

# **Kontrola těsnosti prostoru pro plynová stabilní hasicí zařízení**

Soňa Krejčová

---

Bakalářská práce  
2017



**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení  
Ústav ochrany obyvatelstva  
akademický rok: 2016/2017

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Soňa Krejčová**  
Osobní číslo: **L14033**  
Studijní program: **B2825 Ochrana obyvatelstva**  
Studijní obor: **Ochrana obyvatelstva**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Kontrola těsnosti prostoru pro plynová stabilní hasicí zařízení**

Zásady pro vypracování:

- 1. Zpracujte literární rešerši o plynových stabilních hasicích zařízeních.**
- 2. Provedte kontrolu těsnosti vybraného prostoru pro plynová stabilní hasicí zařízení.**
- 3. Zevšeobecněte výsledky kontroly a navrhnete opatření pro dosažení vyhovujícího stavu.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] RYBÁŘ, Pavel. Stabilní hasicí zařízení plynová, prášková, aerosolová a inertizační, provozuschopnost a účinnost SHZ. Praha: Profesní komora požární ochrany, 2016. Edice Profesní komory požární ochrany. ISBN 978-80-260-9155-4.

[2] KRATOCHVÍL, Václav, Šárka NAVAROVÁ a Michal KRATOCHVÍL. Stavby a požárně bezpečnostní zařízení: malá encyklopedie požární bezpečnosti objektů a technologií. Praha: Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010. ISBN 978-80-86640-53-2.

[3] BEBČÁK, Petr. Požárně bezpečnostní zařízení. 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2004. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-86634-34-5.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Miroslav Tomek, PhD.**

Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání bakalářské práce: **3. února 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2017**

V Uherském Hradišti dne 10. února 2017

  
doc. RNDr. Jirí Dostál, CSc.  
děkan



  
prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.  
ředitel ústavu

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby<sup>1)</sup>;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3<sup>2)</sup>;
- podle § 60<sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60<sup>3)</sup> odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se bakalářská práce skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

V Uherském Hradišti ..... 15. 5. 2017 .....

..... Krájčević!  
podpis studenta

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací.

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy. Vysoká škola disertační práce nezveřejňuje, byla-li již zveřejněna jiným způsobem.

(2) Bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

(4) Vysoká škola může odložit zveřejnění bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce nebo jejich částí, a to po dobu trvání překážky pro zveřejnění, nejdéle však na dobu 3 let. Informace o odložení zveřejnění musí být spolu s odůvodněním zveřejněna na stejném místě, kde jsou zveřejňovány bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, již se týká odklad zveřejnění podle věty první, jeden výtisk práce k uchování ministerstvu.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, použije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce popisuje kontrolu těsnosti prostoru pro plynová stabilní hasicí zařízení pomocí zkoušky Door Fan Test a vyhodnocením této zkoušky. V případě negativního výsledku zkoušky jsou navržena opatření pro zlepšení. Tato práce je rozdělena na dvě části, teoretickou část a praktickou část. Teoretická část se zabývá základními pojmy a právním ukotvením v dané oblasti. Dále je uveden popis problematiky. Praktická část je zaměřena na kontrolu vybraného prostoru a zhodnocení této kontroly. Pomocí SWOT analýzy byly hodnoceny vnitřní a vnější stránky Door Fan Testu. Příčiny netěsností chráněného prostoru byly analyzovány pomocí Ishikawova diagramu. V závěru práce jsou uvedeny návrhy a opatření pro zlepšení výsledků kontroly těsnosti prostorů pro plynová stabilní hasicí zařízení.

Klíčová slova: hasicí, hodnocení, kontrola, netěsnosti, požár, prostor, těsnost, zařízení

## **ABSTRACT**

The Bachelor's thesis describes checking the tightness of the space for gas fixed extinguishing systems by Door Fan Test and evaluation this test. In case of a negative test result, suggestions for improvements are proposed. This work is divided to two parts, the theoretical part and the practical part. The theoretical part is focused on the basics concepts and legislation in this field. Furthermore, the description of the whole problematics is listed. The practical part is focused on controlling selected area and evaluation of this control. Internal and external sides of the Door Fan Test are evaluated by using SWOT analysis. The causes of the leakages of the protected area are diagnosticated using Ishikawa diagrams. Suggestions for improvements and safety measures of the diagnosis are proposed and the conclusion of thesis.

Keywords: extinguishing, evaluation, control, leakage, fire, space, tightness, systems

## Poděkování

Tímto bych chtěla zejména poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Miroslavu Tomkovi, PhD., za odborné vedení, za ochotu, za věnování času a za poskytnutí cenných rad a připomínek, které mi pomohly při zpracování bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Jiřímu Krejčovi za odbornou pomoc v oblasti kontroly těsnosti prostorů a za svolení využití počítačových programů uvedených v této práci.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 VÝZNAM KONTROLY TĚSNOSTI PROSTORŮ</b> .....	<b>11</b>
1.1 VYBRANÉ ZÁKLADNÍ POJMY Z OBLASTI OCHRANY PŘED POŽÁRY .....	11
1.2 ZÁKLADNÍ PRÁVNÍ PŘEDPISY V OBLASTI KONTROLY TĚSNOSTI PROSTORU .....	12
1.3 POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ A JEJICH SOUČINNOST.....	13
<b>2 STACIONÁRNÍ HASICÍ ZAŘÍZENÍ</b> .....	<b>16</b>
2.1 STABILNÍ HASICÍ ZAŘÍZENÍ .....	16
2.2 PLYNOVÁ STABILNÍ HASICÍ ZAŘÍZENÍ .....	17
2.3 HASICÍ PLYNY .....	21
<b>3 KONTROLA TĚSNOSTI PROSTORŮ A JEJÍ VYHODNOCENÍ</b> .....	<b>23</b>
3.1 DOOR FAN TEST .....	23
3.2 VYHODNOCENÍ KONTROLY TĚSNOSTI PROSTORŮ.....	30
<b>4 CÍLE A METODY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>31</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>32</b>
<b>5 APLIKACE DOOR FAN TESTU NA VYBRANÝ CHRÁNĚNÝ OBJEKT</b> .....	<b>33</b>
5.1 POPIS CHRÁNĚNÉHO PROSTORU .....	33
5.2 DOOR FAN TEST S NEGATIVNÍM VÝSLEDKEM .....	35
5.3 DOOR FAN TEST S POZITIVNÍM VÝSLEDKEM.....	46
5.4 VYHODNOCENÍ OBOU DOOR FAN TESTŮ .....	50
<b>6 VYHODNOCENÍ POUŽITÝCH METOD</b> .....	<b>54</b>
6.1 SWOT ANALÝZA DOOR FAN TESTU .....	54
6.2 APLIKACE ISHIKAWA DIAGRAMU PŘI ŘEŠENÍ NETĚSNOSTI CHRÁNĚNÉHO PROSTORU .....	59
<b>7 NÁVRHY A OPATŘENÍ</b> .....	<b>61</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>62</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>63</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>66</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>67</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>69</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ</b> .....	<b>70</b>
<b>SEZNAM SCHÉMAT</b> .....	<b>71</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>72</b>



## ÚVOD

Téma bakalářské práce je kontrola těsnosti prostoru pro plynová stabilní hasicí zařízení. Těsnost prostoru je důležitá zejména při požáru, kdy je do prostoru vypuštěno hasivo ve formě plynu. Pokud je prostor dostatečně těsný, hasivo nebude unikat. Jednou z možností jak provést tuto kontrolu je s pomocí metody Door Fan Test. Úkolem této kontroly je zjistit zda chráněný prostor plynovým stabilním hasicím zařízením je dostatečně utěsněn. Pomocí Door Fan Testu se vypočítá, zda hasivo v požadované koncentraci je schopno se v chráněném prostoru udržet po stanovenou dobu nejméně však 10 minut. Tato doba je stanovena v ČSN EN 15004-1 Stabilní hasicí zařízení – Plynová hasicí zařízení – Část 1: Návrh, instalace a údržba. Pokud tato doba je vypočítána pod 10 minut, je nutné přijmout vhodná opatření.

Práce je rozdělena do sedmi kapitol. Teoretická část osahuje čtyři kapitoly. V první kapitole jsou uvedeny vybrané základní pojmy související s touto problematikou, základní právní předpisy z oblasti kontroly těsnosti prostorů a obecně popsány požárně bezpečnostní zařízení. Druhá kapitola je zaměřena na stabilní hasicí zařízení, plynové stabilní hasicí zařízení a hasicí plyny. V třetí kapitole je popsána kontrola těsnosti prostoru pomocí Door Fan Testu s vyhodnocením. Ve čtvrté a zároveň poslední kapitole teoretické části jsou stanoveny cíl a metody bakalářské práce.

Praktická část je rozdělena do tří kapitol. V páté kapitole bakalářské práce neboli v první kapitole praktické části je uveden popis chráněného prostoru, ve kterém byly provedeny dvě kontroly těsnosti prostoru pomocí Door Fan Testu. U první kontroly bylo zjištěno, že chráněný prostor není dostatečně těsný a proto byly navrženy opatření pro zlepšení. Z tohoto důvodu se kontrola po opravách musela zopakovat. U druhé kontroly výsledek dopadl mnohem lépe, neboli chráněný prostor při opravách netěsností byl správně utěsněn. Závěrem kapitoly je vyhodnocení obou kontrol. Šestá kapitola je zaměřená na SWOT analýzu a na Ishikawův diagram. V poslední kapitole práce jsou uvedeny návrhy a opatření pro zlepšení.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VÝZNAM KONTROLY TĚSNOSTI PROSTORŮ

Požár jako jedna z mimořádných událostí má mnoho příčin vzniku a proto může vzniknout kdykoliv. Požár může vzniknout přírodním vlivem, činností člověka nebo při havárii či nehodě. Vždy musí být ale splněny všechny tři podmínky hoření, což je přítomnost kyslíku, hořlavého materiálu a zdroje vznícení. [1]

Pro ochranu života, zdraví a majetku před požárem jsou používána mnohá opatření. Souhrn těchto opatření se nazývá požární ochrana. V rámci požární ochrany se využívají i stabilní hasicí zařízení (dále jen „SHZ“) pro hašení požáru s různými druhy hasebních látek. Jeden z druhů SHZ je plynové SHZ. Pro správnou funkci plynového SHZ je nutné zajistit dostatečně těsný prostor tak, aby použitý hasicí plyn neunikl z chráněného prostoru dříve, než bude požár uhašen.

Kontrolou těsnosti prostoru se zjišťuje, zda je prostor dostatečně utěsněn. Pokud není dostatečně utěsněn, zjišťují se netěsnosti vedoucí k nežádoucímu úniku hasicího plynu a dále se prokazuje účinnost SHZ.

### 1.1 Vybrané základní pojmy z oblasti ochrany před požáry

Na začátek bakalářské práce jsou pro vysvětlení uvedeny základní pojmy použité v této práci, nebo které jsou spjaty s tématem kontroly těsnosti prostoru a plynovými SHZ. Níže byly vybrány tyto pojmy:

- **Hasicí koncentrace** je minimální koncentrace hasiva, která je potřebná pro uhašení požáru. [3]
- **Hasiva** jsou látky používané k uhašení požáru např. voda, pěna, inertní plyny. Hasiva, která budou v této práci nejčastěji zmiňována, jsou plynné a elektricky nevodivé látky. [23]
- **Hoření** je chemická reakce, která je provázána uvolňováním tepla a světla. Vzniká za určitých podmínek, kterými jsou přítomnost hořlavé látky (palivo), oxidačního prostředí (vzduch, kyslík) a tepla (zdroj zapálení). [1]
- **Chráněná výška** je celková výška chráněného objektu, do které se započítává případně i zdvojená podlaha pod chráněným objektem, kterou je nutno také chránit. [23]
- **Chráněné prostory** jsou prostory chráněné hasivem, které musí mít dostatečnou konstrukční celistvost a pevnost, aby mohly pojmout vypouštěné hasivo. [3]

- **Chráněný objekt** je objekt nebo jeho část nacházející se v chráněném prostoru, která má pro jednotlivce nebo skupiny lidí (např. firmu, společnost) určitou hodnotu a význam, proto je důležité objekt před požárem chránit. [3]
- **Požár** je nežádoucí hoření, při kterém může dojít k bezprostřednímu ohrožení, usmrcení nebo zranění osob, zvířat, ke škodám materiálních hodnot nebo na životním prostředí. [2]
- **Požární odolnost** je dominantní vlastnost stavebních konstrukcí neboli schopnost konstrukcí, částí nebo dílce odolávat účinkům požáru podle svého účelu, v budově po určitou dobu udržet stabilitu, požární celistvost, tepelně izolační schopnost nebo jinou požadovanou vlastnost. [1]

## 1.2 Základní právní předpisy v oblasti kontroly těsnosti prostoru

Do oblasti právních předpisů požární ochrany a kontroly těsnosti prostoru pro plynová SHZ lze zařadit tyto zákony, vyhlášky a zejména české technické normy (dále jen „ČSN“), podle kterých se provádění kontroly řídí:

- Požární ochranu jako hlavní zákon upravuje **zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů**, který pojednává o povinnostech ministerstev, státních orgánů, právnických a fyzických osob na rovině účinné ochrany zdraví, života osob a poškození majetku před požárem. [4]
- **Vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)**, která stanovuje podmínky požární bezpečnosti, hasicí přístroje a jejich umístění, projektování, montáž, provoz, kontroly, údržbu a opravy požárně bezpečnostních zařízení, elektrickou požární signalizaci, požadavky na projektování, montáž, kontrolu požárně bezpečnostních zařízení a hasicích přístrojů. [5]
- **Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb**, která stanovuje technické podmínky požární ochrany pro navrhování, provádění a užívání staveb. [6]
- **ČSN EN 15004-1, Stabilní hasicí zařízení – Plynová hasicí zařízení – Část 1: Navrh, instalace a údržba**, uvádí požadavky a doporučení pro navrhování, instalaci, zkoušení, údržbu a bezpečnost plynových stabilních hasicích zařízení v budovách, výrobních zařízeních nebo v jiných stavbách, charakteristické vlastnosti hasiv, typy požárů, pro něž jsou daná hasiva vhodná. [3]

- ČSN EN 15004-2 - ČSN EN 15004-10, *Stabilní hasicí zařízení – Plynová hasicí zařízení – Část 2 – Část 10: Fyzikální vlastnosti a návrh plynových hasicích zařízení s určitým typem hasiva*. Tyto normy uvádějí specifické požadavky pro každé hasivo použité pro plynová stabilní hasicí zařízení a obsahují podrobné údaje o fyzikálních vlastnostech, technických podmínkách, o používání a o bezpečnostních hlediscích. [7]
- Požadavky pro jednotlivé komponenty plynových SHZ, jako např. požadavky a metody pro elektrická řídicí a zpoždovací zařízení, pro neelektrická řídicí a zpoždovací zařízení, pro propojovací součásti a zpětné ventily, jsou stanoveny v:
  - ČSN EN 12094-1, *Stabilní hasicí zařízení – Komponenty plynových hasicích zařízení – Část 1: Požadavky a zkušební metody pro elektrická řídicí a zpoždovací zařízení*.
  - ČSN EN 12094-2, *Stabilní hasicí zařízení – Komponenty plynových hasicích zařízení – Část 2: Požadavky a zkušební metody pro neelektrická řídicí a zpoždovací zařízení*.
  - ČSN EN 12094-8, *Stabilní hasicí zařízení – Komponenty plynových hasicích zařízení – Část 8: Požadavky a zkušební metody pro propojovací součásti*. [8]

### 1.3 Požárně bezpečnostní zařízení a jejich součinnost

Požárně bezpečnostní zařízení (dále jen „PBZ“) jsou systémy a technická zařízení zabezpečující požární ochranu stavby nebo jiných zařízení, sloužící k zajištění evakuace osob i snížení intenzity požáru. [9]

Stabilní hasicí zařízení patří jako jedno z nejvýznamnějších mezi základní druhy PBZ z důvodu, že jako jediné přímo hasí požár. Do PBZ se zahrnují i elektrická požární signalizace (dále jen „EPS“) a zařízení pro odvod kouře a tepla. Dále se mezi PBZ řadí polostabilní hasicí zařízení, požární klapky a další. [10]

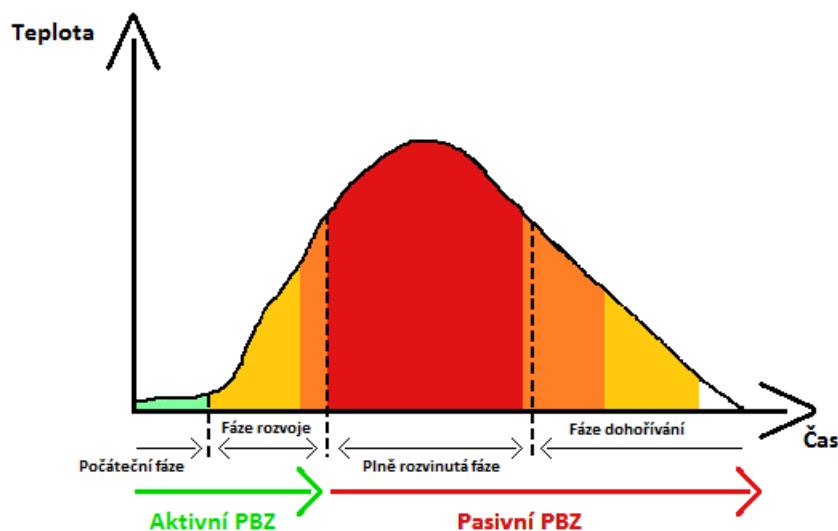
EPS slouží k signalizaci vzniklého ohniska požáru nebo požáru, k předání těchto informací určeným osobám, uvádí do činnosti zařízení bránící rozšíření požáru, usnadňující či provádějící protipožární zásah. Zařízení funguje samočinně anebo pomocí lidského činitele. Jednotlivé části zařízení jsou hlásiče požáru, kabelové trasy, ústředny EPS a doplňující zařízení. Tyto části dohromady vytvářejí systém akustické i optické signalizace. [11]

Při požáru je zejména pro osoby nebezpečné vytváření zplodin hoření a snižování obsahu kyslíku. Tomuto následku hoření se dá zamezit nainstalováním zařízení pro odvod kouře a tepla sloužící pro odvod zplodin, kouře a tepla po stanovenou dobu z požárního úseku pomocí přirozeného nebo nuceného odvětrání. [9]

Principem je tedy odvedení zplodin hoření ve správný čas požárními klapkami a současně i přívod vzduchu do odvětrávané části objektu. Tento princip je nedílnou součástí správného řešení součinnosti mezi zařízeními PBZ.

