

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov



Studijní program: Integrovaná bezpečnost staveb

Diplomová práce

**PŘETLAKOVÉ VĚTRÁNÍ CHRÁNĚNÝCH ÚNIKOVÝCH
CEST**

OVERPRESSURE VENTILATION OF PROTECTED ESCAPE ROUTES

Bc. Lukáš Jordán

vedoucí práce: Ing. Pavla Pechová, Ph.D.



2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE


I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Jordán</u>	Jméno: <u>Lukáš</u>	Osobní číslo: <u>475155</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Integrální bezpečnost staveb</u>		
Studijní obor: <u>Integrální bezpečnost staveb</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Přetlakové větrání chráněných únikových cest</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Overpressure Ventilation of Protected Escape Routes</u>	
Pokyny pro vypracování: V teoretické části zpracujte rešerši zabývající se přetlakovým větráním chráněných únikových cest (CHÚC). Zaměřte se na rizika při návrhu přetlakového větrání CHÚC a postupy pro ověřování funkčnosti. Zhodnoťte legislativní požadavky na přetlakové větrání v rámci České republiky a v zahraničí. V praktické části ověřte funkčnost přetlakového větrání v chráněné únikové cestě ve zvolené výškové budově v Praze. Při ověření funkčnosti použijte kouřovou zkoušku. Zhodnoťte funkčnost dané CHÚC, případně proveďte analýzu zjištěných závad a navrhnete jejich úpravy tak, aby byly dodrženy návrhové parametry.	
Seznam doporučené literatury: Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, v platném znění. Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, v platném znění. ČSN 730802 - Požární bezpečnost staveb - nevýrobní objekty, ÚNMZ, 2020. Pokorný, J. a S. Toman. Požární větrání - větrání chráněných únikových a zásahových cest, SPBI, 2021. Kratochvíl, V., Navarová, Š., Kratochvíl, M. Stavby a požární bezpečnostní zařízení, Malá encyklopedie požární bezpečnosti objektů a technologií, MV, GR HZS ČR, 2010.	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Pavla Pechová, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>29.9.2022</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>9.1.2023</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
<u>29.9.2022</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Lukáš Jordán

Název diplomové práce: Přetlakové větrání chráněných únikových cest

Základní část: Technická zařízení budov podíl: 100 %

Formulace úkolů: V rešerši porovnejte požadavky na přetlakové větrání chráněných únikových cest (CHÚC) v České republice a USA. Ve zvoleném objektu ověřte funkčnosti přetlakového větrání chráněné únikové cesty. Pro ověření použijte kouřovou zkoušku s vyvíječem kouře umístěným jak v chráněné únikové cestě, tak před dveřmi do CHÚC. Zhodnoťte přetlakové větrání dané CHÚC, proveďte analýzu zjištěných závad a navrhnete jejich úpravy.

Podpis vedoucího DP: 

Datum: 21.11.2022

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: _____

Datum: _____

3. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: _____

Datum: _____

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: _____

Datum: _____

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

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

V Praze dne 9. ledna 2023

.....

Bc. Lukáš Jordán

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí mé diplomové práce Ing. Pavle Pechové, Ph.D., za její rady, připomínky a vstřícnost při konzultacích. Především pak za zajištění kalibrovaných měřicích zařízení pro praktickou část diplomové práce ve spolupráci se Státním zdravotním ústavem.

Dále bych rád poděkoval Ing. Stanislavu Tomanovi za poskytnutí cenných odborných rad před vypracováním diplomové práce, Ing. Tomáši Tetíkovi z firmy Testo, s.r.o. za poskytnutí dalších kalibrovaných měřicích zařízení a por. Ing. Michalu Kratochvílovi z HZS Praha za odborný dozor a umožnění provedení praktické části diplomové práce ve vybraném objektu.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a nejbližším přátelům, kteří mi byli podporou po celou dobu mého studia.

Obsah

Zadání diplomové práce	I
Specifikace zadání	II
Čestné prohlášení	III
Poděkování	IV
Obsah	V
Abstrakt	VIII
Abstract	IX
Seznam použitých symbolů a zkratk	X
1 Úvod	1
1.1 Motivace.....	1
1.2 Cíle.....	1
1.3 Struktura.....	1
2 Požární problematika	3
3 Únikové cesty	5
3.1 Členění únikových cest.....	5
3.2 Nechráněné únikové cesty.....	5
3.3 Částečně chráněné únikové cesty.....	5
3.4 Chráněné únikové cesty.....	5
3.5 Dělení chráněných únikových cest.....	6
3.5.1 Chráněná úniková cesta typu A.....	6
3.5.2 Chráněná úniková cesta typu B.....	6
3.5.3 Chráněná úniková cesta typu C.....	7
3.6 Vybavení únikových cest.....	7
3.6.1 Dveře na únikových cestách.....	7
3.6.2 Osvětlení a nouzové únikové osvětlení.....	7
3.6.3 Označení únikových cest.....	8
3.6.4 Zvuková zařízení.....	8
4 Požární větrání	9
4.1 Přirozené větrání.....	10
4.2 Nucené větrání.....	10
4.3 Kombinované větrání.....	11
4.4 Přetlakové větrání.....	11
5 Přetlakové větrání CHÚC v ČR	12
5.1 Legislativní požadavky pro návrh přetlakové větrání CHÚC.....	12
5.1.1 Návrhové výpočty.....	14
5.1.2 Požadavky na návrhový výpočet dle ČSN EN 12101-6.....	14
5.1.3 Řešení nemožnosti dosažení návrhového rozdílu tlaků dle ČSN EN 12101-6.....	16

