příkladu bez místně soustředěného zatížení.....	51
Tab. 2 – Porovnání výsledků vzorového příkladu místně soustředěného zatížení .....	52
Tab. 3 – Požární odolnost jednotlivých typů konstrukcí (hod) [16] .....	54
Tab. 4 – Omezení použití jednotlivých typů konstrukcí [14] .....	56

---

## Literatura

- [1] ČSN 73 0804. *Požární bezpečnost staveb - Výrobní objekty*. První vydání. Praha: ÚNMZ, 2010.
- [2] *Učební texty pro přípravu ke zkoušce podle § 11 zákona o požární ochraně*. První, elektronická verze. Praha: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2014. ISBN 978-80-86466-61-3.
- [3] *Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb*. In: . Praha: Parlament ČR, 2008, ročník 8, číslo 23.
- [4] *Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně*. In: . Praha: Česká národní rada, 1985, ročník 85, číslo 133.
- [5] REICHEL, Vladimír. *Navrhování požární bezpečnosti výrobních objektů*. První vydání. Praha: SNTL, 1987. Zabraňujeme škodám. ISBN není uvedeno.
- [6] ČSN 73 0802. *Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty*. První vydání. Praha: ÚNMZ, 2009.
- [7] REICHEL, Vladimír. *Navrhování požární bezpečnosti staveb*. První vydání. Praha: SNTL, 1978. Zabraňujeme škodám. ISBN není uvedeno.
- [8] BRADÁČOVÁ, Isabela. *Požární bezpečnost staveb II: výrobní objekty*. 1. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-045-6.
- [9] *Free RW-Soft, v.o.s.* [online]. Ostrava: Evropská databanka a.s., 2018 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: [www.frws.cz](http://www.frws.cz)
- [10] *Bochnak NX software* [online]. Ostrava: Bochnak NX software, 1994 [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <http://www.e-riziko.cz>
- [11] *Notepad++* [online]. USA: Don Ho, 2016 [cit. 2018-12-15]. Dostupné z: <https://notepad-plus-plus.org>

- [12] MARKS, Viktor. *Vliv parametru odvětrání při výpočtu požárního rizika a vliv odvětrání při numerické simulaci požáru*. Praha, 2019. Diplomová práce. ČVUT fakulta stavební.
- [13] NFPA 1. *Fire Code*. 2018 Edition. Quincy: National Fire Protection Association, 2018.
- [14] NFPA 101. *Life safety code*. 2018 Edition. Quincy: National Fire Protection Association, 2018.
- [15] NFPA 5000. *Building Construction and Safety Code*. 2018 Edition. Quincy: National Fire Protection Association, 2018.
- [16] NFPA 220. *Standard on Types of Building Construction*. 2018 Edition. Quincy: National Fire Protection Association, 2018.
- [17] ČERMÁK, Jan. *Vývoj výpočetního nástroje pro stanovení požárního rizika, stupně požární bezpečnosti a posouzení betonových konstrukcí*. Praha, 2018. Diplomová práce. ČVUT fakulta stavební.

### **Použitý software**

NOTEPAD++ TEAM. *Notepad++ v7.5.9* [počítačový program]. 14.10.2018.

NAJZAR SOFTWARE. *WINFIRE OFFICE 04 v4.0.5.520* [počítačový program]. Free RW-Soft, v.o.s., 2018.

THE MATHWORKS, Inc. *MATLAB ver. R2018b* [počítačový program]. USA, 2018.