Součinnost PBZ a jiných zařízení zahrnuje pasivní a aktivní prvky (Obr. 1). Pasivní prvky se týkají požárně dělicích případně nosných konstrukcí, dělicí objekt do požárních úseků, což je řešení z hlediska únikových cest, zvyšování stability (požární odolnost konstrukcí) apod. Aktivní prvky se týkají požárně bezpečnostních zařízení a opatření, vytvářející předpoklady pro evakuaci osob, účinnému zásahu požárních jednotek a snížení škod. Tyto prvky se pro zvýšenou ochranu budov a technologických zařízení vzájemně doplňují. [9]

Na obrázku (Obr. 1) je uvedena součinnost aktivních a pasivních PBZ s barevně vyznačenými fázemi požáru.



Obr. 1. Součinnost aktivních a pasivních PBZ [Zdroj: upraveno dle [10] ]

Naopak účinnost PBZ klesá, pokud zařízení nejsou vzájemně koordinována, což znamená, že po zjištění vzniku požáru není zajištěna správná návaznost zařízení. Měla by být tedy správně vyřešena součinnost z hlediska provozu PBZ. Musí být logicky naplánován postup aktivace PBZ při požáru. U provozu plynových SHZ je velice důležité, pokud

je ve stejném chráněném prostoru instalováno i zařízení pro odvod kouře a tepla, zajistit, aby zařízení pro odvod kouře a tepla bylo spuštěno pouze ručně po souhlasu velitele jednotky požární ochrany. Samočinnost tohoto zařízení v tomto případě je nepřipustná. Může dojít k předčasnému spuštění a tím by byl z místnosti odveden s kouřem i hasicí plyn. Celkově pokud bude odvětrání spuštěno dříve, odvede vzniklý kouř, který nespustí hlásiče a SHZ nebudou aktivovány, nebo při odvodu tepla nebude zahájeno hašení sprinklerovým SHZ. Po kontrole každého systému samostatně musí být provedena i koordináční funkční zkouška systému PBZ. [9]

Účinnost PBZ je podmíněna:

- vzájemnou logickou a funkční návazností,
- návazností na technická zařízení,
- časovým pásmem a podmínkami zásahu jednotek požární ochrany,
- návazností na pasivní zajištění objektu,
- správným projektovým řešením, montáží a uvedením do provozu s důkladným posouzením v rámci kolaudace objektu. [10]

## 2 STACIONÁRNÍ HASICÍ ZAŘÍZENÍ

Kapitola je zaměřena na stabilní hasicí zařízení, jejich funkci, rozdělení, komponenty, a plynová stabilní hasicí zařízení, jejich použití, komponenty plynových SHZ, hašení a komponenty prostoru s plynovým stabilním hasicím zařízením. Dále jsou uvedeny hasicí plyny, jejich historie a rozdělení.

### 2.1 Stabilní hasicí zařízení

Stabilní hasicí zařízení jsou zařízení trvale instalovaná v objektech nebo na technologických zařízeních. Slouží k rychlému hasebnímu zásahu vykonanému zpravidla samočinně, tedy jsou schopna začít s hašením krátce po vzniku požáru za optimálních podmínek, a tudíž mají vysokou účinnost. Samočinné ovládání je zajišťováno automaticky, EPS nebo jiným bezpečnostním systémem. Mohou být aktivována i ručně. [11]

Hlavní funkcí těchto zařízení je dodávání hasiva do chráněného prostoru v potřebném množství po stanovenou provozní dobu.

Zajišťují:

- lokalizaci nebo likvidaci požáru,
- umožňují detekci vznikajícího požáru, zajišťují přenos informací,
- usnadňují zásah jednotkám požární ochrany,
- snížení množství škod,
- snižování tepelného zatížení. [11]

Pokud jsou v chráněném prostoru instalována SHZ, musí zde být instalována i EPS. V případě instalace samočinných SHZ s příslušným zařízením pro dálkový přenos signálů do místa se stálou obsluhou, nemusí být instalována EPS. [9]

Dělí se do kategorií:

- sprinklerové SHZ,
- drenčerové SHZ,
- sprejové SHZ,
- mlhové SHZ,
- pěnové SHZ,
- plynové SHZ,
- práškové SHZ,



- aerosolové SHZ,
- doplňkové sprinklerové SHZ,
- polostabilní sprinklerové hasicí zařízení. [10]

Komponenty SHZ jsou nádrže nebo tlakové zásobníky na hasivo, čerpací zařízení, potrubní rozvody s řídicími ventily, výstřikové koncovky umístěné správně v chráněném prostoru a poplachové zařízení. [9]

Funkčnost SHZ je zajišťována dodávkou energie pro napájení při požáru, stejně tak jako u všech PBZ, která musí zůstat při požáru v provozu. Dodávka musí být zajištěna ze dvou na sobě nezávislých zdrojů s takovým výkonem, aby zajišťovali funkčnost po stanovenou dobu. Jedná se např. o elektrické rozvaděče, vlastní nezávislý záložní zdroj nebo zdroj nepřerušené dodávky elektrické energie UPS, zabezpečující napájení v nežádoucí prodlevě po startu dieselgenerátoru. [16]

Pro správnou funkčnost musí být SHZ i správně navržena, instalována a provozována podle předpisů a zásad pro montáž. Spolehlivost se dá zabezpečit správnými provozními podmínkami a pravidelnými kontrolami, které jsou určeny normou. [10]

## 2.2 Plynová stabilní hasicí zařízení

Plynová stabilní hasicí zařízení se instalují do prostorů, kde se nedají použít jiná zařízení např. z důvodu poškození zařízení či jiných materiálních hodnot při hašení požáru nevhodným hasivem. Tato zařízení se používají pro hašení uvnitř objektů, kde se pracuje s hořlavinami, v muzeích, archívech, galeriích, kulturních památkách, kabelových tunelech, v prostorách s elektrickými a elektronickými zařízeními jako jsou serverovny, rozvodny, telekomunikační zařízení, řídicí systémy apod. [15]

Plynové SHZ se skládá z detekční, řídicí a hasicí části tvořící jeden celek. Hlavní komponenty hasicí části jsou zásobníky hasiva s ventily, potrubní rozvod s hubicemi (Schéma 1) a armatury uvedené v ČSN EN 12094-X. [9]

Hasicí plyn je uskladněn v tlakových lahvích (zásobnících), které jsou umístěny v chráněném prostoru nebo v místnosti mimo chráněný prostor. Dle druhu hasiva, podle normou stanovených požadavků, případně absencí prostoru pro uskladnění, se určuje, zda lahve mohou být v chráněném prostoru či nikoliv. V praxi se tlakové láhve nacházejí spíše v chráněném prostoru, pokud se jedná o jednu nebo dvě láhve např. s plyny NOVEC 1230 a INERGEN. Z tlakových lahví je hasivo vedeno potrubím do míst,

kde jsou instalovány výstřikové koncovky nebo koncovky s usměrňovací trubicí (kloboukem). Důležitá je možnost kontroly množství hasiva v lahvi. Kontrola se provádí pomocí speciální váhy, která zjišťuje úbytek hasiva např. oxidu uhličitého anebo snímačem úbytku hasiva (Schéma 1). [12]

Hašení je aktivováno, pokud detekční část, skládající se z vlastních detektorů (hlásičů) plynových SHZ, po zjištění požáru minimálně dvěma hlásiči předá signál do řídicí části (ústředna plynového SHZ) a tato část předá signál do hasicí části. Po detekování požáru jedním hlásičem nastává tzv. předpoplach, kdy hašení může být přerušeno např. tlačítkem STOP (Schéma 1). Po detekování dvěma hlásiči je zahájen poplach, při němž musí osoby opustit chráněný prostor. Řídicí část aktivuje poplachová zařízení, dále např. odstavuje vzduchotechnická zařízení, uzavře požární klapky a požární uzávěry, případně aktivuje zpoždovací zařízení. Zařízení může být aktivováno i jinými detektory např. EPS, plynovou detekcí apod. nebo i ručně např. pomocí tlačítka START (Obr. 2), které se nachází mimo chráněné prostory např. poblíž vstupních dveří do těchto prostor. Naopak zde musí být i tlačítko STOP pro přerušení spouštění (Obr. 3), umístěné poblíž tlačítka START nebo nacházející se uvnitř chráněného prostoru např. poblíž vstupních dveří. Po stisknutí tlačítka STOP dojde k zastavení hašení v době zpoždění. Doporučuje se spolu s plynovými SHZ nainstalovat EPS nejen pro detekci, ale také pro kontrolu činnosti plynových SHZ. [9] [12]



Obr. 2. Tlačítko START [Zdroj: vlastní]



Obr. 3. Tlačítko STOP [Zdroj: vlastní]

Po spuštění zařízení musí být upozorněny osoby, které se nacházejí v chráněném prostoru, nejlépe vizuálně (zábleskový maják) i zvukově (siréna). Zábleskový maják se sirénou (Schéma 1) jsou umístěny uvnitř prostoru. Venku mimo chráněný prostor by měl být umístěn zábleskový maják pro upozornění na vypouštění plynu při hašení (Obr. 4). Spuštění SHZ je signalizováno okamžitě po spuštění prvního hlásiče. Vypuštění hasiva může proběhnout se zpožděním (zpoždovací zařízení) několika sekund pro možnost provedení

evakuace osob nacházejících se v chráněném prostoru, jelikož některé plyny mohou mít negativní účinek na lidský organismus. Po celou dobu hašení je osobám zakázán vstup do chráněného prostoru. Samotný chráněný prostor je označen bezpečnostními tabulkami, které upozorňují, že je zde nainstalováno plynové SHZ, s označením, jaký plyn je použit a s uvedením počtu tlakových lahví s plynem. [10]



*Obr. 4. Zábleskový maják [Zdroj: vlastní]*

Po spuštění zaplavování v chráněném prostoru dojde vzhledem k rychlosti dodávky hasicího plynu k vytvoření přetlaku a u některých plynů, které se přeměňují z kapalně fáze na plynou, dochází k podtlaku. Doporučuje se tedy do chráněného prostoru nainstalovat tlakové vyrovnávací klapky (Schéma 1), které během vypouštění vyrovnají tlak v chráněném prostoru a také zajistí udržování koncentrace hasiva po stanovenou dobu po dosažení hasicí koncentrace. [12]

Po uhašení požáru se musí nechat chráněný prostor odvětrat. Podmínkou odvětrání je předem zjistit, zda nemůže dojít k obnovení hoření, a větrání provést tak, aby se plyn nemohl koncentrovat v jiných místnostech. Odvětrávací zařízení (Schéma 1) se navrhuje pro konkrétní prostory s plynovými SHZ. [10]

Plynová SHZ se používají ve dvou formách hašení. První forma je úplné zaplavení chráněných prostorů hasicím plynem a druhá forma je lokální hašení ohnisek požáru na technologických zařízeních. Pro uhašení požáru je důležité dosáhnout návrhové koncentrace v krátkém čase (nejlépe několika sekund) a udržet ji v chráněném prostoru po určitou dobu stanovenou v návrhovém dokumentu. Předpokladem pro uhašení požáru je těsnost chráněného prostoru. [12]

Těsnost chráněného prostoru je důležitá, aby bylo hasivo udržováno v prostoru po stanovenou dobu nebo po dobu nejméně 10 minut a během této doby z místnosti neunikalo,

případně unikalo v takovém množství, které je zanedbatelné a neohrozí proces hašení. Hasivo musí být udržováno v chráněném prostoru jak po dobu hašení, tak po dobu chlazení, aby nedošlo k obnově hoření. Těsnost chráněného prostoru se dá zjistit dvěma způsoby. První je velmi nákladné vypuštění hasiva do chráněného prostoru a druhý způsob je provedení kontroly těsnosti prostoru Door Fan Testem a následným výpočtem doby udržování hasiva. [12]

Schéma 1 znázorňuje chráněný prostor s jednotlivými komponenty plynového SHZ a dalšími zařízeními, které se v takovém prostoru mohou nacházet. Mezi tato zařízení patří např. EPS, zařízení pro odvětrávání s požární klapkou, která se musí uzavřít před hašením z důvodu těsnosti prostoru a také nešíření požáru do dalších prostorů. Dále mezi zařízení patří tlaková vyrovnávací klapka pro vyrovnávání tlaku.

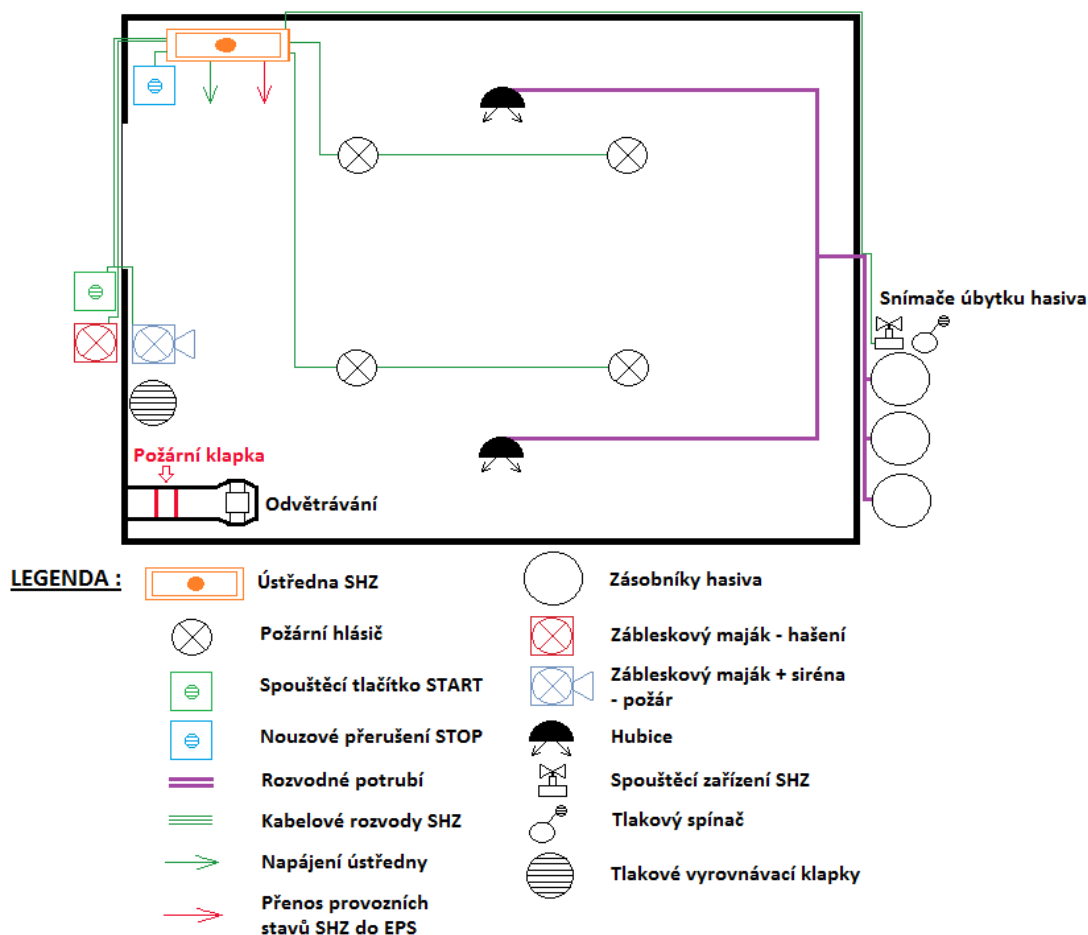


Schéma 1 Znárodnění komponentů plynového SHZ s dalšími zařízeními [Zdroj: vlastní]

### 2.3 Hasicí plyny

Pro hašení požárů se využívá mnoho různých plynů. Jako první se začal používat oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) pro hašení lodí již v 19. století. Následně ve 20. století byla známa chemická hasiva, která se však pro svou toxicitu přestala používat. Ve stejném století se zahájila výroba halogenovaných uhlovodíků, neboli halonů, u kterých se poté zjistilo, že jsou to látky poškozující ozónovou vrstvu, a proto byla jejich výroba zakázána Montrealským protokolem k 1. lednu 1994. Po těchto událostech se firmy začali orientovat na přírodní plyny jako dusík, argon a směs inertních plynů Inergen, které se používají dodnes. [12]

Zakázané halony byly nahrazeny chemickými látkami s označením HBC, HCFC a HFC. Zpřísnující se ekologické podmínky vedly k tomu, že u těchto hasiv bylo na základě Kjótského protokolu (1997) omezeno jejich používání nebo zakázána výroba z důvodu podílení se těchto látek na globálním oteplování. [22]

Reakce na vzniklou situaci vedla k zahájení výroby hasicích plynů na bázi fluorovaných ketonů (FK-5-1-12) mezi které patří např. NOVEC 1230, který spolu s INERGENEM (Tab. 1) v této době patří k nejpoužívanějším hasicím plynům. Chemické a přírodní plyny v posledních letech zaznamenaly velký vývoj také proto, že po uhašení požáru nezanechávají žádné zbytky a nejsou elektricky vodivé. Naopak od používání oxidu uhličitého se celosvětově odstupuje např. z důvodu negativních účinků na lidský organismus oproti jiným, v současné době používaným plynům. [12]

U oxidu uhličitého je nutné vzhledem k negativním účinkům na lidský organismus použít zpoždovací zařízení pro zpoždění začátku hašení a umožnění evakuace osob. [13]

Dělení plynových SHZ podle druhu hasiva:

- oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>),
- přírodní plyny – argon, dusík a jejich sloučenina INERGEN,
- chemické plyny – halogenované uhlovodíky (hasivo FM 200) nebo hasiva na bázi fluorovaných ketonů (NOVEC 1230). [12]

Přírodní plyny hasí požár na bázi snižování koncentrace kyslíku v ovzduší chráněného prostoru. Snížení koncentrace kyslíku však může mít negativní účinky na zdraví osob např. nevolnost, ztráta vědomí apod., v některých případech může způsobit i smrt. Chemické plyny hasí požár na bázi fyzikálně-chemických reakcí. [13]

Hasicí plyny mají mít vyhovující hasicí schopnost, skladovací životnost, minimální koroziivnost a nízkou toxicitu. [12]

V tabulce (Tab. 1) jsou uvedena hasiva, která mají svou ČSN, kde jsou tato hasiva popsána. Je zde uvedeno potřebné minimální množství hasiva a nalezneme zde i informace potřebné k vyplnění údajů v programu používaném pro měření Door Fan Test.