6	Rizika při návrhu přetlakového větrání CHÚC	17
7	Přetlakové větrání v zahraničí	18
7.1	Americké předpisy.....	18
7.1.1	Typy systémů dle způsobu udržování přetlaku ve schodišťovém prostoru.....	20
7.2	Australské a novozélandské předpisy	23
7.2.1	Obecné požadavky na VZT systémy používané pro regulaci kouře	23
7.2.2	Zónové přetlakové systémy.....	24
7.2.3	Systémy ochrany požárně izolovaných východů.....	26
7.3	Porovnání zahraničních požadavků pro návrh přetlakového větrání s požadavky ČR. 29	
7.3.1	Porovnání požadavků pro návrh přetlakového větrání mezi USA a ČR.....	29
7.3.2	Porovnání požadavků pro návrh přetlakového větrání mezi Austrálií a ČR	30
8	Ověřování funkčnosti přetlakového větrání CHÚC	32
8.1	Zkušební postupy a měření fyzikálních veličin.....	32
8.1.1	Měření rychlosti proudění vzduchu a stanovení objemového průtoku vzduchu ...	34
8.1.2	Měření rozdílu tlaků	36
8.1.3	Měření síly potřebné pro otevření dveří.....	39
8.2	Koordinace požárně bezpečnostních zařízení	39
8.3	Doklad o kontrole provozuschopnosti požárního odvětrání	39
9	Netoxická kouřová zkouška	40
9.1	Parametry kouře a využitelnost kouřových generátorů.....	40
9.2	Zkušební postupy a vyhodnocení zkoušky	41
10	Praktické ověření funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC	43
10.1	Výběr přetlakově větrané CHÚC.....	43
10.2	Projektová dokumentace	44
10.3	První ověření funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC.....	45
10.3.1	Příprava před zahájením měření	46
10.3.2	Ověření návrhových hodnot stanovených v projektové dokumentaci.....	47
10.3.3	Porovnání s aktuálně platnými normativními požadavky	50
10.3.4	Analýza výsledků prvního ověření funkčnosti přetlakového větrání	53
10.4	Druhé ověření funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC	54
10.4.1	Příprava před zahájením měření	55
10.4.2	Ověření návrhových hodnot stanovených v projektové dokumentaci.....	56
10.4.3	Kontrolní měření návrhových parametrů	67
10.4.4	Analýza výsledků druhého ověření funkčnosti přetlakového větrání.....	70
11	Provedení netoxické kouřové zkoušky ve vybrané CHÚC	72
11.1	První provedení netoxické kouřové zkoušky	72
11.2	Druhé provedení netoxické kouřové zkoušky.....	74
11.3	Sledování teploty netoxického kouře.....	78
12	Analýza zjištěných závad a návrh nápravných opatření.....	81

12.1	Vzduchotechnický systém.....	81
12.2	Samočinně otevíratelný světlík	81
12.3	Dveřní sestavy	81
12.4	Okenní křídla.....	84
13	Závěr	85
	Příloha A – Kalibrační listy měřicích zařízení.....	88
	Příloha B – Dotazník	103
	Příloha C – Vyhodnocení dotazníku	105
	Příloha D – Naměřené hodnoty rozdílu tlaků.....	110
	Příloha E – Výpočet objemového průtoku přívodního vzduchu	112
	Seznam obrázků	133
	Seznam tabulek	137
	Literatura.....	138

Abstrakt

Předmětem této diplomové práce je ověření funkčnosti přetlakového větrání v chráněné únikové cestě a provedení netoxické kouřové zkoušky ve vybrané výškové budově v Praze. První polovina této práce je věnována základním informacím a legislativním požadavkům ohledně únikových cest, požárního větrání, ověřování funkčnosti požárního větrání a netoxických kouřových zkoušek. Druhá polovina práce se zabývá fyzickým ověřením funkčnosti přetlakového větrání chráněné únikové cesty pomocí měření fyzikálních veličin a provedením doplňkové kouřové zkoušky prostřednictvím kouřového generátoru produkující netoxický kouř. Výsledky zkoušek mají hodnotit funkčnost požárního větrání a ověřit možnost bezpečné evakuace osob po této chráněné únikové cestě.

Klíčová slova

požární bezpečnost staveb; požární větrání; chráněná úniková cesta; funkční zkouška; kouřový generátor; netoxický kouř; přetlakové větrání; schodiště; pohyb plynů; tlakové systémy

Abstract

The subject of this diploma thesis is the verification of the functionality of overpressure ventilation in a protected escape route and the performance of a non-toxic smoke test in a selected high-rise building in Prague. The first half of this thesis is devoted to basic information and legislative requirements regarding escape routes, fire ventilation, verification of fire ventilation functionality and non-toxic smoke tests. The second half of this thesis deals with the physical verification of the functionality of the overpressure ventilation of the protected escape route using the measurement of physical quantities and the performance of an additional smoke test using a smoke generator producing non-toxic smoke. The test results are intended to evaluate the functionality of fire ventilation and to verify the possibility of safe evacuation of people along this protected escape route.

Keywords

fire safety of buildings; fire ventilation; protected escape route; functional test; smoke generator; non-toxic smoke; overpressure ventilation; staircase; gas movement; pressurization systems

Seznam použitých symbolů a zkratk

Latinské symboly

A	m^2	Plocha
A_k	m^2	Volná výtoková plocha
A_{PV}	m^2	Plocha odvětracích otvorů pro únik vzduchu z přetlakových prostorů
b_v	m	Vnitřní šířka vyústky v jednom poli (šířka uvažovaná bez rámečku vyústky)
F	N	Síla
F_{dc}	N	Síla potřebná pro otevření dveří
h	m	Požární výška
h_v	m	Vnitřní výška vyústky (výška uvažovaná bez rámečku vyústky)
l	m	Délka
n	hod ⁻¹	Intenzita výměny vzduchu
p	Pa	Tlak
p_c	Pa	Celkový tlak
p_d	Pa	Dynamický tlak
p_n	$kg \cdot m^{-2}$	Nahodilé požární zatížení
p_s	Pa	Statický tlak
Q	$m^3 \cdot h^{-1}$	Průtok větracího vzduchu
Q_D	$m^3 \cdot s^{-1}$	Hodnota průtoku vzduchu netěsnostmi kolem dveří
Q_{DC}	$m^3 \cdot s^{-1}$	Celková požadovaná hodnota průtoku přiváděného vzduchu při zavřených dveřích
Q_{DO}	$m^3 \cdot s^{-1}$	Celková požadovaná hodnota průtoku přiváděného vzduchu při všech dveřích otevřených
Q_{LD}	$m^3 \cdot s^{-1}$	Hodnota průtoku vzduchu netěsnostmi dveří výtahových šachet
Q_{other}	$m^3 \cdot s^{-1}$	Hodnota průtoku vzduchu netěsnostmi jiných existujících tras
Q_S	$m^3 \cdot s^{-1}$	Celková požadovaná hodnota průtoku přiváděného vzduchu včetně přičtení 50 % faktoru pro neznámé úniky
Q_{SDO}	$m^3 \cdot s^{-1}$	Celkový průtok přiváděného vzduchu včetně netěsností přívodního potrubí
Q_{Tm}	$m^3 \cdot s^{-1}$	Hodnota průtoku vzduchu netěsnostmi nuceným odsáváním

Q_V	$m^3 \cdot h^{-1}$	Objemový průtok větracího vzduchu
Q_{window}	$m^3 \cdot s^{-1}$	Hodnota průtoku vzduchu netěsnostmi kolem všech oken
t	s	Čas
T	°C	Teplota
v	$m \cdot s^{-1}$	Rychlost proudění
v_s	$m \cdot s^{-1}$	Střední rychlost proudění
v_x	$m \cdot s^{-1}$	Rychlost proudění vzduchu v měřicím bodě

Zkratky

AS	Australian Standard (Australská norma)
C	Mezní stav - samozavírání
CEN	Evropský výbor pro normalizaci
CFD	Computational fluid dynamics (výpočetní dynamika tekutin)
CO	Oxid uhelnatý
ČCHÚC	Částečně chráněná úniková cesta
ČSN	Česká technická norma
ČR	Česká republika
DPx	Druh konstrukční části z požárního hlediska (DP1, DP2, DP3)
EI	Mezní stav bránící šíření tepla (E = celistvost, I = izolační schopnost)
EPS	Elektrická požární signalizace
FUSM	Funkčně ucelená skupina místností
HVAC	Vytápění, větrání a klimatizace budov
HZS	Hasičský záchranný sbor
CHÚC	Chráněná úniková cesta
LDPE	Polyethylen s nízkou hustotou
NFPA	National Fire Protection Association (Národní asociace požární ochrany)
NP	Nadzemní podlaží
NÚC	Nechráněná úniková cesta

NZS	New Zealand Standard (Novozélandská norma)
PBŘ	Požárně bezpečnostní řešení
PBS	Požární bezpečnost staveb
PBZ	Požárně bezpečnostní zařízení
PDK	Požárně dělící konstrukce
PK	Požární klapka
PNP	Požárně nebezpečný prostor
PO	Požární odolnost
POP	Požárně otevřená plocha
PP	Podzemní podlaží
PÚ	Požární úsek
RH	Relativní vlhkost
S	Mezní stav - kouřotěsnost
SOZ	Samočinné odvětrávací zařízení
x SP	Shromažďovací prostor (x = číslo značící velikost shromažďovacího prostoru)
SPB	Stupeň požární bezpečnosti
SSHZ	Samočinné stabilní hasicí zařízení
UPS	Zdroj nepřerušovaného napájení
USA	Spojené státy americké
ÚC	Úniková cesta
VP	Volné prostranství
VP x	Výškové pásmo (x = číslo značící výškovou polohu výškového pásma)
VŠB-TU	Vysoká škola báňská - Technická univerzita (Ostrava)
VZT	Vzduchotechnika
ZOKT	Zařízení pro odvod kouře a tepla
ŽB	Železobeton

1 Úvod

1.1 Motivace

Motivací výběru tématu přetlakového větrání je, že se jedná o značně rozsáhlou problematiku a je jednou z nejméně probádaných a zvládnutých disciplín v oblasti vzduchotechniky. Při návrhu přetlakového větrání je podmínkou také vysoká znalost v oboru požární bezpečnosti staveb (PBS). V České republice (ČR) i ve světě můžeme nalézt mnoho staveb, které jsou řešeny nesprávným způsobem. Tento nesprávný způsob návrhu má zásadní vliv na bezpečnost osob v uzavřených prostorech, neboť zplodiny hoření, které se v těchto prostorech hromadí, patří nezpochybnitelně mezi prioritní vlivy ohrožující zdraví člověka.

Dalším důvodem tohoto tématu je přístup montážních firem i orgánů státní správy k provádění funkčních zkoušek a prokazování provozuschopnosti požárního větrání před uvedením do provozu. Jejich přístup je mnohdy značně odlišný. Skutečný obsah funkčních zkoušek v praxi tedy může mít charakter precizní kontroly, v opačném případě se často setkáváme i s kontrolou v podobě formálního aktu.

V této práci se budu věnovat především přetlakovému větrání chráněných únikových cest (CHÚC) se zaměřením na ověření jeho funkčnosti, a to měřením parametrů zařízení pomocí fyzického měření jednotlivých fyzikálních veličin. Dále se zaměřím na provedení doplňkové netoxické zkoušky pro sledování pohybu kouře vizuální formou a případnou analýzu zjištěných závad a návrh nápravných opatření pro správnou funkčnost přetlakového větrání.

1.2 Cíle

Diplomová práce se zaměřuje na 5 hlavních cílů:

1. Seznámení se se současným stavem poznání problematiky požárního větrání CHÚC.
2. Projednání možných rizik návrhu přetlakového větrání.
3. Měření parametrů zařízení přetlakového větrání ve vybrané CHÚC.
4. Provedení netoxické kouřové zkoušky.
5. Analýza výsledků měření a návrh nápravných opatření případných nedostatků.

1.3 Struktura

Úvod: Motivace, cíle a struktura diplomové práce.

Požární problematika: Problematika PBS v souvislosti působení na lidské zdraví včetně statistických údajů.

Únikové cesty: Obecný popis, typologie a základní normativní požadavky únikových cest.

Požární větrání: Uvedení do problematiky požárního větrání. Dělení požárního větrání a jeho základní popis.

Přetlakové větrání CHÚC v ČR: Legislativní požadavky a návrhové principy přetlakového větrání chráněných únikových cest v ČR.

Rizika při návrhu přetlakového větrání CHÚC: Stanovení a zhodnocení problémů v souvislosti s návrhem požárního větrání.

Přetlakové větrání v zahraničí: Příklady legislativních požadavků a návrhy přetlakového větrání mimo země Evropské unie.

Ověřování funkčnosti přetlakového větrání CHÚC: Seznámení se se zkušebními postupy a měření fyzikálních veličin pro ověření funkčnosti přetlakového větrání CHÚC.

Netoxická kouřová zkouška: Využitelnost kouřových generátorů, zkušební postupy a vyhodnocení pro netoxické kouřové zkoušky.

Praktické ověření funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC: Popis průběhu ověření funkčnosti přetlakového větrání měření fyzikálních veličin a následná analýza výsledků měření.

Provedení netoxické kouřové zkoušky ve vybrané CHÚC: Provedení netoxických kouřových zkoušek za pomoci kouřového generátoru a jejich vyhodnocení.

Analýza zjištěných závad a návrh nápravných opatření: Analýza zjištěných závad a návrh nápravných opatření pro správnou funkčnost ověřovaného přetlakového větrání ve vybrané CHÚC.

Závěr: Shrnutí problematiky a rekapitulace výsledků ověření funkčnosti přetlakového větrání a kouřových zkoušek.

Příloha A – Kalibrační listy měřicích zařízení

Příloha B – Dotazník

Příloha C – Vyhodnocení dotazníku

Příloha D – Naměřené hodnoty rozdílů tlaků

Příloha E – Výpočet objemového průtoku přívodního vzduchu

2 Požární problematika

Požáry budov se od 50. let 20. století značně měnily, a to především z důvodu změny obsahu a jeho materiálního složení, které bylo používáno v budovách. Tyto změny přinášely rostoucí rozmanitost chemických látek vyskytujících se ve zplodinách hoření, z nichž jsou mnohé vysoce toxické [1, 2, 3]. Z velké části se jednalo o změny v povrchových úpravách interiéru a nábytku, které obsahovaly vyšší podíl syntetických materiálů a obsahovaly vyšší podíl dusíkatých, halogenových a fosforových přísad. Při vzniku požáru se tak do jeho zplodin hoření uvoňoval oxid uhelnatý (jež je považován za hlavní smrtelně toxickou látku při požárech), oxid uhličitý, oxid fosforečný, oxid siřičitý, ale také kyanovodík a další kyselé plyny a kontaminanty, které jsou dobře známé jako hlavní příčiny invalidity, nemocnosti a úmrtnosti při požárech [3, 4, 5, 6].