Všechna hasiva uvedená v tabulce (Tab. 1) mají elektricky nevodivou vlastnost. Dále tato hasiva nepoškozují zařízení, které chrání. Plyny řadící se do skupiny přírodních plynů jsou šetrné k životnímu prostředí a nepoškozují ho. [7]

Tab. 1. Hasicí plyny

Označení normy	Název hasiva	Označení	Hustota	Popis
ČSN EN 15004-2	FK-5-1-12	NOVEC 1230	11 násobek hustoty vzduchu	bezbarvý, téměř bez zápachu
ČSN EN 15004-3	HCFC směs A	směs	11 násobek hustoty vzduchu	bezbarvý, s citrusovým zápachem
ČSN EN 15004-4	HFC 125	NAF S 125	4 násobek hustoty vzduchu	bezbarvý, téměř bez zápachu
ČSN EN 15004-5	HFC 227ea	FM 200	6 násobek hustoty vzduchu	bezbarvý, téměř bez zápachu
ČSN EN 15004-6	HFC 23	FE-13	2,4 násobek hustoty vzduchu	bezbarvý, téměř bez zápachu
ČSN EN 15004-7	IG-01	ARGON	1,4 násobek hustoty vzduchu	bezbarvý, téměř bez zápachu
ČSN EN 15004-8	IG-100	DUSÍK	přibližně stejná jako hustota vzduchu	bezbarvý, bez zápachu
ČSN EN 15004-9	IG-55	ARGONITE TYCO i3™	přibližně stejná jako hustota vzduchu	bezbarvý, bez zápachu
ČSN EN 15004-10	IG-541	INERGEN	přibližně stejná jako hustota vzduchu	bezbarvý, bez zápachu
Hustota suchého vzduchu při 20 °C je 1,2047 kg.m <sup>-3</sup> [14]				

[Zdroj: upraveno dle [7] ]

### 3 KONTROLA TĚSNOSTI PROSTORŮ A JEJÍ VYHODNOCENÍ

Tato kapitola se zabývá teoreticky popsanou kontrolou těsnosti prostoru tj. Door Fan Testem, a vyhodnocením tohoto měření. Bude zde vysvětleno, jak se tato kontrola provádí, co vše je nutné udělat před měřením a jak vše vyhodnotit v programu FireProtection.

#### 3.1 Door Fan Test

Principem Door Fan Testu je za pomoci ventilátoru, který je osazen ve vhodném stavebním otvoru, vytvořit podtlak a přetlak, z naměřených hodnot zjistit objemový tok vzduchu kontrolovaného prostoru, vyhodnotit ekvivalentní plochu netěsností a stanovit dobu udržování hasiva. [23]

Před samotným měřením je nutné udělat několik úkonů. Prostor by měl být při měření v takovém stavu, v jakém bude při nastalém požáru. Nejprve je nutné projít si chráněný prostor a zjistit, jaká zařízení se zde nachází, případně pohledem najít zjevné netěsnosti prostoru. Důležité je vypnout zařízení, která by mohla měření ovlivnit např. klimatizační jednotka s odvodem vzduchu, jejíž součástí je i požární klapka, která musí být zavřená. Klimatizační jednotka, která nepřivádí čerstvý vzduch nebo ho neodvádí a nevyvolává změnu tlaku, může zůstat funkční. To samé platí i o zařízeních, která snižují teplotu v prostoru např. pro počítače. Dále je potřeba zablokovat zařízení na zásobníku hasiva pomocí blokovacího zařízení, aby během měření nedošlo ke spuštění. Okolní místnosti chráněného prostoru se tlakově propojí do jednoho celku. Propojení se provede otevřením dveří. Stejně se propojí okolní prostor s venkovním prostředím. Pokud má chráněný prostor zvýšenou podlahu nebo snížený strop, je nutné podlahu i strop demontovat, aby se vytvořil jeden prostor chráněný hasivem. Po demontování podlahy je snížena bezpečnost, proto je nutné přijmout vhodná opatření. Jestliže není prostor nad sníženým stropem chráněn hasivem, není nutné ho demontovat. [23]

Dalším krokem je příprava věcí potřebných k měření. K měření se mohou použít měřicí sestavy různých značek. Zde bude popsána měřicí sestava BlowerDoor Minneapolis. Prvním krokem je sestavit rám sestavy, který se instaluje do vhodného stavebního otvoru např. do vstupních dveří vedoucích do jiného prostoru (většinou na chodbu). Je-li to nutné, odšroubují se z dveří překážky, které by znemožňovaly instalaci rámu (např. dorazy). Rám se překryje vzduchotěsnou krycí plachtou. Do plachty se zasadí se ventilátor, kalibrační clona se zátkami, zavěsí se regulátor otáček ventilátoru a měřidlo (Obr. 5), které je propo-

jeno s počítačem. Z měřidel se dá použít typ DG-700 nebo takové, které je předdefinované v programu FireProtection. Měřidlo DG-700 je dvoukanálový diferenciální manometr<sup>1</sup> měřící v jednom kanále tlakový rozdíl chráněného prostoru (Obr. 5) a v druhém kanále tlakový rozdíl na ventilátoru neboli průtok vzduchu ventilátorem (Obr. 5). Měřidlo snímá tlakové rozdíly pomocí čtyř hadiček (průhledná, zelená, modrá a červená), které jsou v něm, kromě průhledné, přímo zapojené (Obr. 5). Pro měření se propojí počítač s měřidlem WiFi připojením nebo USB kabelem, měřidlo s regulátorem otáček a měřidlo s ventilátorem pomocí dvou hadiček. [17]

Na uvedeném obrázku (Obr. 5) je měřidlo DG-700 se zapojenými hadičkami (červená, modrá, zelená) a vyznačením měřených tlakových rozdílů.



Obr. 5. Měřidlo DG-700 [Zdroj: vlastní]

Tlakový rozdíl chráněného prostoru se měří z tlaku v prostoru (volný vstup) a z venkovního tlaku pomocí průhledné a zelené hadičky. Jeden konec průhledné hadičky musí být vyveden ven mimo objekt a druhý konec se připojí na průchodku v plachtě (Obr. 7). Na druhé straně průchodky v plachtě je připojena zelená hadička, jejíž druhý konec vede do měřidla (Obr. 6). Tlakový rozdíl na ventilátoru se měří z tlaku ventilátoru (červená hadička) a referenčního tlaku ventilátoru (modrá hadička). [18]

---

<sup>1</sup> Manometr (tlakoměr) je měřidlo tlaku plynu nebo kapalin



Modrá a červená hadička jsou zapojeny jedním koncem v měřidle a druhým koncem na ventilátoru (Obr. 6). Po sestavení sestavy se přejde k měření a zjišťování netěsností. [18]



Obr. 6. Měřicí sestava s jednotlivými komponenty [Zdroj: vlastní]



Obr. 7. Průhledná hadička zapojená v průchodce plachty [Zdroj: vlastní]

Z praxe se doporučuje nejprve vytvořit podtlak, jelikož netěsnosti se hledají právě při vytvořeném podtlaku. Podtlak se vytváří, když ventilátor je zasazen do plachty clonami do chráněného prostoru, což znamená, že vzduch se bude z místnosti vysávat.

Netěsnosti jsou jakékoliv otvory v obálce chráněného prostoru, kterými by mohlo hasivo unikat. Mezi nejčastější netěsnosti se řadí úniky okolo prostupů potrubí, kabelů, vzduchotechnických kanálů nebo okolo dveří. Prostupy mohou být utěsněny např. požárními ucpávkami a dalšími. Každá požární ucpávka musí mít svůj štítek (Obr. 8), na kterém je uvedeno označení objektu a místa v objektu, pořadové číslo, označení požární odolnosti, druh nebo typ ucpávky, datum provedení, firma, adresa a jméno zhotovitele a označení výrobce a systému. Pokud se netěsnosti vyskytnou při měření ve velkém množství a měření vyjde negativně, musí se netěsnosti opravit a měření provést znovu. V případě, že prostor má zvýšenou podlahu nebo snížený strop, musí se netěsnosti hledat i v prostoru

pod zvýšenou podlahou a nad sníženým stropem (pokud je to požadováno). Po vyhledání netěsností se přejde k samotnému měření. [17]

Požární ochrana staveb		Adresa firmy
Systém:		Předpis: ČSN 73 0810
Požární odolnost:	Jméno:	Číslo:
Zakázka č.:	Datum:	

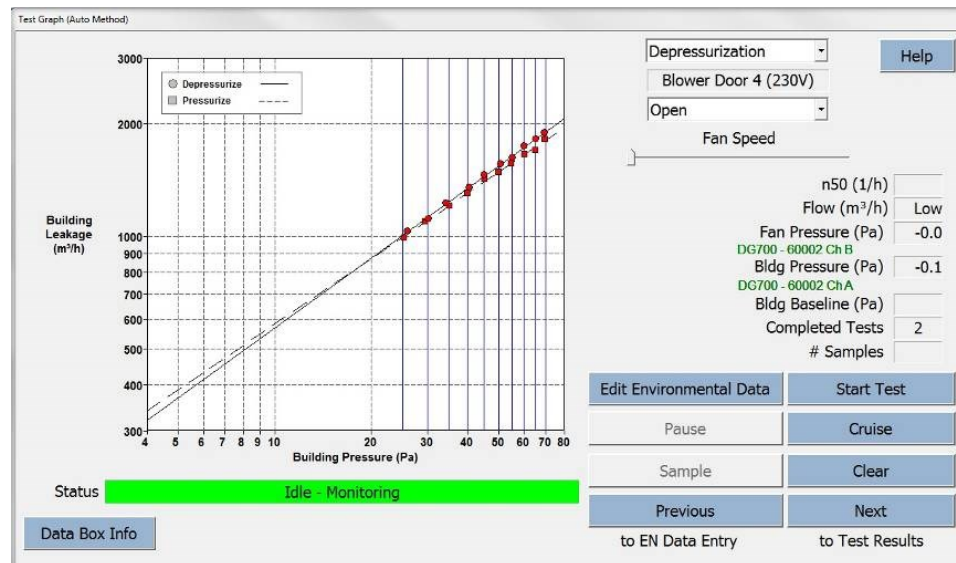
Obr. 8. Štítek [Zdroj: vlastní]

K měření se používají různé počítačové programy určené pro Door Fan Test. V této práci budou zmíněny konkrétně dva programy TECTITE Express 4.1 a FireProtection. Pomocí programu TECTITE Express 4.1 se změří údaje potřebné pro vyplnění programu FireProtection, který ze zadaných údajů vypočítá dobu udržování hasicího plynu v chráněném prostoru a chráněnou výšku.

V programu FireProtection se před zahájením měření postupně prochází a vyplní všechny záložky. Vyplní se základní informace o místě měření, zadá se číslo projektu, norma, podle které se provádí měření, druh požárního rizika. Zadají se informace o měřeném prostoru, jako jsou rok výstavby měřeného prostoru, barometrický tlak nebo nadmořská výška, doporučená teplota prostoru, tvar prostoru, celková výška, celkový objem, korekce objemu tj. pokud se v prostoru nachází utěsněný přístroj, musí se odečíst jeho objem a zadat čistý objem po odečtení korekce objemu. Dále se vyplní typ použitého hasiva v chráněném prostoru. Hasivo může být buď těžší než vzduch a se stejnou hustotou jako vzduch. Dále je možné pomocí mixování, aby se plyn těžší než vzduch choval jako plyn se stejnou hustotou jako vzduch. Vyplní se požadovaná počáteční koncentrace dle příslušné ČSN daného hasiva nebo z hydraulických výpočtů. Zadá se aktuální množství instalovaného hasiva a předpokládané udržování hasiva po stanovenou dobu (holding time). Vyplní se informace o technikovi a firmě, která měření provádí, a o zákazníkovi. Také se vyberou používaná měřicí zařízení z dříve uloženého seznamu, kde musí být zadána i platná kalibrace všech měřících zařízení (měřidlo, ventilátor). Po vyplnění záložek se zahájí měření, ke kterému je potřeba program TECTITE Express 4.1. [21]

Program TECTITE Express 4.1 se používá pro metodu tlakového spádu s externím ventilátorem, kdy se opakovaně měří objemový tok vzduchu skrz obálku chráněného prostoru při známém tlakovém rozdílu. Neboli měření se provádí při vytvořeném podtlaku a přetlaku při různých tlakových rozdílech. Požadované cílové tlakové rozdíly jsou rovnoměrně rozděleny mezi nejvyšším (max. 60 Pa) a nejnižším tlakem (min. 10 Pa nebo 10x absolutní hodnota výchozího tlakového rozdílu). Např. při nejvyšším tlaku 60 Pa a nejnižším tlaku 10 Pa budou cílové tlaky u přetlaku nastaveny na 10, 20, 30, 40, 50 a 60 Pa a u podtlaku na -10, -20, -30, -40, -50 a -60 Pa. [17]

Při spuštění měření se musí v programu zadat vnitřní teplota v chráněném prostoru a vnější teplota před chráněným prostorem. Jako první se změří výchozí tlakový rozdíl při nulovém průtoku mezi vnitřkem a vnějškem měřeného prostoru při vypnutém ventilátoru zakrytém vzduchotěsným látkovým krytem. Zjištění výchozího tlakového rozdílu trvá 30 s. Výchozí tlakový rozdíl musí být naměřen v rozmezí od -3 do 3 Pa. Hodnota je kladná, když vnitřní tlak je vyšší než vnější, a naopak záporná, když vnější tlak je vyšší než vnitřní. Jestliže výchozí tlakový rozdíl vyjde vyšší než 3 Pa, musí se tato hodnota snížit, naopak pokud hodnota vyjde nižší než -3 Pa, musí se hodnota zvýšit. Výchozí tlakový rozdíl může být např. způsoben větrem nebo netěsnostmi v obálce chráněného prostoru. Po změření výchozího tlakového rozdílu se ventilátor odkryje a začíná měření při vytvořeném podtlaku. Výsledky měření se zobrazují jako body na grafu (Obr. 9). Po dokončení měření při podtlaku se znovu měří výchozí tlakový rozdíl se zakrytým ventilátorem. Poté se ventilátor otočí clonami ven. Opět se změří výchozí tlakový rozdíl se zakrytým ventilátorem. Po odkrytí ventilátoru se měří při vytvořeném přetlaku, vzduch je vháněn dovnitř prostoru. Výsledky měření jsou vyneseny do stejného grafu jako při podtlaku (Obr. 9). Naposledy se v této sérii změří výchozí tlakový rozdíl. Pomocí aritmetického průměru výsledných hodnot při podtlaku a přetlaku program vypočte objemový tok vzduchu při referenčním tlakovém rozdílu. Všechna data jsou uložena do souboru s příponou .bld, který se nahrává do programu FireProtection. [18]



Obr. 9. Graf výsledných hodnot při měření podtlakem a přetlakem  
[Zdroj: [18] ]

Po vyplnění všech záložek s informacemi potřebnými pro výpočet v programu FireProtection se nahrají naměřená data uložená v souboru s příponou .bld. Při nahrávání se musí vybrat pořadí, ve kterém byla data naměřena. V tomto případě podtlak/přetlak. V programu je možné zadat plochy netěsností, které jsou v prostoru běžně, ale při měření byly utěsněny (např. spára pod dveřmi, ve kterých je umístěna měřící sestava). Tyto plochy budou zohledněny při výpočtu. Naměřená data se zobrazí v záložce Data entry. V této záložce program pomocí ikon v pravém horním rohu obrazovky upozorní, když jsou špatně zadána některá data. Uprostřed se zobrazí graf, na kterém je vyznačen podtlak červeně a přetlak modře. [21]

První série měření se provádí pro zjištění Effective Leakage Area neboli ekvivalentní plochy netěsností (dále jen „ELA“). Výsledná hodnota ELA v  $\text{cm}^2$  je programem zaznamenána. Druhá série měření se provádí pro kontrolu provozní kalibrace ventilátoru. Provozní kalibrace ventilátoru se zkontroluje zvýšením naměřené hodnoty ELA tak, že se přidá otvor v cloně nad ventilátorem (Obr. 10) a provede se druhá série měření. Velikost přidávaného otvoru je zobrazena pod výslednou hodnotou ELA v záložce Field Calibration Check. [19]



*Obr. 10. Odebrání clon  
před druhou sérií měření  
[Zdroj: vlastní]*

Zahájí se druhá série měření. Cílem je zjistit, zda nově vypočtená ELA je v souladu s hodnotou z prvního měření plus přidaný otvor s maximální tolerancí 15 %. Pokud je tolerance vyšší než 15 %, musí se provést recalibrace ventilátoru. Na konci první série po měření při přetlaku se s ventilátorem hýbat nemusí, proto v druhé sérii se nejdříve měří při přetlaku a poté při podtlaku. Druhá série měření se provede stejným způsobem jako první. Následně se opět soubor s příponou .bld nahraje do programu FireProtection v záložce Field Calibration Check, kde se musí nastavit, v jakém pořadí měření proběhlo. Po nahrání jsou vidět v programu další čtyři naměřené údaje, nově vypočtená hodnota ELA, očekávaná hodnota ELA, rozdíl v procentech mezi vypočtenou a očekávanou hodnotou ELA a ověření kalibrace. Po ukončení měření se měří tlakový rozdíl při podmínkách doby udržování koncentrace. Při zastaveném a zakrytém ventilátoru se změří pomocí manometru tlakový rozdíl na horní netěsnosti a tlakový rozdíl na dolní netěsnosti, které se zadají do programu v záložce Bias pressure. V této záložce jsou dva sloupce, do kterých se zadá vlevo tlakový rozdíl na dolní netěsnosti a vpravo tlakový rozdíl na horní netěsnosti. Pokud je prostor příliš velký, opakují se měření na více místech a výsledky se přidají

do sloupců. Nad sloupci jsou tři políčka, ve kterých se zobrazí vlevo průměr tlakového rozdílu dolních netěsností, vpravo průměr tlakového rozdílu horních netěsností a uprostřed výsledek tlakového rozdílu. Výsledek tlakového rozdílu je kladný, když vnitřní tlak je vyšší než vnější, a záporný, když vnější tlak je vyšší než vnitřní. [19]

### **3.2 Vyhodnocení kontroly těsnosti prostorů**

Vyhodnocení kontroly je uvedeno v záložce Hold time, kde je zobrazena výsledná předpokládaná doba udržování koncentrace a výsledná chráněná výška. Tyto dva údaje jsou konečným výsledkem měření. Pokud výsledná doba je vyšší než požadovaná doba, znamená to, že kontrola vyšla pozitivně a množství hasiva je schopno se v chráněném prostoru udržet po výslednou dobu i s netěsnostmi prostoru. Pokud výsledná doba je nižší než požadovaná hodnota nebo normou stanovená doba 10 minut, kontrola vyšla negativně a musí se provést opatření pro utěsnění netěsností prostoru, které byly zjištěny při kontrole. Po zatěsnění prostoru je vyžadováno znovu provést Door Fan Test. Po dokončení kontroly se vytvoří zpráva z měření uložená ve formátu .docx. [23]

Po ukončení zkoušky se odstraní utěsnění netěsností, které jsou zohledněné při výpočtu (např. mezera pod dveřmi), zapnou se zařízení, která byla během zkoušky vypnuta a uvede se do provozu plynové SHZ.