Tvorba zplodin hoření je také zásadně ovlivněna způsobem hoření. Při dokonalém hoření (dokonalost proběhlé chemické reakce) s dostatečným přístupem vzduchu nevznikají zplodiny schopné dalšího hoření, zpravidla jen oxid uhličitý a vodní páry. Při nedokonalém hoření vznikají zplodiny schopné dalšího hoření, jehož obvyklým produktem je již zmíněný oxid uhelnatý.

Ochrana lidských životů je hlavním cílem projektantů požární bezpečnosti staveb (PBS) a správnost návrhu PBS spočívá na základních dvou pilířích [7]:

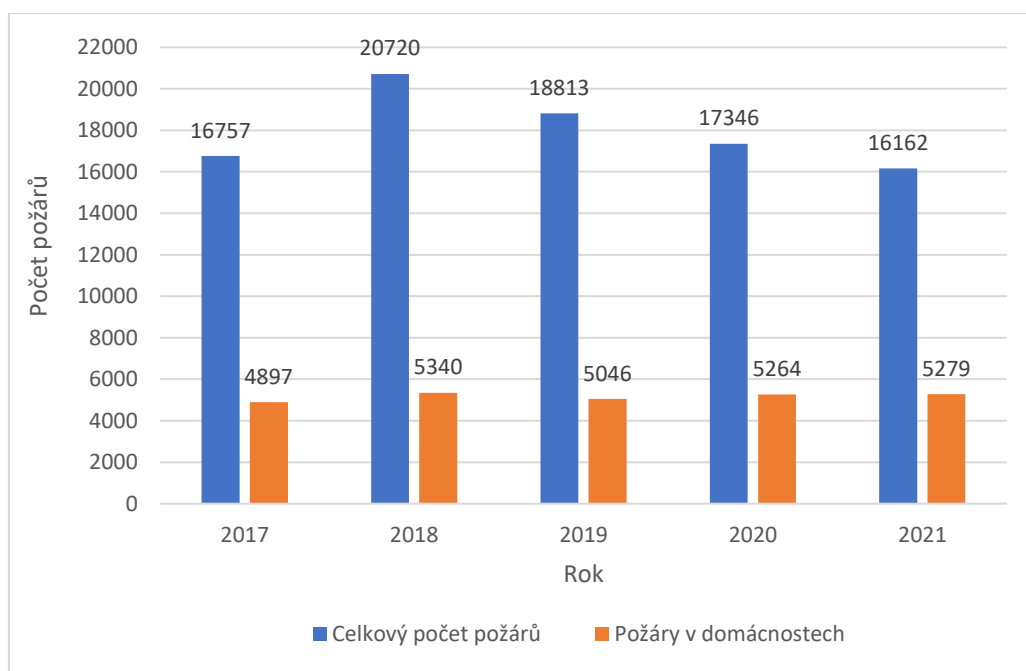
- **system pasivní ochrany** spočívá v situačním umístění stavby, dispozičním uspořádáním, konstrukčním a materiálovém řešení, tj. schopnost budovy jako celku vzdorovat účinkům požáru
- **system aktivní ochrany** spočívá v požárně bezpečnostních zařízeních (PBZ), které snižují intenzitu případného požáru v jeho počáteční fázi.

Lidský život by měl mít nejvyšší prioritu při volbě správného návrhu požárního větrání CHÚC v oblasti PBS, avšak v ČR i ve světě můžeme nalézt mnoho staveb, které jsou řešeny nesprávným způsobem. Vlivem vystavení osob toxickému kouři dochází ke zhoršení vlastního vidění v důsledku zhoršení viditelnosti na únikové cestě a působení dráždivých produktů kouře (oxidy dusíku, chlorovodík, bromovodík atd.) na oči a dýchací cesty. Následuje zmatek a ztráta vědomí vlivem dusivých účinků oxidu uhelnatého a kyanovodíku, umocněných oxidem uhličitým. Oběti poté umírají během několika minut na kardiorepirační selhání. V případě, že jsou zachráněny z místa expozice, mohou utrpět trvalé poškození nebo smrt v důsledku neurologického zranění nebo poranění dýchacích cest [1, 3, 4, 5, 6].

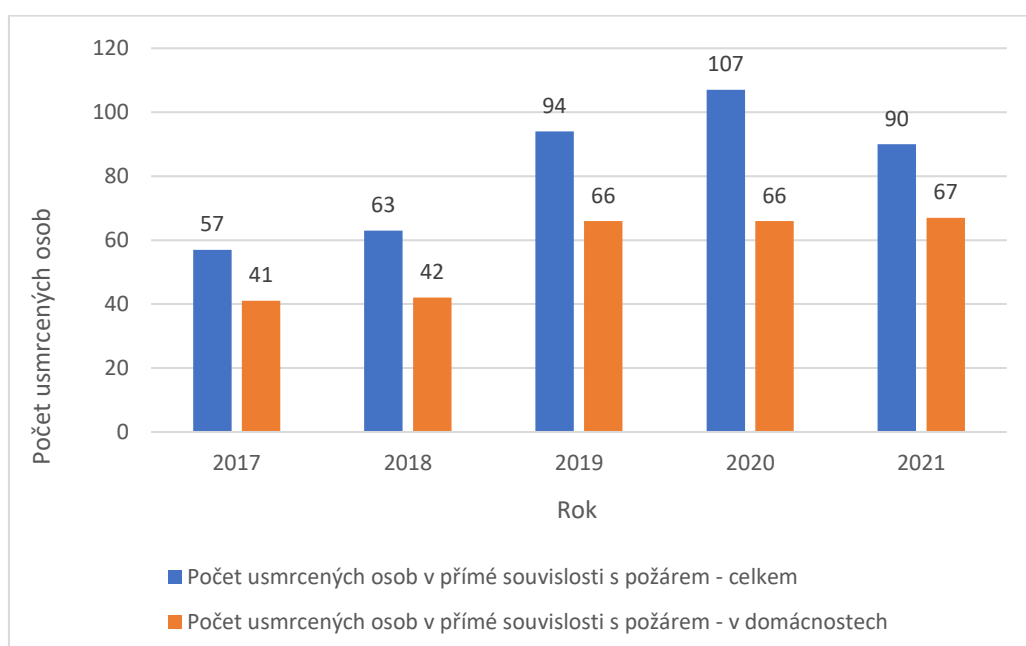
Zplodiny hoření vznikající v uzavřených prostorách patří tedy nezpochybnitelně mezi prioritní vlivy, které zásadním způsobem ovlivňují bezpečnost osob a zapříčiňují téměř 50 % všech obětí při požárech a více než 1/3 ohroženým způsobují smrt [8].