## 4 CÍLE A METODY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem této práce je provedení kontroly těsnosti vybraného prostoru pro plynová SHZ. Kontrola byla provedena pomocí metody Door Fan Test s následným vyhodnocením kontroly, a při negativním výsledku navrhnutím opatření vedoucím ke zlepšení.

K naplnění hlavního cíle jsem si stanovila tyto dílčí cíle:

- zpracovat literární rešerši o plynových SHZ,
- provést kontrolu těsnosti vybraného prostoru pro plynová SHZ metodou Door Fan Test,
- zevšeobecnit výsledky kontroly a navrhnout opatření pro dosažení vyhovujícího stavu.

V této práci jsou použity následující metody:

- pozorování,
- analyticko-syntetická metoda,
- SWOT analýza,
- Ishikawův diagram.

Pomocí SWOT analýzy byly zhodnoceny vnitřní silné a slabé stránky Door Fan Testu, a vlastnosti vnějšího prostředí jako příležitosti a hrozby nejen z pohledu Door Fan Testu jako celku, ale i z hlediska případného ovlivnění výsledku zkoušky.

Ishikawův diagram byl použit pro zobrazení a analýzu příčin netěsností chráněného prostoru. Z Ishikawova diagramu lze navrhnout opatření jak netěsnostem předejít.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 5 APLIKACE DOOR FAN TESTU NA VYBRANÝ CHRÁNĚNÝ OBJEKT

V úvodní podkapitole je popsán měřený chráněný prostor X s plynovým SHZ. V tomto prostoru byly provedeny dva Door Fan Testy, které jsou popsány v dalších podkapitolách. Poslední podkapitolou je vyhodnocení obou testů. Kvalifikovanou osobou provádějící obě kontroly Door Fan Test byl pan Ing. Jiří Krejča.

### 5.1 Popis chráněného prostoru

Měřeným chráněným prostorem je serverovna (Obr. 11) nacházející se ve výrobním objektu X. Serverovna má rozměry 6,7 x 6,2 x 3,95 m a celkový objem 164 m<sup>3</sup>.



*Obr. 11. Chráněný prostor – serverovna*

*[Zdroj: vlastní]*

Tento prostor je zvenku i zevnitř vybaven několika bezpečnostními prvky např. zvenku tlačítkem Start, zábleskovým majákem (vizuální prvek) a zevnitř tlačítkem STOP, druhým zábleskovým majákem se sirénou (zvukový prvek). Tyto vnitřní prvky se nachází poblíž vstupních dveří a ústředny SHZ. Chráněný prostor je z venku na vstupních dveřích označen bezpečnostní zákazovou a informační tabulkou (Obr. 12), a dvěma výstražnými bezpečnostními tabulkami (Obr. 12). V prostoru se nachází i jiné bezpečnostní tabulky např. Pozor elektrické zařízení!



Obr. 12. Bezpečnostní tabulky na vstupních dveřích chráněného prostoru [Zdroj: vlastní]

Dále je v chráněném prostoru umístěna ústředna plynového SHZ s provozní knihou, zábleskovým majákem a tlačítkem STOP (Obr. 13). Také jsou v chráněném prostoru požární hlásiče, klimatizační jednotka pro snižování teploty z důvodu zahřívání se serverů, dvě potrubí pro odvětrávání s požární klapkou (Obr. 14) a dva elektrické rozvaděče. Jedno potrubí pro odvětrání má vývod u podlahy a druhé u stropu.



Obr. 13. Ústředna plynového SHZ [Zdroj: vlastní]



Obr. 14. Potrubí pro odvětrávání s požární klapkou a vývodem u stropu [Zdroj: vlastní]

V chráněném prostoru je umístěna jedna tlaková láhev plynového SHZ s hasicím plynem NOVEC 1230 (Obr. 15). Tlaková láhev je nainstalována se všemi potřebnými komponenty včetně výstřikové koncovky (Obr. 16). Hmotnost hasiva je 136 kg a objem 140 l. Název hasiva dle ČSN EN 15004-2 je FK 5-1-12.



Obr. 15. Tlaková láhev s hasivem [Zdroj: vlastní]



Obr. 16. Potrubní rozvod s výstřikovou koncovkou [Zdroj: vlastní]

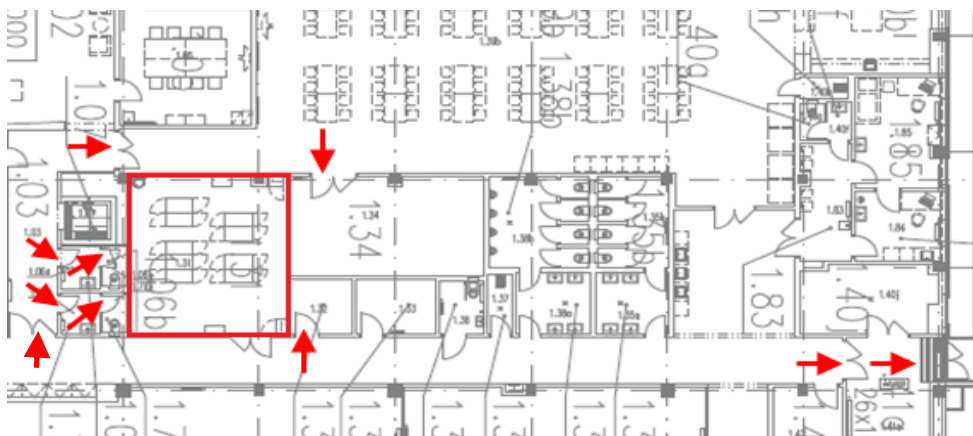
Posuzovaný chráněný prostor nemá zdvojenou podlahu ani zdvojený strop.

## 5.2 Door Fan Test s negativním výsledkem

Před testem bylo třeba udělat několik opatření (Schéma 2). Projít chráněný prostor a zjistit pohledem zjevné netěsnosti. Zablokovat hasicí zařízení, aby při kontrole nedošlo ke spuštění, a zkontrolovat, zda jsou uzavřené požární klapky odvětrávacího zařízení. Dalším krokem bylo otevření dveří přilehlých místností chráněného prostoru pro tlakové propojení do jednoho celku. Stejným způsobem se propojilo okolí chráněného prostoru s venkovním prostředím (Obr. 17).



Schéma 2 Nutná opatření před testem [Zdroj: vlastní]



Obr. 17. Výřez výkresu s vyznačením chráněného prostoru a vyznačením otevřených dveří přilehlých prostorů a venkovního prostředí [Zdroj: upraveno dle [24] ]

Jak již bylo zmíněno, chráněný prostor nemá zdvojenou podlahu ani zdvojený strop, tudíž nebylo potřeba nic demontovat. Po dokončení těchto kroků proběhlo sestavení měřicí sestavy BlowerDoor Minneapolis (Obr. 18), která byla nainstalována do vstupních dveří chráněného prostoru. V měřicí sestavě bylo použito měřidlo DG-700 a ventilátor Minneapolis Model 4 s regulátorem otáček.

Na obrázku (Obr. 18) je zdokumentována měřicí sestava. Rám musel být podložen deskou z polystyrenu, protože dveře byly vyšší, než je nejdelší možná roztažitelnost rámu. Rám byl tímto dostatečně roztažen a byla zachována vzduchotěsnost v okolí rámu.



Obr. 18. Měřicí sestava [Zdroj: vlastní]

Po zapojení byla sestava zapnuta a následovalo vyhledávání netěsností při vytvořeném podtlaku. Netěsnosti se nacházely hlavně okolo prostupů kabelů elektroinstalace (Obr. 19, 20), prostupů husích krků (Obr. 21, 22, 23, 24) a prostupů odvětrávacích potrubí (Obr. 25).

Na obrázku (Obr. 19) jsou vidět neutěsněné prostupy kabelů ve stěně. Na obrázku (Obr. 20) je vidět špatně udělaná požární ucpávka, která popraskala, a při zkoušce přes ucpávku procházel vzduch.



Obr. 19. Netěsnost č. 1 - Prostupy kabelů elektroinstalace [Zdroj: vlastní]



Obr. 20. Netěsnost č. 2 - Prostupy kabelů elektroinstalace [Zdroj: vlastní]

Na obrázku (Obr. 21) je vidět nedostatečně udělaná požární ucpávka, ve které jsou trhliny a neutěsněné husí krky, kterými procházel vzduch. Obrázek (Obr. 22) obsahuje podobné netěsnosti jako obrázky (Obr. 20) a (Obr. 21).



Obr. 21. Netěsnost č. 3 – Prostupy husích krků, kabelů elektroinstalace, kabelové lávky; požární ucpávka [Zdroj: vlastní]



Obr. 22. Netěsnost č. 4 – Prostupy husích krků, kabelů elektroinstalace a kabelové lávky [Zdroj: vlastní]

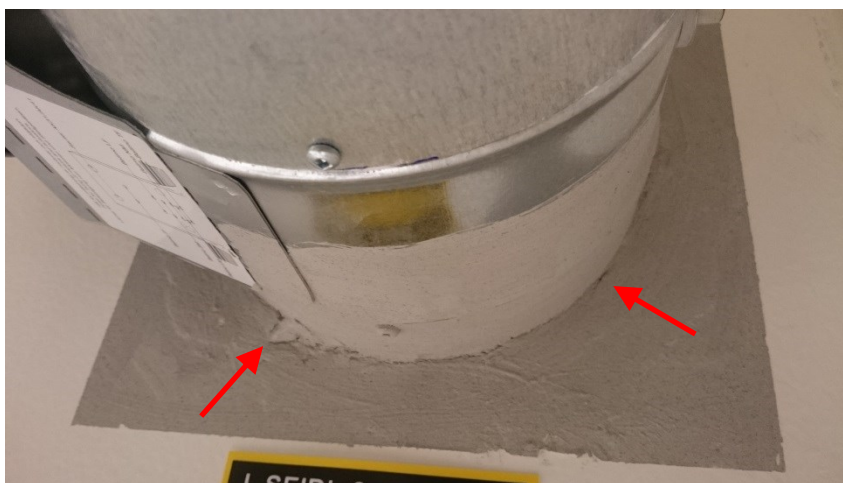
Na obrázku (Obr. 24) je zobrazen nedokončený prostup husích krků s nedokončenou požární ucpávkou. Obrázek (Obr. 24) je detail obrázku (Obr. 23).



Obr. 23. Netěsnost č. 5 - Prostupy husích krků s požární ucpávkou a štítkem [Zdroj: vlastní]

Obr. 24. Netěsnost č. 6 – Prostupy husích krků [Zdroj: vlastní]

Obrázek (Obr. 25) zobrazuje prasklinu požární ucpávky mezi odvětrávacím potrubím a stěnou, skrz kterou procházel vzduch.



Obr. 25. Netěsnost č. 7 – Prostup odvětrávacího potrubí [Zdroj: vlastní]

Dále byly nalezeny významné netěsnosti mezi stropem a příčkou (Obr. 26, 27, 28, 29), u podlahové lišty mezi podlahou a příčkou (Obr. 30), prostup do podlahy (Obr. 31), prostup elektroinstalace (Obr. 32) a pod elektroinstalační krabicí (Obr. 33).

Na obrázcích (Obr. 26) a (Obr. 27) jsou zobrazeny neutěsněné mezery mezi stropem a příčkou. Tyto mezery spolu s mezerami mezi sádkartonovými deskami pod stropem z obrázků (Obr. 28) a (Obr. 29) byly po celém obvodu chráněného prostoru a byly vyhodnoceny jako největší netěsnosti.



Obr. 26. Netěsnost č. 8 – Mezera mezi stropem a příčkou [Zdroj: vlastní]



Obr. 27. Netěsnost č. 9 – Mezera mezi stropem a příčkou [Zdroj: vlastní]



Obr. 28. Netěsnost č. 10 - Mezera mezi stropem a příčkou [Zdroj: vlastní]



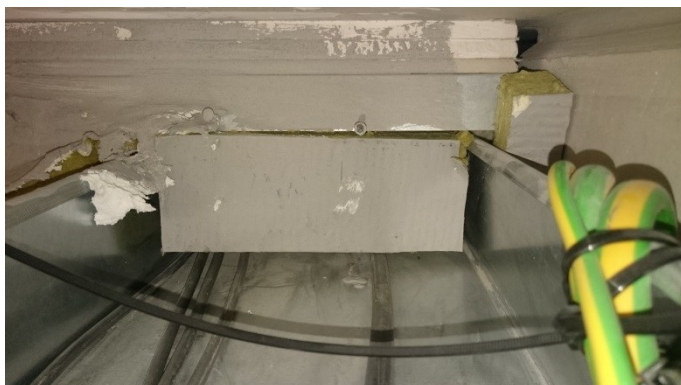
Obr. 29. Netěsnost č. 11 - Mezera mezi stropem a příčkou [Zdroj: vlastní]



Obr. 30. Netěsnost č. 12 – Pod podlahovou lištou [Zdroj: vlastní]



Obr. 31. Netěsnost č. 13 – Prostup do podlahy [Zdroj: vlastní]



Obr. 32. Netěsnost č. 14 – Prostup kabelů elektroinstalace [Zdroj: vlastní]



Obr. 33. Netěsnost č. 15 – Pod elektroinstalační krabicí [Zdroj: vlastní]

Po ukončení hledání netěsností se přešlo ke zkoušce. První byl použit program FireProtection, ve kterém byly vyplněny jednotlivé záložky programu:

- záložka domů (základní informace):
  - název – Project 24,
  - norma, podle které se měří – ISO 14520 (2006),
  - riziko – Třída A (vyšší),
  - způsob zadání tlaku – vypočteno z nadmořské výšky,
  - nadmořská výška – 245 m,
  - předepsaná teplota – 20 °C,
  - výška  $H_o^2$  – 3,95 m,
  - objem – 164 m<sup>3</sup>,
  - korekce objemu – 0 (čistý objem – 164 m<sup>3</sup>),
  - tvar – standardní,
- záložka hasicí plyn:
  - hasivo – NOVEC 1230 (FK 5-1-12) – hasivo těžší než vzduch,
  - množství hasiva – 136 kg,

---

<sup>2</sup>  $H_o$  – celková výška prostoru [23]



- způsob zadání  $C_i$ <sup>3</sup> – vypočítat z množství hasiva,
- počáteční koncentrace  $C_i$  – 5,63 %,
- způsob zadání  $C_{min}$ <sup>4</sup> – zadání uživatelem,
- minimální objemová koncentrace hasiva  $C_{min}$ <sup>5</sup> – 5,6 %,
- požadovaná chráněná výška  $H_p$ <sup>6</sup> – 2,1 m,
- stanovená doba udržování koncentrace (holding time) – 10 min,
- dolní podíl netěsností  $F$ <sup>7</sup> – 30 %,
- záložky s informacemi o technikovi a firmě provádějící zkoušku a o zákazníkovi,
- záložka zařízení (výběr měřidel použitých pro tuto zkoušku):
  - DG-700 (dvoukanálový diferenciální manometr),
  - Minneapolis Model 4 - 230V (ventilátor).

Všechna použitá měřidla musí mít platnou kalibraci.

Po vyplnění těchto záložek se přešlo do druhého programu - TECTITE Express 4.1. Zde se měla provést první série měření, která se poté měla nahrát do další záložky v programu FireProtection. Tato první série je měřena pro zjištění hodnoty ELA.

V programu TECTITE Express 4.1 byl vyplněn objem chráněného prostoru 164 m<sup>3</sup>, podlahová plocha 41,57 m<sup>2</sup>, naměřená vnitřní teplota 21 °C a teplota před chráněným prostorem 15 °C. Jako poslední před spuštěním první série měření se nastavilo měření podtlakem a zadala se použitá clona na ventilátoru. Po vyplnění údajů byla zahájena první série měření.