Dle statistické ročenky Hasičského záchranného sboru České republiky [9, 10] došlo v roce 2021 celkem k 16 162 požárům, tento počet se však v porovnání s předchozími roky dle *obr. 1* výrazně nezměnil. Z tohoto počtu nejvyšší podíl (33 %) tvořily požáry domácností, celkem 5279 požárů. Počet usmrcených osob v přímé souvislosti s požárem se zvýšil o jednu oběť na celkových 67 usmrcených viz *obr. 2*.

Nutno však podotknout, že domácností se z hlediska metodiky evidence požárů HZS ČR rozumí „*veškeré prostory a objekty, které nejsou využívány k podnikatelské činnosti.*“ Z tohoto důvodu tedy tato kategorie zahrnuje i požáry objektů mimo budovy (např. pergoly, popelnice, dopravní prostředky a dále pak volné plochy např. zahrady, lesy, meze apod.) [9, 10].



obr. 1 - Graf statistiky počtu požárů v ČR (2017-2021) [9, 10]



obr. 2 – Graf statistiky počtu usmrcených osob v přímé souvislosti s požárem v ČR (2017-2021) [9,10]

Z výše uvedených poznatků je zřejmé, že požární větrání CHÚC hraje důležitou roli v oblasti PBS. Jeho úlohou je bezpečná a rychlá evakuace unikajících osob při požární situaci a přístup jednotek požární ochrany. Jedná se stále o jednu z nejméně probádaných a zvládnutých disciplín vzduchotechniky (VZT), při jehož návrhu je podmínkou i vysoká znalost v oboru PBS. Má řadu specifik a rizik, které si běžný projektant ani neuvědomuje. Proto by měl být tento segment vzduchotechniky svěřován odborníkům případně firmám, které v této oblasti dlouhodobě působí [11].

3 Únikové cesty

Únikové cesty jsou takové cesty, které umožňují včasnou a bezpečnou evakuaci všech osob z požárem ohroženého objektu nebo jeho části na volné prostranství (VP). Bezpečnou evakuací se rozumí předpoklad, že evakuované osoby nebudou vystaveny kritickým koncentracím zplodin hoření. Tato cesta dále může umožňovat přístup požárních jednotek do prostorů zasažených požárem [12].

3.1 Členění únikových cest

Únikové cesty se člení na základě poskytovaného stupně ochrany unikajícím osobám. Kodex českých technických norem rozlišuje tři druhy únikových cest. Rozlišuje tedy nechráněné únikové cesty (NÚC), částečně chráněné únikové cesty (ČCHÚC) a chráněné únikové cesty (CHÚC). Rovněž rozlišujeme také náhradní únikové možnosti sloužící k evakuaci mimořádným způsobem. Tyto náhradní únikové možnosti se nezapočítávají do počtu únikových cest a mohou jimi být např. skluzné tyče a žlaby, únikové nebo požární žebříky a jiná rovnocenná zařízení sloužící k úniku [12].

3.2 Nechráněné únikové cesty

Nechráněná úniková cesta je každý trvale volný komunikační prostor, který vede k východu na VP nebo do CHÚC (tj. do nejčastěji uzavřeného schodišťového prostoru). Tento komunikační prostor NÚC nemusí být požárně oddělen od ostatních prostorů stavebními konstrukcemi, mohou tedy tvořit součást požárního úseku (PÚ). Za NÚC jsou považovány také vnější komunikace, které nejsou od vnitřních prostorů požárně odděleny např. balkony, schodiště, pavlače, atd. [13].

3.3 Částečně chráněné únikové cesty

S pojmem částečně chráněná úniková cesta se můžeme setkat především u výrobních objektů dle ČSN 73 0804 [12] nebo u změn staveb dle ČSN 73 0834 [14]. Ve srovnání s CHÚC mají jisté úlevy v požadavcích na PÚ, stavební konstrukce, požární větrání apod. [15].

ČCHÚC je trvale volný komunikační prostor, který vede k východu na VP nebo do CHÚC. Tento komunikační prostor musí vést PÚ bez požárního rizika, nebo prochází sousedním požárním úsekem, ve kterém nejsou provozy skupiny 5 až 7, nebo prochází částí posuzovaného PÚ, která je bez požárního rizika [12].

3.4 Chráněné únikové cesty

Chráněná úniková cesta je trvale volný komunikační prostor vedoucí až k východu na VP. Tento komunikační prostor tvoří samostatný PÚ, který je chráněn proti účinkům požáru (především vůči zplodinám hoření, vysokým teplotám a kouři) požárně dělícími konstrukcemi (PDK) s požadovanou požární odolností (PO), dle stanoveného stupně požární bezpečnosti (SPB). PDK (požární stěny, požární stropy a obvodové stěny) musí být druhu DP1 (druh konstrukční části z požárního hlediska, který nezvyšuje v požadované době intenzitu požáru a sestává především z nehořlavých materiálů a výrobků třídy reakce na oheň A1 nebo A2). Požární uzávěry otvorů v PDK musí bránit šíření požáru a musí být vybaveny samouzavíracím zařízením [13, 16].

Dále musí být prostory CHÚC patřičně větrány, a to požadovaným požárním větráním. CHÚC musí být patřičně větrána z důvodu bezpečné evakuace osob a bezpečného pohybu zasahujících hasičů za předpokladu, že CHÚC slouží jako vnitřní zásahová cesta. Osoby vycházející z CHÚC

na VP nesmí být ohroženy požárem či jeho důsledky. Za tuto cestu lze považovat i pavlače a schodiště pokud splňují dané požadavky CHÚC [13, 16].

V prostorech CHÚC se nesmí nacházet kromě konstrukcí oken, dveří (třída reakce na oheň nejhůře D), madel a zábradlí žádné požární zatížení. Výjimku tvoří prostory sloužící dozoru nad objektem (vrátnice, recepce, požární dozor, sociální zařízení apod.), v nichž nesmí být nahodilé požární zatížení větší než $15 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ [12, 13]. V prostorech CHÚC lze v souladu s přílohou č. 6 vyhlášky č. 23/2008 Sb. [17] umístit další předměty, za předpokladu, že splňují požadavky dle bodu A této přílohy. Těmito předměty jsou např. závěsný automat na nápoje, květinovou výzdobu nebo sedací nábytek.

3.5 Dělení chráněných únikových cest

Chráněné únikové cesty dle dispozičního, konstrukčního a technického provedení můžeme rozdělit na tři typy CHÚC – A, B a C. CHÚC typu A poskytuje pouze „základní“ ochranu osobám a je zejména využívána pro stavby s nižší požární výškou ($h \leq 22,5 \text{ m}$) nebo jedním podzemním podlažím (PP). CHÚC typu B a C pak poskytují komplexnější ochranu pro vyšší stavby, stavby s vyšším počtem PP nebo pro stavby s velkou obsazeností [15].