Nejdříve se změřil výchozí tlakový rozdíl při nulovém průtoku (vypnutý a zakrytý ventilátor). Hodnota výchozího tlakového rozdílu před měřením byla -2,49 Pa. Z této hodnoty se určila hodnota nejnižšího zkušební tlakového rozdílu 25 Pa. Ostatní cílové tlakové rozdíly byly zvoleny takto: 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30 a 25 Pa. Po změření se ventilátor odkryl a začalo se měřit při vytvořeném podtlaku. Měření proběhlo s nasazenou clonou A, při zkušebním tlaku 25 Pa byla použita clona B (při tomto tlaku byl průtok clonou A příliš

---

<sup>3</sup>  $C_i$  – počáteční objemová koncentrace hasiva ve vzduchu pro daný prostor na počátku doby udržování koncentrace [23]

<sup>4</sup>  $C_{min}$  - minimální objemová koncentrace hasiva ve vzduchu ve výšce H v daném prostoru na konci doby udržování koncentrace [23]

<sup>5</sup>  $C_{min}$  zadána z ČSN EN 15004-2

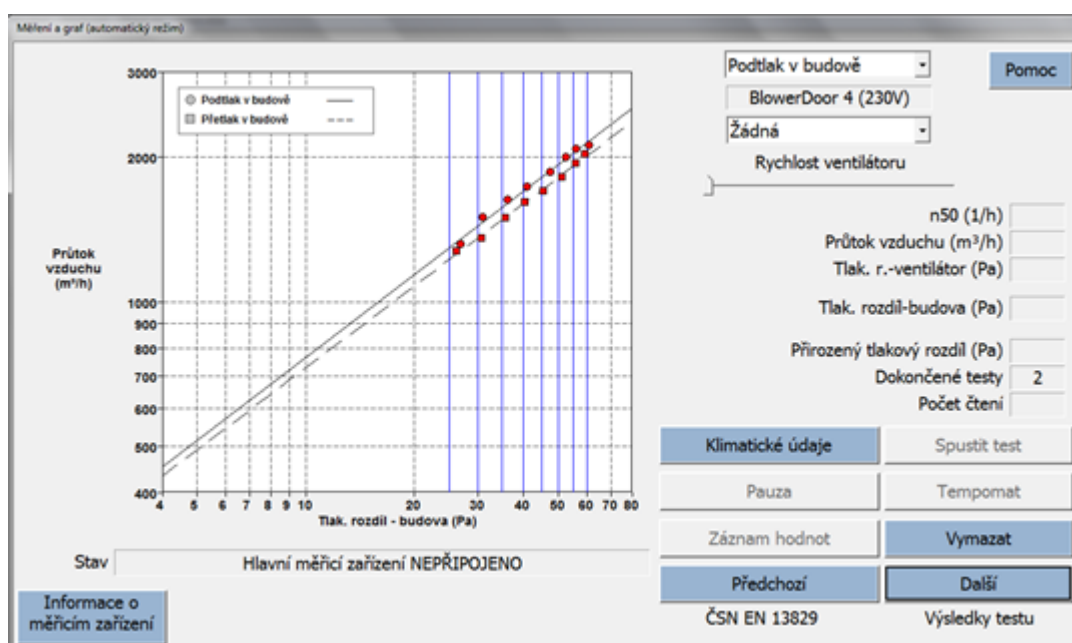
<sup>6</sup>  $H_p$  – požadovaná chráněná výška [23]

<sup>7</sup> F – efektivní plocha netěsností dolních úniků děleno efektivní plochou netěsností všech úniků [23]

malý a mimo měřicí rozsah). Výsledky se zobrazily jako body na grafu (Obr. 34). Po dokončení měření při podtlaku se znovu změřil výchozí tlakový rozdíl.

Následně se ventilátor otočil clonami ven a měření se zopakovalo při vytvořeném přetlaku. První se změřil výchozí tlakový rozdíl, poté jednotlivé body při přetlaku a nakonec opět výchozí tlakový rozdíl. Výsledky se zobrazily jako body na stejném grafu jako při měření pod tlakem (Obr. 34). Všechna data byla uložena do souboru s příponou .bld.

Na obrázku (Obr. 34) je zobrazen výsledný graf z první série měření v programu TECTITE Express 4.1. V grafu jsou vidět naměřené zkušební cílové tlakové rozdíly při vytvořeném podtlaku (kolečka) a přetlaku (čtverečky).



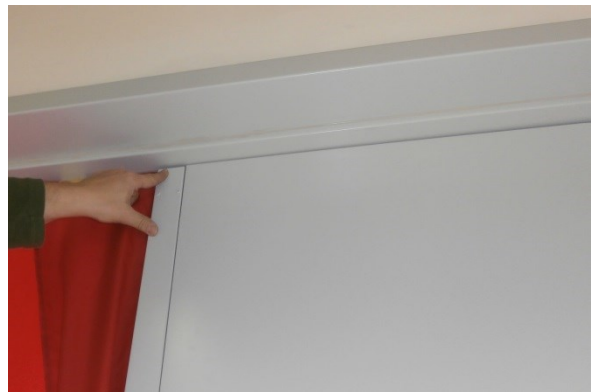
Obr. 34. TECTITE Express 4.1 – výsledný graf první série měření [Zdroj: [20] ]

Soubor s příponou .bld se nahrál do programu FireProtection v záložce měření. Při nahrávání bylo nutné správně označit, v jakém pořadí se měřilo (podtlak, přetlak). V této záložce se také zobrazila nebo byla zadána:

- vnitřní teplota – 21 °C,
- venkovní teplota před chráněným prostorem – 15 °C,
- nejvyšší cílový tlak – 60 Pa,
- nejnižší cílový tlak – 25 Pa,
- referenční tlakový rozdíl pro ekvivalentní plochu netěsností – 10 Pa,
- plocha netěsností – 40 cm<sup>2</sup> (mezera pod a nad dveřmi – Obrázek 35, 36) – plocha zohledněná při výpočtu.



Obr. 35. Mezera pod dveřmi [Zdroj: vlastní]



Obr. 36. Mezera nad dveřmi [Zdroj: vlastní]

Na obrázku (Obr. 37) je zobrazen graf z programu FireProtection, na kterém jsou výsledné hodnoty měření při podtlaku (červená) a přetlaku (modrá). Je zde vidět i výsledná hodnota ELA  $846,69 \text{ cm}^2$ . Tento graf je zobrazen v záložce Data entry.

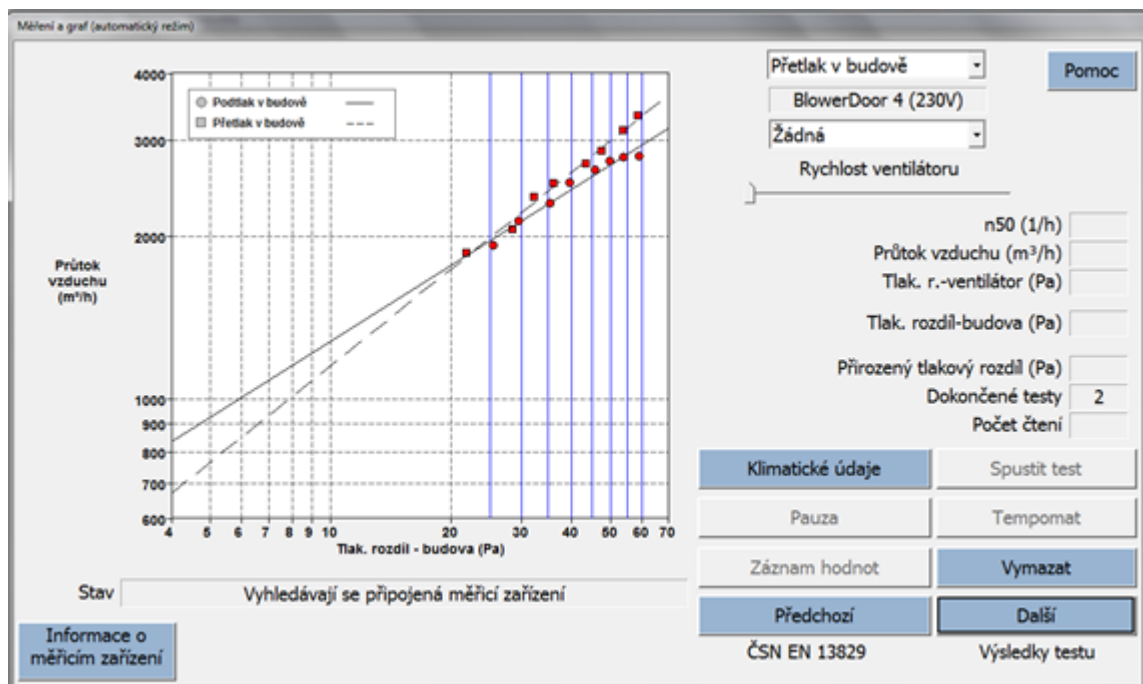


Obr. 37. FireProtection – Graf s výslednými hodnotami [Zdroj: [21] ]

V záložce Field Calibration Check se zobrazila hodnota  $412 \text{ cm}^2$  pro zvýšení naměřené hodnoty ELA přidáním otvoru v kalibrační cloně nad ventilátorem. Hodnota ELA se zvýšila pro provedení kontroly provozní kalibrace ventilátoru (druhá série měření).

Druhá série měření se provedla stejným způsobem jako první série měření v programu TECTITE Express 4.1. Odlišné bylo pouze to, že se jako první měřilo při vytvořeném přetlaku a následně podtlaku. Výsledky z programu TECTITE Express 4.1 byly opět zobrazeny jako body na grafu (Obr. 38) a uloženy do souboru s příponou .bld.

Na obrázku (Obr. 38) jsou zobrazeny v grafu naměřené zkušební cílové tlakové rozdíly stejným způsobem jako na obrázku (Obr. 34).



Obr. 38. TECTITE Express 4.1 – výsledný graf druhé série měření [Zdroj: [20] ]

Soubor s příponou .bld se opět nahrál do programu FireProtection v záložce Field Calibration Check, kde se nastavilo pořadí měření přetlak/podtlak. Po nahrání souboru se zobrazily další čtyři naměřené údaje.

- nově vypočtená hodnota ELA = 1327,06 cm<sup>2</sup>,
- očekávaná hodnota ELA = 1258,69 cm<sup>2</sup>,
- rozdíl v procentech mezi vypočtenou a očekávanou hodnotou ELA = 5,43 %,
- ověření kalibrace, které vyšlo (rozdíl v procentech musí být méně než 15 %).

Po ukončení měření se změnil tlakový rozdíl při podmínkách doby udržování koncentrace, který se zadal do záložky Bias pressure (tlakový rozdíl). Pomocí manometru se změnil tlakový rozdíl na dolních netěsnostech  $P_{bh}^8$  (lower) = -0,35 Pa a tlakový rozdíl na horních netěsnostech  $P_{bh}$  (upper) = -0,55 Pa. Výsledek tlakového rozdílu na netěsnostech  $P_{bh}$  byl 0,2 Pa, což znamená, že vnitřní tlak je vyšší než vnější tlak.

<sup>8</sup>  $P_{bh}$  – dynamický tlak v průběhu doby udržování koncentrace [3]

V poslední záložce Hold time je zobrazen graf, výsledná doba udržování koncentrace a výsledná chráněná výška (Obr. 39).



Obr. 39. FireProtection – Hold time – výsledný graf [Zdroj: [21] ]

Na obrázku (Obr. 39) je graf s konečnými výsledky Door Fan Testu. Doba udržování koncentrace hasiva byla vypočtena na 8 min 12 s a chráněná výška na 1,7 m. Červená čára je požadovaná chráněná výška. V místě, kde zelená čára zobrazující skutečnou chráněnou výšku protne červenou čáru, je svislá modrá tečkovaná čára určující dobu udržování koncentrace. Svislá černá tečkovaná čára určuje minimální dobu udržování koncentrace.

Doba 8 min 12 s zobrazena vedle grafu není dle normy ČSN EN 15004-1 dostačující pro udržování koncentrace hasiva. Minimální doba udržování koncentrace dle normy je 10 min. Musí se provést opatření pro zlepšení chráněného prostoru a zopakovat Door Fan Test. Po dokončení kontroly těsnosti se vytvořila zpráva z měření.

Po ukončení Door Fan Testu bylo odblokováno hasicí zařízení.

### 5.3 Door Fan Test s pozitivním výsledkem

Postup druhého Door Fan Testu byl proveden stejně, jako postup popsáný v podkapitole Door Fan Test s negativním výsledkem. Tato podkapitola je zaměřena pouze na zjištění netěsnosti, výsledné grafy a hodnoty.

Při vyhledávání netěsností bylo zjištěno, že některé netěsnosti nalezené při prvním měření nebyly opraveny. Konkrétně se jedná o netěsnost č. 2 (Obr. 40), netěsnost č. 4 (Obr. 41) a netěsnost č. 15 (Obr. 42). Dále nebyly opraveny některé prostupy kabelů elektroinstalace (Obr. 43, 44).

Na obrázku (Obr. 40) je zobrazena neopravená požární ucpávka a netěsný průstup kabelů elektroinstalace ze spodní strany kabelů.



Obr. 40. Netěsnost č. 2 – Prostupy kabelů elektroinstalace a netěsná požární ucpávka [Zdroj: vlastní]



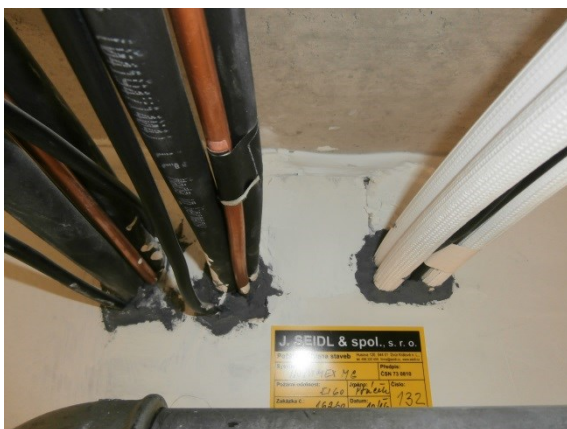
Obr. 41. Netěsnost č. 4 – Prostupy husích krků, kabelů elektroinstalace a kabelové lávky [Zdroj: vlastní]

Na obrázku (Obr. 42) je vidět nezatěsněný průstup do stěny pod elektroinstalační krabicí, který byl nalezen již při prvním měření.



Obr. 42. Netěsnost č. 15 – Pod elektroinstalační krabicí [Zdroj: vlastní]

Obrázek (Obr. 44) je detail obrázku (Obr. 43), kde je zobrazen málo utěsněný vstup ve stěně.



Obr. 43. Netěsné prostupy kabelů elektroinstalace [Zdroj: vlastní]

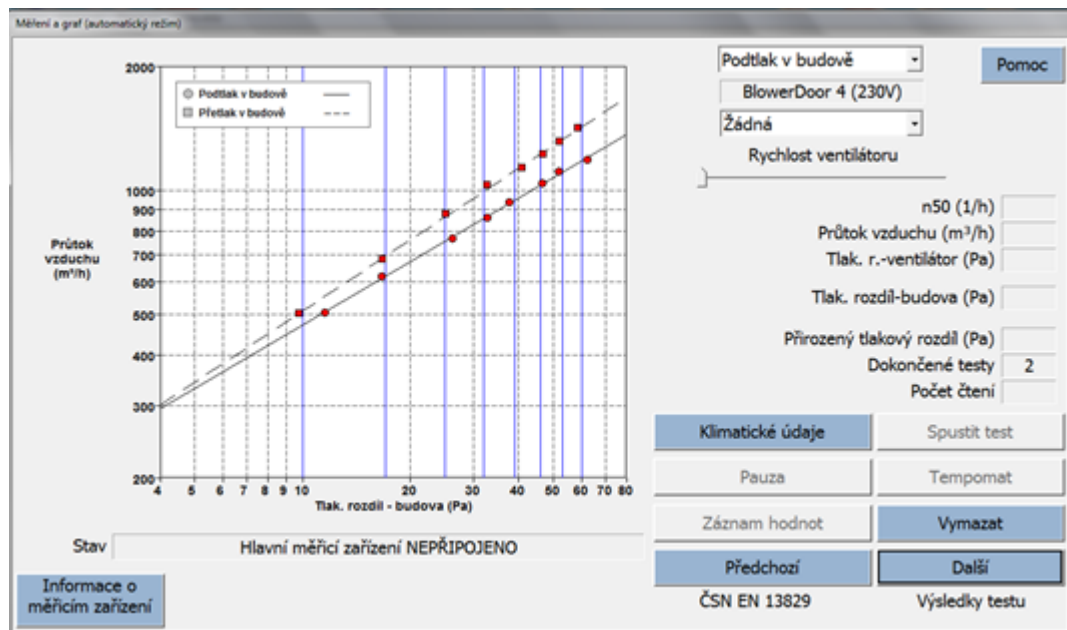


Obr. 44. Málo zatěsněný vstup [Zdroj: vlastní]

Většina netěsností však utěsněna byla, zejména mezera mezi stropem a příčkou, prostupy husích krků, vstup do podlahy a další.

Po vyhledání a zkontrolování netěsností nalezených při prvním Door Fan Testu se vyplnily informace v programu FireProtection. Vyplněné informace byly stejné jako při prvním Door Fan Testu s negativním výsledkem, pouze se změnou dolního podílu netěsností F z 30 % na 50 %.

Po vyplnění informací v programu FireProtection se vyplnily informace v programu TECTITE Express 4.1. Opět se použil objem chráněného prostoru  $164 \text{ m}^3$ , podlahová plocha  $41,57 \text{ m}^2$  a vyplnila se aktuální změřená vnitřní teplota  $25 \text{ °C}$  a teplota před chráněným prostorem  $15 \text{ °C}$ . Provedla se první série měření. První se změřil výchozí tlakový rozdíl, poté se měřilo při vytvořeném podtlaku/přetlaku a na konec se zkontroloval výchozí tlakový rozdíl. Výsledky byly zaznamenány do grafu (Obr. 45).



Obr. 45. TECTITE Express 4.1 – výsledný graf první série měření [Zdroj: [20] ]

Naměřená data z programu TECTITE Express 4.1 uložená v souboru s příponou .bld byla nahrána do programu FireProtection v záložce Measure. Po nahrání se v této záložce vyplnil referenční tlakový rozdíl pro ekvivalentní plochu netěsností 50 Pa a plocha netěsností (Leakage Opening Area) 70 cm<sup>2</sup>, která je zohledněná při měření. V záložce Data Entry se zobrazil graf s výslednou hodnotou ELA (Obr. 46).

Na obrázku (Obr. 46) je zobrazen graf s výslednými hodnotami včetně naměřené hodnoty ELA 308,34 cm<sup>2</sup>.

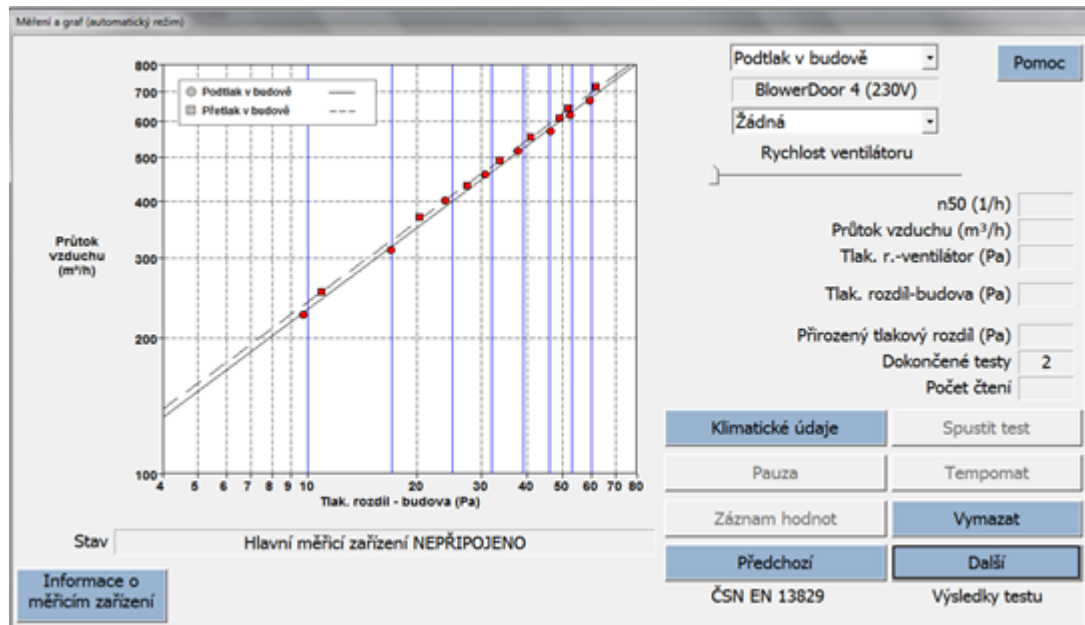


Obr. 46. FireProtection – Graf s výslednými hodnotami [Zdroj: [21] ]

V záložce Field Calibration Check byla zobrazena hodnota 235 cm<sup>2</sup> pro zvýšení naměřené hodnoty ELA před druhou sérií měření.



Provedla se druhá série měření v programu TECTITE Express 4.1. Měření bylo provedeno při vytvořeném přetlaku/podtlaku. Výsledné hodnoty byly zobrazeny opět na grafu (Obr. 47).



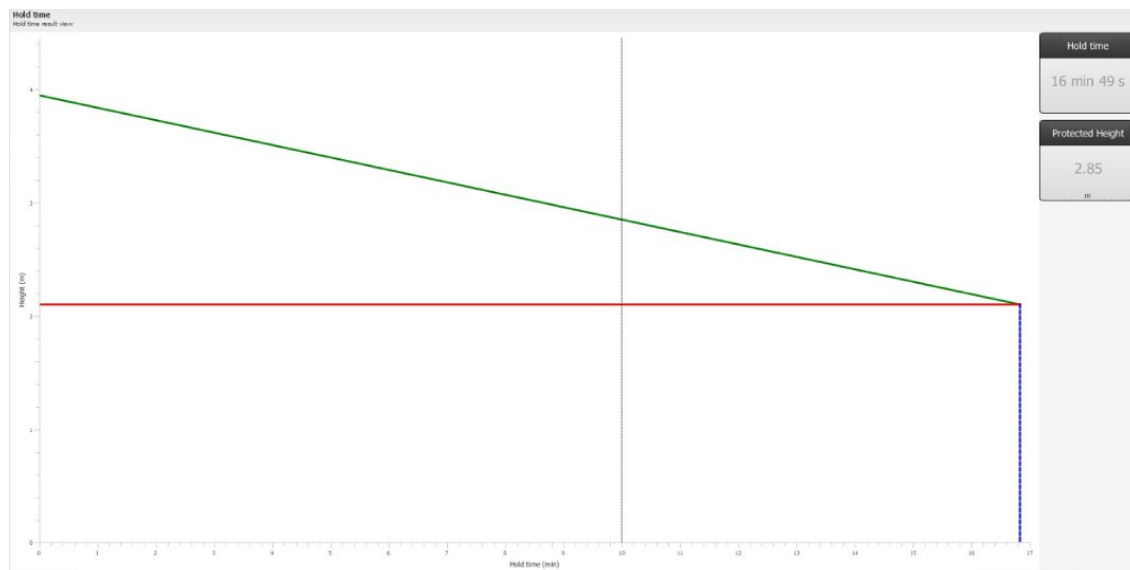
Obr. 47. TECTITE Express 4.1 – výsledný graf druhá série měření [Zdroj: [20] ]

Data byla uložena do souboru s příponou .bld a nahrána do programu FireProtection v záložce Field Calibration Check. V této záložce se zobrazily hodnoty:

- nově vypočtená hodnota ELA = 588,55 cm<sup>2</sup>,
- očekávaná hodnota ELA = 543,34 cm<sup>2</sup>,
- rozdíl v procentech mezi vypočtenou a očekávanou hodnotou ELA = 8,32 %,
- ověření kalibrace, které vyšlo (rozdíl v procentech musí být méně než 15 %).

Jako poslední se změřil tlakový rozdíl při podmínkách doby udržování koncentrace. Tento tlakový rozdíl se zadal do záložky Bias pressure. Tlakový rozdíl na dolních netěsnostech Pbh (lower) byl -0,4 Pa a tlakový rozdíl na horních netěsnostech Pbh (upper) byl 0,1 Pa. Výsledek tlakového rozdílu na netěsnostech Pbh vyšel -0,5 Pa, což znamená, že vnější tlak je vyšší než vnitřní tlak.

Výsledný graf s výslednou dobou udržování koncentrace a chráněnou výškou se zobrazil v záložce Hold time (Obr. 48).



Obr. 48. FireProtection – Hold time – výsledný graf [Zdroj: [21] ]

Výše na obrázku (Obr. 48) jsou zobrazeny konečné výsledky druhého Door Fan Testu. Doba udržování koncentrace byla spočtena na 16 min 49 s a chráněná výška na 2,85 m. Graf zobrazuje údaje jako graf v předchozí kapitole. Červená čára je požadovaná chráněná výška. Zelená čára zobrazuje skutečnou chráněnou výšku. V místě kde se zelená čára spojí s červenou čárou je svíslá modrá tečkovaná čára určující dobu udržování koncentrace. Svislá černá tečkovaná čára zobrazuje minimální dobu udržování koncentrace 10 min.

Doba 16 min 49 s je dle normy ČSN EN 15004-1 dostačující doba udržování koncentrace hasiva. Po dokončení kontroly těsnosti byla vytvořena zpráva z měření, která je součástí příloh této práce (Příloha P I).

#### 5.4 Vyhodnocení obou Door Fan Testů

V chráněném prostoru X byly provedeny dvě kontroly Door Fan Test. První kontrola vyšla negativně, neboli těsnost chráněného prostoru nebyla dostatečná pro udržování koncentrace hasiva po stanovenou dobu minimálně 10 min. Doba udržování koncentrace u první kontroly byla spočtena na 8 min 12 s, což nespĺňuje stanovený limit. Zároveň nebyla dosažena ani požadovaná chráněná výška 2,1 m. Chráněná výška byla vypočítána pouze na 1,7 m. Pro zlepšení doby udržování koncentrace byla v chráněném prostoru navržena opatření, jak zlepšit těsnost prostoru. Jednalo se o zatěsnění prostupů polyuretanovým tmelem (Obr. 49, 50, 51, 52, 53, 54) a opravení požárních ucpávek (Obr. 55). Dvojobrázky obsahují na levé straně obrázků netěsnosti z první kontroly a na pravé straně obrázků opravené netěsnosti z druhé kontroly.

Na obrázku (Obr. 49) je vpravo vidět zatmelená největší netěsnost v tomto chráněném prostoru. Tímto utěsnněním byla výrazně zvýšena doba udržování koncentrace, jelikož tato netěsnost se nacházela po celém obvodu prostoru. Vpravo na obrázku je vidět i nedodělaná požární ucpávka.



Obr. 49. Oprava netěsnosti mezi stropem a příčkou [Zdroj: vlastní]

Na obrázku (Obr. 50) jsou vpravo vidět zatmelené prostupy kabelů elektroinstalace. Vpravo v místě šipky byla nalezena malá netěsnost mezi tmelem a stěnou.



Obr. 50. Oprava prostupů kabelů elektroinstalace [Zdroj: vlastní]

Na obrázku (Obr. 51) je vpravo vidět zatmelený vstup spolu se zatmelením husích krků.



Obr. 51. Oprava prostupu husích krků [Zdroj: vlastní]

Na obrázku (Obr. 52) je vpravo vidět velký zatmelený průstup elektroinstalace se zatmělím mezery u stropu mezi sádkartonovými deskami.



*Obr. 52. Oprava průstupů kabelů elektroinstalace [Zdroj: vlastní]*

Na obrázku (Obr. 53) je vpravo zobrazen zatmelený průstup do podlahy včetně kontroly termickým anemometrem<sup>9</sup>, že netěsnost byla opravena.



*Obr. 53. Oprava průstupu do podlahy [Zdroj: vlastní]*

---

<sup>9</sup> Termický anemometr s teleskopickou sondou měřící teplotu a rychlost proudění vzduchu

Na obrázku (Obr. 54) je vlevo zobrazena netěsnost pod podlahovou lištou z první kontroly. Po utěsnění této netěsnosti stále okolo použitého tmelu proudí vzduch.



*Obr. 54. Oprava prostupu pod podlahovou lištou [Zdroj: vlastní]*

Na obrázku (Obr. 55) vpravo jsou vidět zatmelené husí krky a opravená požární ucpávka.



*Obr. 55. Oprava zatmelením husích krků [Zdroj: vlastní]*

Po opravení netěsností byla provedena druhá kontrola Door Fan Test. Výsledek druhé kontroly doby udržování koncentrace hasiva byl 16 min 49 s, který splňuje stanovenou dobou udržování koncentrace 10 min dle ČSN EN 15004-1. Tato kontrola vyšla pozitivně. Zároveň byla dodržena chráněná výška, která byla spočtena na 2,85 m.

Závěrem druhé kontroly je, že utěsněné netěsnosti po první kontrole Door Fan Testem jsou postačující pro udržování doby koncentrace hasiva v chráněném prostoru v případě požáru.

## 6 VYHODNOCENÍ POUŽITÝCH METOD

Tato kapitola je zpracovaná s použitím dvou metod. První použitou metodou je SWOT analýza, pomocí které byly analyzovány vnitřní a vnější stránky Door Fan Testu. Další použitou metodou je Ishikawův diagram pro zobrazení a analýzu příčin netěsností.

### 6.1 SWOT analýza Door Fan Testu

SWOT analýza je analytická technika, zaměřující se na analýzu vnitřních a vnějších faktorů. Tyto faktory jsou rozděleny do 4 skupin. Vnitřní silné a slabé stránky subjektu a vlastnosti vnějšího prostředí jako vnější příležitosti a hrozby. Zkratka SWOT je složena z počátečních písmen anglických názvů: **S**trengths – silné stránky, **W**eaknesses – slabé stránky, **O**pportunities – příležitosti a **T**hreats – hrozby. [25]

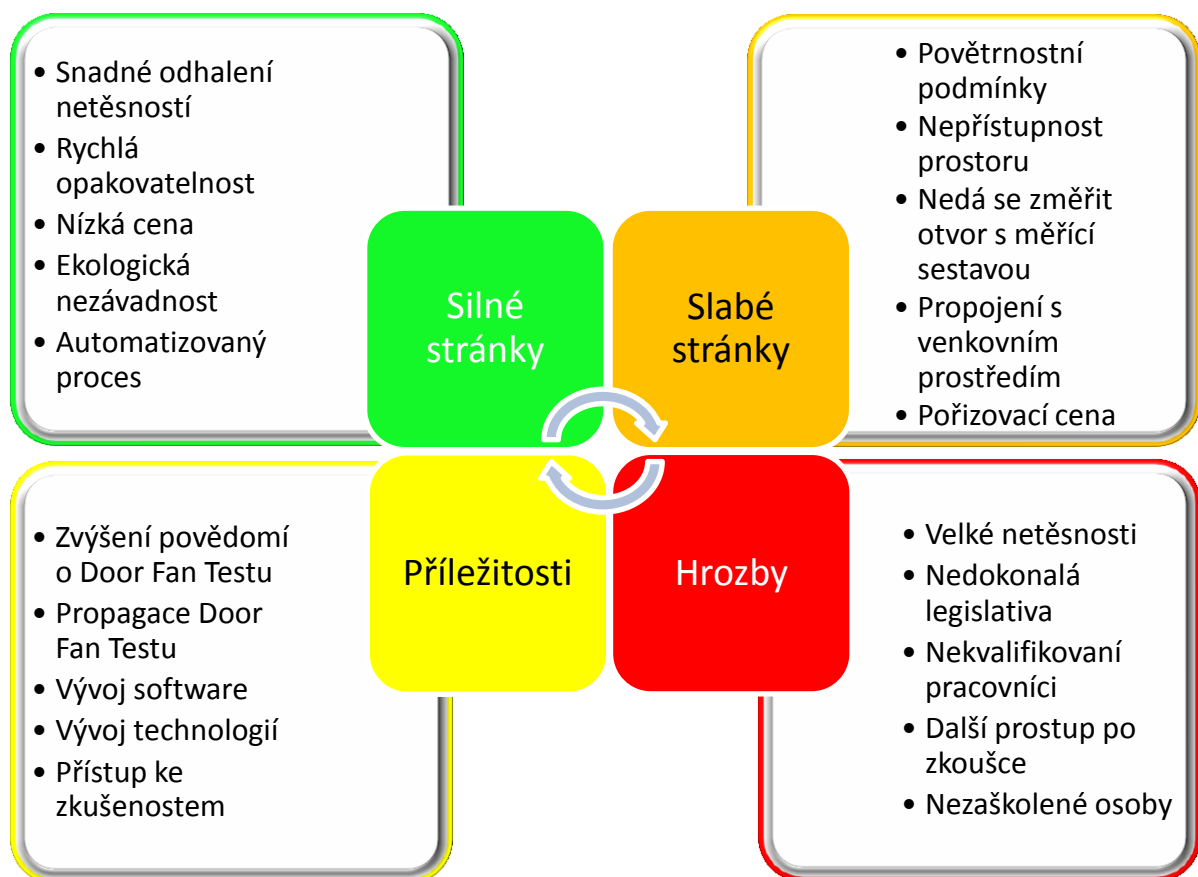


Schéma 3 Analýza faktorů Door Fan Testu [Zdroj: vlastní]

Z analýzy vyplynulo, že mezi **silné stránky** patří:

- snadné odhalení netěsností – oproti zkoušce s vypuštěním hasiva, kdy netěsnosti nejsou odhaleny, pouze se ověří doba udržitelnosti,
- rychlá opakovatelnost – zkouška trvá kratší dobu, průměrně je časově odhadována na tři až čtyři hodiny, a po opravách může být ihned opakována, oproti zkoušce s vypuštěním hasiva, kdy po ukončení zkoušky musí být plyn důkladně vyvětrán a hasivo znovu naplněno,
- nízká cena – s porovnáním se zkouškou, kdy hasivo je vypuštěno a tlaková lahev se musí znovu naplnit,
- ekologická nezávadnost – u zkoušky není potřeba vypouštět hasivo,
- automatizovaný proces – vlastní měření probíhají samostatně pomocí počítačových programů.

Do **slabých stránek** lze řadit:

- povětrnostní podmínky – pokud jsou venku nepříznivé podmínky, např. vítr, nedá se zkouška uskutečnit vůbec anebo s obtížemi, je to z důvodu, že prostor je propojen s venkovním prostředím pro měření tlakových rozdílů,
- nepřístupnost prostoru – během zkoušky se do chráněného prostoru nedá vejít ani odejít, z důvodu uzavření prostoru,
- nedá se změřit stavební otvor s měřicí sestavou – pokud se jedná např. o dveře, nedá se zjistit jejich těsnost, když je v nich umístěna měřicí sestava, u těchto dveří by se dala změřit těsnost v případě, pokud by měl prostor další dveře, do kterých by byla umístěna měřicí sestava, a byly by provedeny dvě zkoušky,
- propojení s venkovním prostředím – např. v zimě, kdy kvůli zkoušce musí být otevřen přístup ven (dveře, okno), dochází ke snižování teploty uvnitř objektu,
- vyšší pořizovací cena – jedná se o počítačové programy a měřicí sestavu.

Mezi **příležitosti** patří:

- zvýšení povědomí o Door Fan Testu – mnoho potenciálních zákazníků neví, o co se jedná,
- propagace Door Fan Testu - zvýšit propagaci na odborných veletrzích,
- vývoj software – další zlepšování počítačových programů,

- vývoj technologií – zpřesňování měřících technologií např. digitalizací, zmenšování velikosti měřidel,
- přístup ke zkušenostem – získat možnost pracovat se zkušenostmi v oblasti vzduchotěsnosti v zemích s fungující legislativou a mnoholetou praxí v oboru.

Jako **hrozby** lze uvést:

- velké netěsnosti – pokud je prostor příliš netěsný, nastane situace, kdy se musí přidat další ventilátor,
- nedokonalá legislativa – zkouška upravena pouze technickou normou,
- nekvalifikovaní pracovníci – nízká odborná způsobilost osob provádějících zkoušku může vést např. ke špatnému výsledku zkoušky,
- další prostup po zkoušce – pokud je v chráněném prostoru přidán jakýkoli nový prostup, může to ohrozit dosavadní těsnost prostoru,
- nezaškolené osoby – zejména ty, kteří se podílejí na výstavbě chráněného prostoru, obvykle nejsou informovány o podrobnostech těsnosti prostoru.