CHÚC můžeme tedy rozdělit dle doby, po kterou se v ní osoby při požáru mohou bezpečně zdržovat. Doba bezpečného pohybu osob:

- CHÚC typu A – 4 minuty
- CHÚC typu B – 15 minut
- CHÚC typu C – 30 minut

Aby uvedené doby bezpečného pobytu osob v prostorech CHÚC byly zajištěny, musí jednotlivé CHÚC splňovat především způsob požárního větrání, dispozici a oddělení od ostatních PÚ [18].

3.5.1 Chráněná úniková cesta typu A

CHÚC typu A je tvořena požárně odděleným prostorem (samostatný PÚ), který má přímý výstup na VP a to nejčastěji z prostoru schodiště. Dále tento prostor musí být spolehlivě větrán přirozeným, nuceným nebo kombinovaným způsobem [18].

Požární uzávěry oddělující CHÚC od přilehlých PÚ musí (vyjma speciálních případů) vykazovat mezní stav EI (požární uzávěr bránící šíření tepla, E = celistvost, I = izolační schopnost) a musí být vybaveny samouzavíracím zařízením (C). Pokud je v objektu navržena pouze jedna úniková cesta, musí tato CHÚC splňovat požadavek mezní délky, který je vztažen na maximální hodnotu 120 m. Dále je také stanoveno šířkové omezení CHÚC (všech druhů), které vychází ze stejných principů jako v případě NÚC. Jedná se o nejvyšší přípustný počet evakuovaných osob v jednom únikovém pruhu, nicméně hodnoty pro CHÚC jsou v porovnání NÚC výrazně vyšší [18].

3.5.2 Chráněná úniková cesta typu B

CHÚC typu B je komunikačně oddělena od ostatních PÚ požárními kouřotěsnými uzávěry a její součástí je samostatně větraná předsíň, která slouží jako další bezpečnostní prvek pro zamezení průniku zplodin hoření do schodišťového prostoru. Požární předsíň musí splňovat požadavky minimální půdorysné plochy 5 m^2 , přičemž minimální půdorysný rozměr v jednom směru činí $1,5 \text{ m}$. Tyto uvedené požadavky se v případě zvýšeného počtu unikajících osob dále zvyšují.

Požární uzávěry mezi CHÚC a přilehlým PÚ musí být vybaveny samouzavíracím zařízením (C), musí být v kouřotěsném provedení (S) a musí vykazovat mezní stav EI. Uzávěry mezi předsíní a schodišťovým prostorem jsou bez požadavku na PO (tj. pouze C-S). Mezní délky se na CHÚC typu B neposuzují [15, 18].

Za CHÚC typu B se také považuje cesta, která je dispozičně shodná jako CHÚC typu A (bez požární předsíně), nicméně musí být zajištěno nucené větrání se zvýšenou intenzitou výměny vzduchu ($n = 25 \text{ hod}^{-1}$) [15].

3.5.3 Chráněná úniková cesta typu C

CHÚC typu C představuje nejbezpečnější variantu CHÚC a vždy využívá požární předsíní a přetlakové požární větrání. Její dispoziční řešení je shodné jako u CHÚC typu B s požární předsíní, ale prostory předsíně i samostatné CHÚC musí být větrány přetlakovou ventilací proti zamezení proniknutí zplodin hoření do schodišťového prostoru [15].

Požadavky na požární uzávěry této CHÚC jsou stejné jako u CHÚC typu B s požární předsíní. Mezní délky se na CHÚC typu C neposuzují.

3.6 Vybavení únikových cest

3.6.1 Dveře na únikových cestách

„Otevíratelnost a průchodnost dveří, které se nacházejí na únikové cestě, musí odpovídat českým technickým normám uvedeným v příloze č. 1 části 2 vyhlášky 23/2008 Sb.“ [17].

Dveře na únikových cestách musí dle ČSN 73 0802 [13] splňovat následující požadavky:

- Musí umožňovat snadný a rychlý průchod a svým zajištěním nesmí bránit evakuaci unikajících osob ani zásahu požárních jednotek.
- Nesmí mít prahy a musí se otevírat ve směru úniku s výjimkou dveří z FUSM, bytů a dveří na VP, jimiž prochází méně než 200 evakuovaných osob.
- Dveře na únikových cestách nesmí být blokovány. Uzamykatelné dveře na únikových cestách musí být vybaveny kování umožňující ruční nebo samočinné otevření těchto dveří bez použití klíčů či nástrojů.
- Podlaha na obou stranách dveří, jimiž prochází úniková cesta, musí být ve stejné výškové úrovni do vzdálenosti otevřeného dveřního křídla s výjimkou do exteriéru.
- Dveře otvíravé do prostoru schodiště se nesmí otevírat do schodišťového ramene a nesmí zužovat započítatelnou šířku únikové cesty.

3.6.2 Osvětlení a nouzové únikové osvětlení

Únikové cesty musí být dostatečně osvětleny denním nebo umělým světlem alespoň po dobu provozu v budově. NÚC musí mít elektrické osvětlení všude, kde jsou v objektu běžné elektroinstalace pro osvětlení. CHÚC a ČCHÚC musí mít vždy elektrické osvětlení [15, 19].

Nouzové osvětlení musí být v CHÚC typu A, B, C a v ČCHÚC, případně dle zpřesněných požadavků projektových norem řady ČSN 73 08xx, v ostatních případech se však nouzové osvětlení doporučuje [15, 19].

Nouzové osvětlení je požárně bezpečnostní zařízení (PBZ) s požadavkem na funkci i v době požáru a navrhuje se podle ČSN EN 1838 [19, 20]. Minimální doba funkce je 60 minut. Svítidla pro nouzové únikové osvětlení bývají často vybavena vlastní integrovanou baterií pro případ výpadku elektrické energie, jedná se o tzv. autonomní svítidla. Pokud svítidla nejsou vybavena vlastní integrovanou baterií, musí být napojena na záložní zdroj elektrické energie (UPS) [15].

3.6.3 Označení únikových cest

Pro označení únikových cest se používají především fotoluminiscenční tabulky, které svítí i bez zdroje elektřiny na základě principu absorpce světla, nebo se používají podsvícené tabulky jakožto obdoba nouzového osvětlení. Umisťují se na základě zásady zřetelného označení směru úniku, a to se zásadou „*viditelnost od značky ke značce*“ všude tam, kde východ na VP není přímo viditelný nebo kde dochází ke změně směru úniku, či výškové úrovně [15].

Poloha jednotlivých tabulek se zakresluje do jednotlivých půdorysů požárně bezpečnostního řešení (PBR). Grafické bezpečnostní značky se navrhují dle ČSN ISO 3864-1 [21], příklady značek viz ČSN ISO 7010 [15, 22].

3.6.4 Zvuková zařízení

Zvukové zařízení (domácí rozhlas) se požaduje v objektech, kde se uvažuje postupná evakuace více než 200 osob, u většiny shromažďovacích prostorů, u objektů s vysokým požárním rizikem a dále tam, kde to územně příslušný hasičský záchranný sbor doporučí nebo v objektech, kde to požadují příslušné normy řady ČSN 73 08xx [13].