Cílem SWOT analýzy je zhodnotit Door Fan Test, jeho silné stránky např. oproti kontrole těsnosti vypuštěním hasiva do chráněného prostoru, a jeho slabé stránky. Dále se analyzují příležitosti pro zlepšení Door Fan Testu a možné hrozby pro Door Fan Test, případně pro vyhodnocení testu [Tab. 2]



Tab. 2. Zhodnocení SWOT analýzy

VNITŘNÍ / INTERNÍ	Silné stránky	V	H	VH
	Snadné odhalení netěsností	0,40	5	2
	Rychlá opakovatelnost	0,20	4	0,80
	Nízká cena	0,10	4	0,40
	Ekologická nezávadnost	0,25	5	1,25
	Automatizovaný proces	0,05	4	0,20
	SUMA	1		4,65
	Slabé stránky			
	Povětrnostní podmínky	0,40	-5	-2
	Nepřístupnost prostoru	0,05	-1	-0,05
	Nedá se změřit otvor s měřicí sestavou	0,30	-4	-1,20
	Propojení s venkovním prostředím	0,10	-2	-0,20
Požizovací cena	0,15	-3	-0,45	
SUMA	1		-3,8	
VNĚJŠÍ / EXTERNÍ	Příležitosti			
	Zvýšení povědomí o Door Fan Testu	0,25	1	0,25
	Propagace Door Fan Testu	0,25	2	0,50
	Vývoj software	0,15	4	0,60
	Vývoj technologií	0,15	4	0,60
	Přístup ke zkušenostem	0,20	2	0,40
	SUMA	1		2,35
	Hrozby			
	Velké netěsnosti	0,40	-4	-1,60
	Nedokonalá legislativa	0,10	-2	-0,20
	Nekvalifikovaní pracovníci	0,15	-3	-0,45
	Další prostup po zkoušce	0,20	-4	-0,80
Nezaškolené osoby	0,15	-3	-0,45	
SUMA	1		-3,5	

Legenda: V – Váha, H – Hodnocení, VH – Výsledné hodnocení (V\*H)

[Zdroj: vlastní]

Tab. 3. Vyhodnocení SWOT analýzy

Interní	0,85
Externí	-1,15

[Zdroj: vlastní]

Tab. 4. Strategie SWOT analýzy

	S – Silné stránky	W – Slabé stránky
O – Příležitosti	Strategie SO	Strategie WO
T - Hrozby	Strategie ST	Strategie WT

[Zdroj: upraveno dle [27] ]

Rozdělení strategií SWOT analýzy:

Strategie S – O – využívat silných stránek a příležitostí plynoucích z okolního prostředí,

Strategie W – O – eliminovat slabé stránky za pomoci příležitostí z okolí,

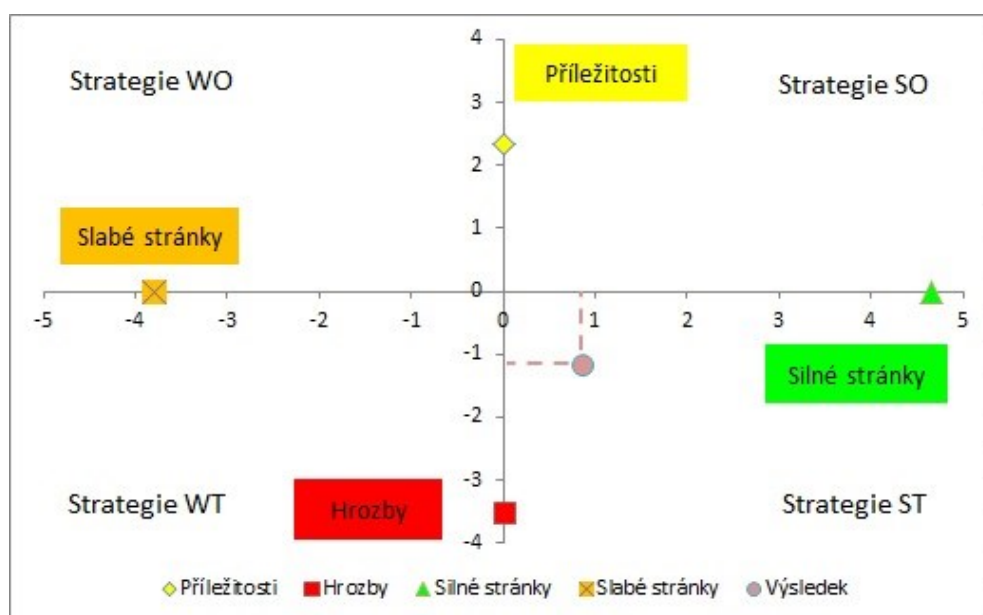
Strategie S – T – využívat svých silných stránek k eliminaci hrozeb,

Strategie W – T – vyřešit znepokojivý stav i za cenu likvidace části např. organizace. [27]

Tab. 5. Shrnutí výsledků SWOT analýzy

	X	Y
Příležitosti	0	2,35
Hrozby	0	-3,5
Silné stránky	4,65	0
Slabé stránky	-3,8	0
	0,85	-1,15

[Zdroj: vlastní]



Graf 1 Vyhodnocení strategie SWOT analýzy [Zdroj: vlastní]

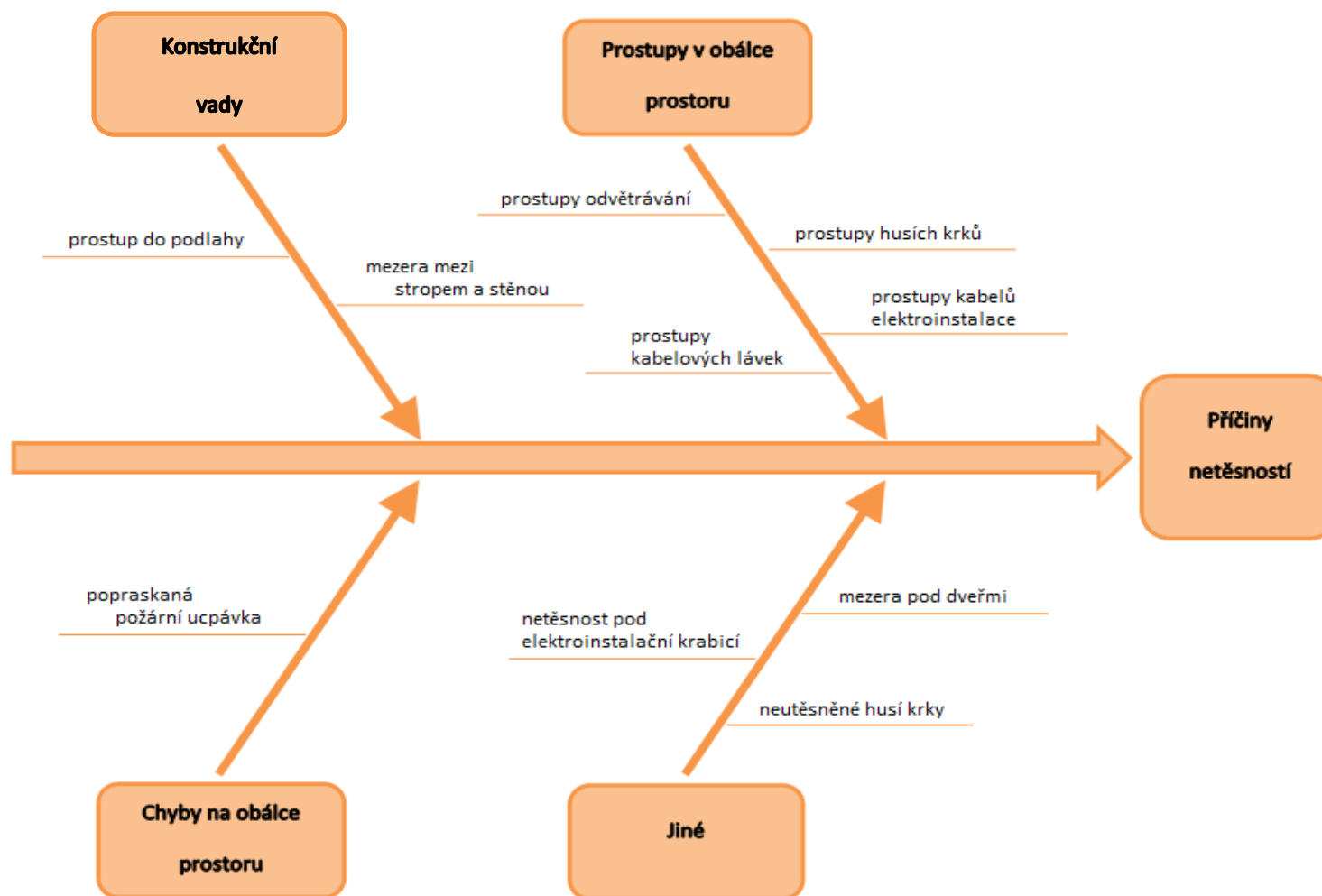
**Výsledná strategie:**

Výsledná strategie provedené SWOT analýzy je strategie ST, neboli využití silných stránek k eliminaci hrozeb. Např. pokud v chráněném prostoru je přidán nový prostup dá se zjistit zopakováním kontroly, zda se novým prostupem zhoršila těsnost prostoru či nikoli a tím předejít možné hrozbě úniku hasiva při požáru.

**6.2 Aplikace Ishikawa diagramu při řešení netěsnosti chráněného prostoru**

Ishikawův diagram (Ishikawa diagram) neboli též nazývaný diagram příčin a následků či diagram rybí kosti. Ishikawův diagram je jednoduchou analytickou metodou pro zobrazení a analýzu příčin a následků. Používá se jak pro hledání příčin problému, tak i při návrhu výrobku pro preventivní určení a eliminaci příčin produktů. Cílem Ishikawova diagramu je analýza a určení příčiny řešeného problému. [26]

Na obrázku (Obr. 56) je uveden Ishikawův diagram pro zobrazení a analýzu příčin netěsností chráněného prostoru. Pomocí tohoto diagramu lze navrhnout účinná opatření jak předejít netěsnostem.



Obr. 56. Ishikawův diagram [Zdroj: vlastní]

## 7 NÁVRHY A OPATŘENÍ

Door Fan Test je důležitá zkouška v požární ochraně tam, kde jsou instalována plynová SHZ. Pokud se neprovede v chráněném prostoru zkouška těsnosti, je pravděpodobné, že plynová SHZ nebudou dostatečně účinná při hašení požáru. Door Fan Test je v českých právních předpisech upraven v ČSN EN 15004-1. Uživatelé plynových SHZ ve většině případů si nenechají provést zkoušku těsnosti chráněného prostoru. Vzhledem ke skutečnosti, že po první provedené zkoušce Door Fan Testu je ve většině případů nalezeno mnoho netěsností, si myslím, že zkouška by měla být provedena vždy. Dle mého názoru tato zkouška by neměla být pouze v ČSN, ale měla by být i uzákoněna.

Netěsnostem se dá předejít již při výstavbě. Z tohoto pohledu by mělo být důležité propojit projektanta, stavebníky a osoby montující požární a jiná zařízení, aby se předešlo netěsnostem. Jednalo by se např. o netěsnost pod dveřmi, jak bylo uvedeno v kapitole 5.2. První možnost je, že v tomto místě byl projekt špatně navržen. Druhá možnost je, že projekt nebyl dodržen a byly osazeny menší dveře. Třetí možnost je, že nebyl dodělán práh pod dveřmi.

V opačném případě, kdy se netěsnostem nepředejde při výstavbě, je nutná oprava. V chráněném prostoru popisovaném v této práci bylo navrženo utěsnění netěsností polyuretánovým tmelem a opravení požárních ucpávek (kapitola 5.4). Po opravení netěsností se musí Door Fan Test zopakovat.

Po provedené zkoušce těsnosti, kdy dojde k přidání dalších prostupů např. ve formě doděláním průzorů ve stěnách, namontování dalšího zařízení, přidání prostupu pro elektroinstalaci či jiného prostupu, je nutné zkoušku Door Fan Test zopakovat.

## ZÁVĚR

Cíl bakalářské práce zaměřené na kontrolu těsnosti prostoru pro plynová stabilní hasicí zařízení byl splněn. Cílem práce bylo provést kontrolu těsnosti vybraného prostoru pro plynová stabilní hasicí zařízení, zhodnotit výsledky a navrhnout opatření pro dosažení vyhovujícího stavu.

V teoretické části jsem uvedla základní pojmy dané problematiky, dále jsem uvedla základní právní předpisy z oblasti kontroly těsnosti prostorů a požární ochrany. Další kapitulu jsem zaměřila na obecný popis kontroly těsnosti prostoru pro plynová stabilní hasicí zařízení pomocí metody Door Fan Test včetně vyhodnocení.

Praktická část obsahuje provedení dvou kontrol těsnosti vybraného prostoru pro plynová stabilní hasicí zařízení s pomocí metody Door Fan Test. První provedená kontrola byla vyhodnocena s negativním výsledkem z důvodu velkých netěsností. Po zjištění tohoto výsledku byla navržena opatření pro zlepšení stavu těsnosti prostoru. Po utěsnění netěsností byla provedena druhá kontrola, která byla vyhodnocena pozitivně.

V bakalářské práci jsem použila metody pozorování, SWOT analýzu a Ishikawův diagram. Pomocí metody pozorování a následného vyhledávání byly při kontrolách nalezeny netěsnosti uvedené v této práci. Příčiny těchto netěsností byly zobrazeny a analyzovány pomocí Ishikawova diagramu.

Prostřednictvím SWOT analýzy jsem určila vnitřní silné a slabé stránky a vnější příležitosti a hrozby Door Fan Testu. K těmto vnitřním a vnějším stránkám jsem přiřadila váhu a hodnocení, z kterého jsem určila výslednou strategii SWOT analýzy. Výsledná strategie je strategie využití silných stránek k eliminaci hrozeb. Jednalo by se např. o hrozbu přidání nového prostupu po kontrole těsnosti, kdy by nebylo jisté, zda je prostor nadále těsný. Tato hrozba by se dala eliminovat zopakováním zkoušky těsnosti prostoru. Opět zjišťovalo, zda prostor je těsný nebo není těsný a při požáru by hasivo unikalo z chráněného prostoru.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ŠENOVSKÝ, Michail. *Základy požárního inženýrství*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2004. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-86634-50-7.
- [2] KVARČÁK, Miloš. *Základy požární ochrany*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-86634-76-0.
- [3] ČSN EN 15004-1. *Stabilní hasicí zařízení - Plynová hasicí zařízení - Část 1: Návrh, instalace a údržba*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, © 2009. 92 s. Třídící znak 389250.
- [4] ČESKO. Zákon č. 133 ze dne 17. listopadu 1985 o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů. [online] In: *Portál veřejné správy*. Praha, © 1985. Dostupný z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=36808&nr=133~2F1985&rpp=15#local-content>
- [5] ČESKO. Vyhláška č. 246 ze dne 29. června 2001 o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci). [online] In: *Portál veřejné správy*. Praha, © 2001. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=51500&fulltext=246~2F2001&rpp=15#local-content>
- [6] ČESKO. Vyhláška č. 23 ze dne 29. ledna 2008 o technických podmínkách požární ochrany staveb. [online] In: *Portál veřejné správy*. Praha, © 2008. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=66453&nr=23~2F2008&rpp=15#local-content>
- [7] ČSN EN 15004-2 – ČSN EN 15004-10. *Stabilní hasicí zařízení – Plynová hasicí zařízení – Část 2 – Část 10: Fyzikální vlastnosti a návrh plynových hasicích zařízení s určitým druhem hasiva*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, © 2009. Třídící znak: 389250.
- [8] ČSN EN 12094-1 – ČSN EN 12094-13, ČSN EN 12094-16, ČSN EN 12094-17, ČSN EN 12094-20. *Stabilní hasicí zařízení – Komponenty plynových hasicích zařízení – Část 1 – Část 13, Část 16, Část 17, Část 20: Požadavky a zkušební metody pro určité komponenty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, © 2002 - 2006. Třídící znak: 389231.

- [9] KRATOCHVÍL, Václav, Šárka NAVAROVÁ a Michal KRATOCHVÍL. *Stavby a požárně bezpečnostní zařízení: malá encyklopedie požární bezpečnosti objektů a technologií*. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010. ISBN 978-80-86640-53-2.
- [10] KRATOCHVÍL, Václav, Šárka NAVAROVÁ a Michal KRATOCHVÍL. *Požárně bezpečnostní zařízení ve stavbách: stručná encyklopedie pro jednotky PO, požární prevenci a odbornou veřejnost*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2011. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-103-3.
- [11] BEBČÁK, Petr. *Požárně bezpečnostní zařízení*. 2. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2004. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 80-86634-34-5.
- [12] RYBÁŘ, Pavel. *Stabilní hasicí zařízení plynová, prášková, aerosolová a inertizační, provozuschopnost a účinnost SHZ*. Praha: Profesní komora požární ochrany, 2016. Edice Profesní komory požární ochrany. ISBN 978-80-260-9155-4.
- [13] PEKA Automatické hasicí systémy. *Prvky hasicích systémů: Hasiva* [online]. 2004 [cit. 2017-01-31]. Dostupné z: <http://www.peka.cz/prvky.php>
- [14] conVERTER. *Tabulky: Vzduch - Hustota vzduchu* [online]. 2002 [cit. 2017-01-31]. Dostupné z: <https://www.converter.cz/tabulky/vzduch.htm>
- [15] TRASER FIRE PROTECTION – Protipožární sprinklerové systémy. *Plynové stabilní hasicí zařízení* [online]. © 1991-2011 [cit. 2017-01-31]. Dostupné z: <http://www.traser.eu/plynove-shz-co2-fm200-novec1230-inergen-dusik-cz/>
- [16] BEBČÁK, Petr a Jan ČAPEK. *Kabelové rozvody v požární bezpečnosti staveb*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-137-8.
- [17] NOVÁK, Jiří. *Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov*. Praha: Grada, © 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-1953-5.
- [18] BLOWERDOOR GmbH. *BlowerDoor STANDARD: Návod k obsluze – český překlad*. BlowerDoor GmbH, © 2014.
- [19] BLOWERDOOR GmbH. *Minneapolis BlowerDoor FireProtection: BlowerDoor Reference Guide*. BlowerDoor GmbH, © 2015.



- [20] BLOWERDOOR GmbH. *TECTITE Express Česká 4.1* [software]. [přístup 10. 1. 2017 a 27. 1. 2017]. [Požadavky na systém: operační systém Microsoft Windows 2000, XP, Vista, Windows 7, Windows 8, operační paměť 512 MB]
- [21] BLOWERDOOR GmbH. *FireProtection* [software]. [přístup 10. 1. 2017 a 27. 1. 2017]. [Požadavky na systém: operační systém Microsoft Windows 7, Windows 8, Vista, XP, volné místo na disku minimálně 500 MB, operační paměť minimálně 1 GB, doporučeno 2 GB]
- [22] RYBÁŘ, Pavel. *Plynová hasicí zařízení* [článek]. Česká asociace pojišťoven.
- [23] ISO 14520-1:2006. *Gaseous fire-extinguishing systems – Physical properties and system design - Part 1: General requirements*. Geneva, © ISO 2006. 85s.
- [24] Výřez plánu 2004 X-floorplans YC, půdorys 1.NP [poskytnuto zadavatelem]
- [25] Management Mania. *SWOT analýza* [online]. © 2017 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/swot-analyza>
- [26] Management Mania. *Ishikawův diagram* [online]. © 2015 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/ishikawuv-diagram>
- [27] VEBER, Jaromír a kol.. *Management: základy, moderní manažerské přístupy, výkonnost a prosperita. 2.*, aktualiz. vyd. Praha: Management Press, © 2009. ISBN 978-80-7261-200-0.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ČSN	Česká technická norma
ELA	Effective Leakage Area
EPS	Elektrická požární signalizace
PBZ	Požárně bezpečnostní zařízení
SHZ	Stabilní hasicí zařízení
SWOT	Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Součinnost aktivních a pasivních PBZ</i> .....	14
<i>Obr. 2. Tlačítko START</i> .....	18
<i>Obr. 3. Tlačítko STOP</i> .....	18
<i>Obr. 4. Zábleskový maják</i> .....	19
<i>Obr. 5. Měřidlo DG-700</i> .....	24
<i>Obr. 6. Měřicí sestava s jednotlivými komponenty</i> .....	25
<i>Obr. 7. Průhledná hadička zapojená v průchodce plachty</i> .....	25
<i>Obr. 8. Štítek</i> .....	26
<i>Obr. 9. Graf výsledných hodnot při měření podtlakem a přetlakem</i> .....	28
<i>Obr. 10. Odebrání clon před druhou sérií měření</i> .....	29
<i>Obr. 11. Chráněný prostor – serverovna</i> .....	33
<i>Obr. 12. Bezpečnostní tabulky na vstupních dveřích chráněného prostoru</i> .....	34
<i>Obr. 13. Ústředna plynového SHZ</i> .....	34
<i>Obr. 14. Potrubí pro odvětrávání s požární klapkou a vývodem u stropu</i> .....	34
<i>Obr. 15. Tlaková láhev s hasivem</i> .....	35
<i>Obr. 16. Potrubní rozvod s výstřikovou koncovkou</i> .....	35
<i>Obr. 17. Výřez výkresu s vyznačením chráněného prostoru a vyznačením otevřených dveří přilehlých prostorů a venkovního prostředí</i> .....	36
<i>Obr. 18. Měřicí sestava</i> .....	36
<i>Obr. 19. Netěsnost č. 1 - Prostupy kabelů elektroinstalace</i> .....	37
<i>Obr. 20. Netěsnost č. 2 - Prostupy kabelů elektroinstalace</i> .....	37
<i>Obr. 21. Netěsnost č. 3 – Prostupy husích krků, kabelů elektroinstalace, kabelové lávky; požární ucpávka</i> .....	37
<i>Obr. 22. Netěsnost č. 4 – Prostupy husích krků, kabelů elektroinstalace a kabelové lávky</i> .....	37
<i>Obr. 23. Netěsnost č. 5 - Prostupy husích krků s požární ucpávkou a štítkem</i> .....	38
<i>Obr. 24. Netěsnost č. 6 – Prostupy husích krků</i> .....	38
<i>Obr. 25. Netěsnost č. 7 – Prostup odvětrávacího potrubí</i> .....	38
<i>Obr. 26. Netěsnost č. 8 – Mezera mezi stropem a příčkou</i> .....	39
<i>Obr. 27. Netěsnost č. 9 – Mezera mezi stropem a příčkou</i> .....	39
<i>Obr. 28. Netěsnost č. 10 - Mezera mezi stropem a příčkou</i> .....	39
<i>Obr. 29. Netěsnost č. 11 - Mezera mezi stropem a příčkou</i> .....	39

<i>Obr. 30. Netěsnost č. 12 – Pod podlahovou lištou .....</i>	39
<i>Obr. 31. Netěsnost č. 13 – Prostup do podlahy .....</i>	39
<i>Obr. 32. Netěsnost č. 14 – Prostup kabelů elektroinstalace .....</i>	40
<i>Obr. 33. Netěsnost č. 15 – Pod elektroinstalační krabicí .....</i>	40
<i>Obr. 34. TECTITE Express 4.1 – výsledný graf první série měření .....</i>	42
<i>Obr. 35. Mezera pod dveřmi .....</i>	43
<i>Obr. 36. Mezera nad dveřmi .....</i>	43
<i>Obr. 37. FireProtection – Graf s výslednými hodnotami .....</i>	43
<i>Obr. 38. TECTITE Express 4.1 – výsledný graf druhé série měření .....</i>	44
<i>Obr. 39. FireProtection – Hold time – výsledný graf .....</i>	45
<i>Obr. 40. Netěsnost č. 2 – Prostupy kabelů elektroinstalace a netěsná požární ucpávka .....</i>	46
<i>Obr. 41. Netěsnost č. 4 – Prostupy husích krků, kabelů elektroinstalace a kabelové lávky .....</i>	46
<i>Obr. 42. Netěsnost č. 15 – Pod elektroinstalační krabicí .....</i>	46
<i>Obr. 43. Netěsné prostupy kabelů elektroinstalace .....</i>	47
<i>Obr. 44. Málo zatěsněný prostup .....</i>	47
<i>Obr. 45. TECTITE Express 4.1 – výsledný graf první série měření .....</i>	48
<i>Obr. 46. FireProtection – Graf s výslednými hodnotami .....</i>	48
<i>Obr. 47. TECTITE Express 4.1 – výsledný graf druhá série měření .....</i>	49
<i>Obr. 48. FireProtection – Hold time – výsledný graf .....</i>	50
<i>Obr. 49. Oprava netěsnosti mezi stropem a příčkou .....</i>	51
<i>Obr. 50. Oprava prostupů kabelů elektroinstalace .....</i>	51
<i>Obr. 51. Oprava prostupu husích krků .....</i>	51
<i>Obr. 52. Oprava prostupů kabelů elektroinstalace .....</i>	52
<i>Obr. 53. Oprava prostupu do podlahy .....</i>	52
<i>Obr. 54. Oprava prostupu pod podlahovou lištou .....</i>	53
<i>Obr. 55. Oprava zatměním husích krků .....</i>	53
<i>Obr. 56. Ishikawův diagram .....</i>	60

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Hasicí plyny .....</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 2. Zhodnocení SWOT analýzy.....</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 3. Vyhodnocení SWOT analýzy.....</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 4. Strategie SWOT analýzy .....</i>	<i>58</i>
<i>Tab. 5. Shrnutí výsledků SWOT analýzy .....</i>	<i>58</i>

## SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 Vyhodnocení strategie SWOT analýzy .....</i>	<i>58</i>
--	-----------

**SEZNAM SCHÉMAT**



<i>Schéma 1 Znáznornění komponentů plynového SHZ s dalšími zařízeními.....</i>	20
<i>Schéma 2 Nutná opatření před testem .....</i>	35
<i>Schéma 3 Analýza faktorů Door Fan Testu .....</i>	54

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA PI: ZPRÁVA Z MĚŘENÍ



## PŘÍLOHA P I: ZPRÁVA Z MĚŘENÍ

ISO 14520	Gaseous fire-extinguishing test report
 <b>Minneapolis BlowerDoor FireProtection</b>	
Reference: 201701-002 Test Date: 01/27/2017	
<b>Hold time: 16 min 49 s</b>	
<b>PROJEKT</b> [REDACTED] [REDACTED] serverovna [REDACTED]	
<b>CONTRACTOR DATA</b>  <b>Ing. Jiří Krejča</b>  Address : Musilova 5600/5 586 01 Jihlava Phone : +420 724041052 E-mail : info@blowertest.cz	
<b>CUSTOMER</b>  Name: [REDACTED] Address: [REDACTED] E-mail: [REDACTED] Phone: [REDACTED]	
The conformity check was done by: Ing. Jiří Krejča	Signature:   Diagnostika Měřeni Papírů a stěn Pro nízkotlaké úsporné objekty www.blowertest.cz e-mail: info@blowertest.cz <b>Ing. Jiří Krejča</b> Musilova 5 586 01 Jihlava IČ: 76539547 Tel : +420 724041052

## GENERAL INFORMATIONS

### ENCLOSURE

Height of the enclosure: 3.95 m  
Required protected height: 2.10 m  
Year of commissioning: 2016  
Net volume of the enclosure: 164.00 m<sup>3</sup>

### EXTINGUISHANT

**Hazard:** Class A (higher)  
**Norm:** ISO 14520 (2006)  
**Required Hold time:** 10 min  
**Hold time interface:** No  
**Leaks repartition:** 50.0 %  
**Extinguishant:** Novec 1230<sup>2</sup> (FK 5-1-12)  
**Quantity provided:** 136.00 kg  
**Initial concentration :** 5.63 %  
**Minimum concentration:** 5.60 %

## BLOWERDOOR TEST ACCORDING TO THE NORM ISO 14520

TEST DONE THE 01/27/2017

### TEMPERATURE AND CLIMATE CONDITIONS

Inside Temperature: 25.00 °C  
Outside Temperature: 15.00 °C  
Pressure: 101325 Pa

### DEVICES

#### DG-700 - 62797

Serial Number: 62797  
Vendor: Minneapolis  
Model: DG-700

#### Model 4 - 230V - 2234

Serial Number: 2234  
Vendor: Minneapolis  
Model: Model 4 - 230V  
Calibration Date: 10/10/2016  
Calibration Temperature Tc: 20.0 °C  
Calibration Pressure Pc: 101325.0 Pa

### MEASURE CONFIGURATION

Low Pressure Target: 10.00 Pa  
High Pressure Target: 60.00 Pa  
Number of Points: 12

### ZERO FLOW PRESSURE

At the beginning: -0.49 Pa  
At the end: -0.81 Pa

Note : This values are average during 30s

**RESULT IN PRESSURE**

N°	$\Delta P$ GOAL (PA)	$\Delta P$ (PA)	Q (M <sup>3</sup> /H)	RANGE
1	60.00	59.16	0.1950	B
2	53.00	49.25	0.1750	B
3	48.00	46.48	0.1669	B
4	41.00	38.27	0.1510	B
5	34.00	31.14	0.1344	B
6	27.00	24.82	0.1180	B
7	20.00	17.73	0.1009	C
8	10.00	8.32	0.0690	C

	Value
n	0.5917
K1	0.0171 m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )
Correlation	0.9997

**RESULT IN DEPRESSURE**

N°	$\Delta P$ GOAL (PA)	$\Delta P$ (PA)	Q (M <sup>3</sup> /H)	RANGE
1	60.00	-61.86	0.1890	B
2	53.00	-54.94	0.1758	B
3	46.00	-48.88	0.1622	B
4	39.00	-40.24	0.1467	B
5	32.00	-33.21	0.1299	B
6	25.00	-26.36	0.1136	B
7	17.00	-19.48	0.0886	C
8	10.00	-12.30	0.0637	C

	Value
n	0.6027
K1	0.0160 m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )
Correlation	0.9991

Result ELA : 308.34 cm<sup>2</sup>

## FIELD CALIBRATION CHECK

Added Leakage Area : 235.00 cm<sup>2</sup>  
Calibration Test Result: Success

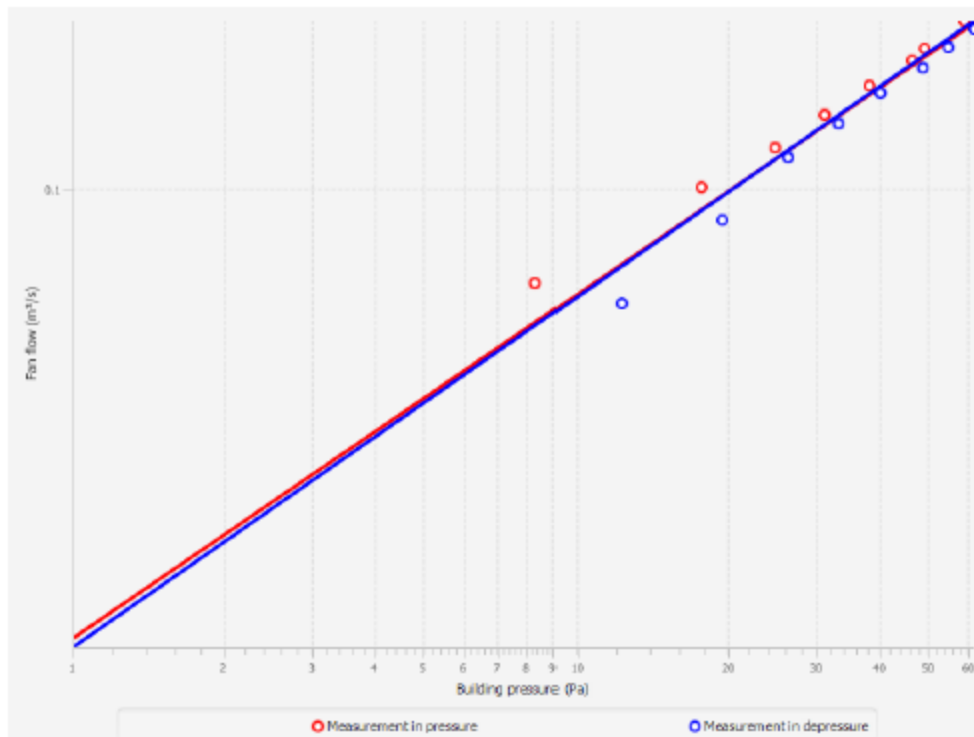
## MEASUREMENT OF BIAS PRESSURE UNDER HOLD TIME CONDITIONS (PBH)

Lower Pbh: -0.40 Pa  
Upper Pbh : 0.10 Pa

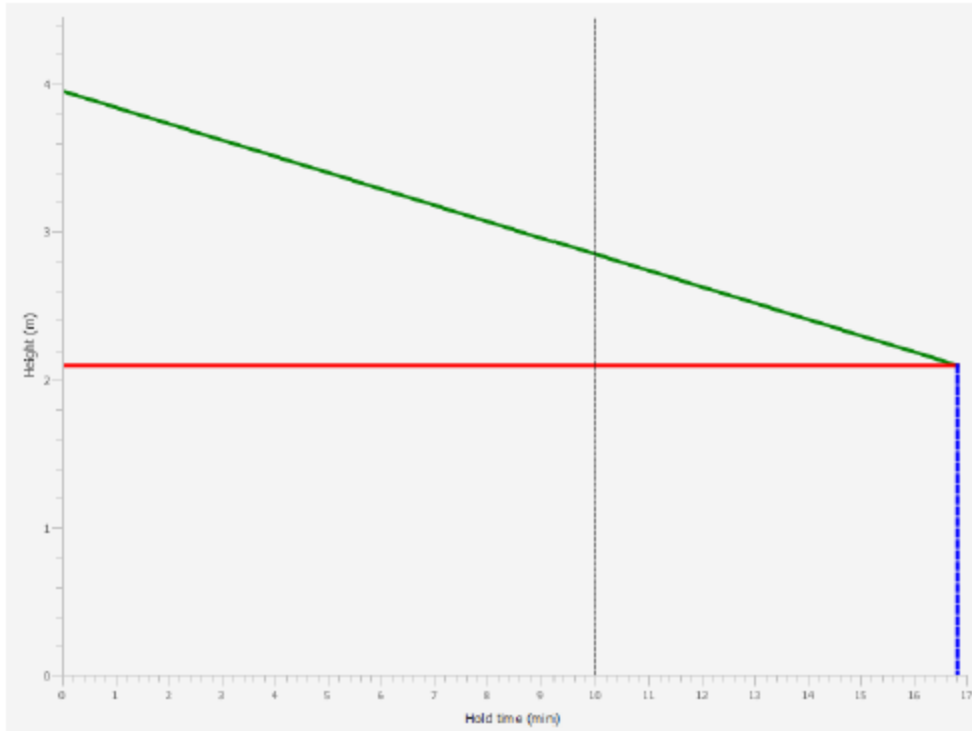
## RESULT ANALYSIS

n: 0.5971  
K1: 0.0203 m<sup>2</sup>/(h·Pa<sup>n</sup>)  
Hasard: Class A (higher)  
Norm: ISO 14520 (2006)  
Minimum hold time: 10.00 min  
Measured hold time: 16 min 49 s  
Protected height: 2.85 m  
Goal reached : Yes  
ELA: 308.34 cm<sup>2</sup>  
Quantity of extinguishant provided: 136.00 kg  
Initial concentration: 5.63 %  
Minimum concentration: 5.60 %  
Required protected height: 2.10 m

CHART



### HOLD TIME CHART



Signature

Ing. Jiří Krejča

 Diagnostika  
Měření  
Páradenství  
Pro rizikové objekty a jejich okolí  
www.blowertest.cz  
e-mail: info@blowertest.cz

**Ing. Jiří Krejča**  
Musilova 5  
586 01 Jihlava  
IČ: 76539547  
Tel : +420 724041052