K plynulé evakuaci osob musí být vybaven objekt technickým zařízením sloužícím k řízení evakuace. Jedná se zejména o zařízení umožňující hlasovou informaci osobám v objektu. Zařízení se musí umístit do prostoru odkud je evakuace řízena a musí být funkční i po vzniku požáru, přičemž nesmí být jakkoliv vyřazeno z provozu [13].

4 Požární větrání

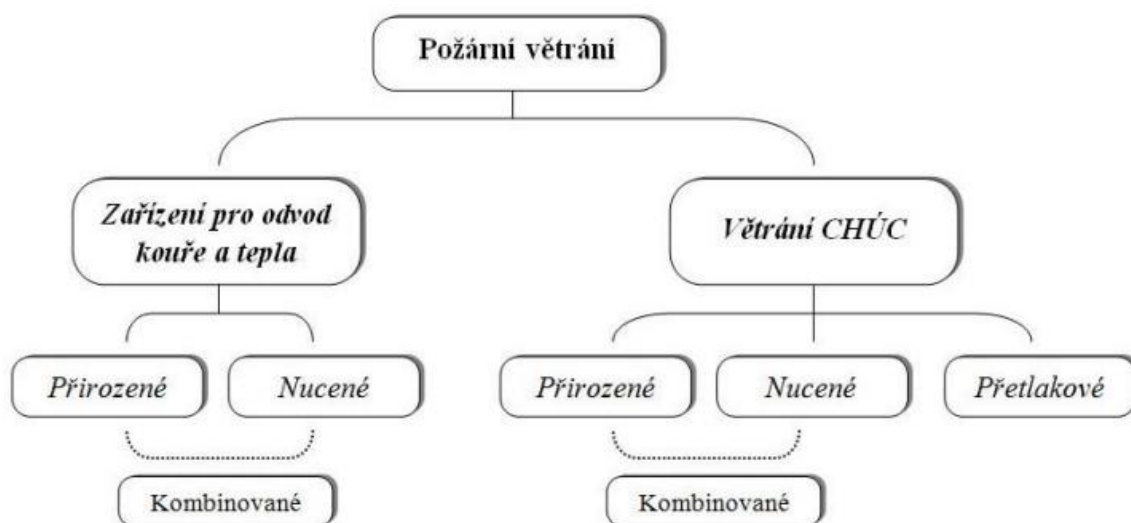
Nejdříve je potřeba si ujasnit terminologii, která je mezi obory PBS a VZT rozdílná. Jedná se o označování termíny „odvětrání a větrání“. První pojem odvětrání je často užíván v odborných požárních kruzích i v kodexu norem PBS a je z exaktního hlediska nesprávný. Druhý pojem větrání je používán v kodexu vzduchotechnických norem a vystihuje proces řízené výměny vzduchu ve větraném prostoru za čerstvý venkovní vzduch. Tento název tedy upozorňuje na skutečnost, že pojem větrání zajišťuje přívod i odvod vzduchu v souladu se zákonem zachování hmoty [23]. Z tohoto důvodu je v této práci užíván pouze pojem požární větrání.

Téměř u každé stavby se můžeme setkat s požadavkem na instalaci PBZ, který je dán právními a technickými předpisy v oblasti požární ochrany. PBZ jsou takové systémy, technická zařízení a výrobky pro stavby, které podmiňují požární bezpečnost stavby nebo jiného zařízení. Jedním z druhů PBZ je rovněž požární větrání [24].

Požární větrání je PBZ, které slouží k usměrnění toku zplodin hoření, kouře a tepla, případně k zabránění šíření těchto produktů uvnitř objektu [25].

Požární větrání (obr. 3) se dle [25] dělí na dvě základní skupiny:

- požární větrání běžných PÚ zajišťující zařízení pro odvod kouře a tepla (ZOKT)
- požární větrání chráněných únikových cest



obr. 3 - Rozdělení požárního větrání [23]

Zařízení pro odvod kouře a tepla (ZOKT) je navrhováno v prostorách s požárním rizikem. Cílem ZOKT je primárně odvod tepla a zplodin hoření po určitou dobu z chráněného prostoru. Zařízení je taktéž navrhováno za účelem evakuace osob, ochrany majetku, regulace teploty kouřových plynů nebo usnadnění protipožárního zásahu [25].

V prostorách bez požárního rizika, je navrhováno zpravidla větrání CHÚC. Cílem tohoto požárního větrání je zabránění pronikání zplodin hoření a kouře do prostor CHÚC, případně při průniku kouře zajistit v těchto prostorách bezpečné prostředí pro unikající osoby tj. zředění zplodin hoření na bezpečnou koncentraci v prostoru CHÚC [25].

Úkolem projektanta PBS je pouze určení způsobu větrání CHÚC. Výpočet a vlastní návrh požárního větracího zařízení je úkolem projektanta VZT, nikoli projektanta PBS. Podmínkou úspěšného projektu je však vysoká znalost oboru PBS. Při návrhu požárního větracího zařízení CHÚC by měl projektant VZT postupovat vždy tak, že si vyžádá projekt PBR. Ten obsahuje, kromě jiného, hlavní systémové požadavky, určuje počet a druh CHÚC a další údaje a parametry, které musí být v návrhu větrání CHÚC zohledněny [11].

4.1 Přirozené větrání

Přirozené větrání se využívá pro návrh CHÚC typu A nebo typu B s požární předsíní. U návrhu CHÚC typu A je přirozené větrání podzemního podlaží (PP) také dovoleno u jednoho PP, avšak pro větrání dalších PP musí být navrženo vždy nucené větrání CHÚC. V případě CHÚC typu B musí být požární větrání řešeno jako nucené s požadavky jako u CHÚC typu A [13].

Jedná se o větrání s přirozeným příivodem i odvodem vzduchu. Pro příivod a odvod vzduchu se využívají větrací otvory, kterými jsou např. okna, dveře a světlíky, a to v každém podlaží nebo v nejnižším a nejvyšším místě CHÚC [18].

Přirozené větrání CHÚC spočívá v tzv. komínovém efektu. Tento komínový efekt je založen na pohybu větracího vzduchu vyvolaného rozdílem hustot vzduchu uvnitř a vně objektu a působením větru. Teplý vzduch, který má nižší hustotu stoupá, zatímco chladnější vzduch je těžší a klesá dolů. Z fyzikální podstaty tohoto větrání je větrací účinek v průběhu dne proměnlivý, tudíž se jedná o nejméně spolehlivou ochranu únikové cesty [11].

Podstatou návrhu tohoto větrání je v požadované době bezpečného pohybu zajistit zředění proniklého kouře tak, aby koncentrace zplodin v CHÚC nepřekročila hodnotu 1 až 2 %. Následnou úlohou přirozeného větrání je zajistit takové provětrání, které může spolehlivě odvádět proniklý kouř [11].

4.2 Nucené větrání

Nucené větrání CHÚC je efektivnější a spolehlivější způsob větrání oproti přirozenému větrání. Využívá se pro návrh CHÚC typu A nebo typu B. Tento způsob větrání představuje VZT systém, který obvykle tvoří ventilátor, pro nucený příivod vzduchu. Rovněž tento systém také lze řešit s potrubím pro příivod a odvod vzduchu s vlastní strojovnou.

Odvod vzduchu je zajištěn pomocí úniku skrze okna, dveře, větrací otvory, průduchy, šachty a netěsnosti skrze stavební konstrukce. Odvod vzduchu z prostoru CHÚC není nijak řízen ani regulován [11].

Hlavním výkonovým parametrem, který je při návrhu nuceného větrání sledován, je průtok větracího vzduchu ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$), který musí být také prokázán při funkční zkoušce [11].

U nuceného větrání je ventilátorem vyvolán v CHÚC rovněž určitý přetlak. Mírný přetlak zde vzniká z hlediska tlakových poměrů přirozeně. Tento přetlak však nemá návrhovou hodnotu a jedná se pouze o průvodní jev tohoto způsobu větrání. Proto se tento přetlak nijak neověřuje měřeními při funkční zkoušce [25].

Podstatou návrhu tohoto větrání je omezit průnik zplodin hoření a kouře do CHÚC, nebo naředit tyto koncentrace zplodin tak, aby nepřekročily hodnotu 1 až 2 % v prostoru CHÚC [11].

4.3 Kombinované větrání

Návrhem požárního větrání CHÚC může být také kombinované větrání. Jedná se o kombinaci přirozeného a nuceného větrání. Nejčastěji u tohoto způsobu je zřízen nucený přívod vzduchu v nejnižším místě CHÚC a jeho přirozený odvod v nejvyšším místě CHÚC (např. samočinně otvíravým světlíkem nebo oknem). Jedná se o dva rozdílné principy větrání a tato kombinace může mít i negativní vliv na funkčnost požárního větrání [15, 18].

4.4 Přetlakové větrání

Přetlakové větrání je nejúčinnější způsob požárního větrání, při kterém je, po určitou dobu, zcela zamezeno průniku zplodin kouře a hoření do prostoru CHÚC. Tímto způsobem větrání se tato CHÚC stává pro unikající osoby o mnoho bezpečnější, než při jiných způsobech požárního větrání. Negativním dopadem návrhu přetlakového větrání je však náročnost návrhu, provedení, zkoušení a především cena. Své uplatnění však nalezne v celé řadě objektů, především tam, kde nepřichází v úvahu jiné řešení. Jedná se např. o budovy s vysokým počtem osob (shromažďovací prostory) v podzemních i nadzemních podlažích (NP), vybraná zdravotnická zařízení, únikové cesty s evakuačními výtahy apod. [11].

5 Přetlakové větrání CHÚC v ČR

Přetlakové větrání je normativně požadováno pouze v CHÚC typu C, jejichž součástí jsou vždy požární předsíně. Před vydáním a zapracováním nových změn (Změna: Z3, ČSN 73 0802, platné od února 2020) technických norem požární bezpečnosti staveb [13] jsme se mohli také setkat s přetlakovým větráním CHÚC typu B bez požární předsíně [12, 13].

Princip přetlakového větrání CHÚC spočívá v přívodu venkovního vzduchu jedním nebo více ventilátory v takovém množství, které zajistí podmínky pro dva různé požární scénáře. Prvním z nich je situace běžného provozu, kdy jsou všechny dveře do a z CHÚC zavřené. V takovém případě musí být dodržen předepsaný přetlak. Druhý scénář počítá s definovaným počtem otevřených dveří při evakuaci nebo zásahu. V tomto případě musí být dosažena předepsaná rychlost proudění vzduchu v otevřených dveřích, které oddělují chráněný prostor únikové cesty od nechráněného prostoru [26].

5.1 Legislativní požadavky pro návrh přetlakové větrání CHÚC

U prostorů CHÚC včetně požární předsíně, musí být navrženo přetlakové větrání, které je na ostatním VZT zařízení objektu zcela nezávislé. V těchto prostorách se zvýšeným tlakem musí být vůči navazujícím PÚ dosaženo při uzavřených dveřích přetlaku nejméně 50 Pa. Jestliže jsou přilehlé PÚ vybaveny samočinným stabilním hasicím zařízením (SSHZ), musí hodnota přetlaku dosahovat nejméně 25 Pa. Celkový přetlak v případě instalace SSHZ i bez něj však nesmí přesáhnout maximální hodnotu 60 Pa. Dodávka vzduchu do těchto prostorů musí být zajištěna minimálně po dobu 45 minut, pokud tato přetlakově větraná CHÚC slouží současně jako zásahová cesta, musí být dodávka vzduchu zajištěna minimálně po dobu 60 minut. Jsou-li součástí CHÚC evakuační nebo požární výtahy, jejichž dveře ústí do požárních předsíní, zajišťuje se větrání těchto výtahových šachet přetlakem 50 Pa, přičemž každá šachta musí mít samostatný přívod vzduchu [13].

Množství přiváděného vzduchu do CHÚC typu C (s požární předsíní) se dle [13] pro přetlakové větrání určuje na základě dvou požárních návrhových scénářů.

- **První scénář** představuje situaci, kdy jsou všechny dveře do a z CHÚC uzavřeny, a ventilátorem musí být přiváděn větrací vzduch do prostorů CHÚC v takovém množství, aby bylo dosaženo předepsaného přetlaku. V tomto požárním návrhovém scénáři se pro dosažení předepsaného přetlaku počítá účinná plocha všech netěsností, kterými vzduch může unikat z CHÚC do ostatních prostorů, případně venkovního prostředí. Těmito netěsnostmi jsou např. zavřené dveře, výtahové šachty, stavební konstrukce, předsíně, instalační prostory, trvale otevřené větrací otvory atd. Dále je nutné pro dodržení předepsaného přetlaku instalovat zařízení pro uvolnění přetlaku, které zabraňuje překročení maximální hodnoty přetlaku v CHÚC (např. samočinné přetlakové klapky, ovládaný klapkový systém apod.). Toto zařízení se nejčastěji osazuje v nejvyšší části CHÚC a musí vždy reagovat tak, aby do 3 sekund po otevření nebo zavření dveří bylo dosaženo alespoň 90 % průtoku přiváděného vzduchu. Větrací vzduch musí ústít přímo do venkovního prostředí [13].
- **Druhý scénář** představuje model evakuační nebo zásahové situace, při které je stanoven nejpravděpodobnější počet otevřených dveří, kterými probíhá evakuace osob nebo zásah jednotek požární ochrany. Průtok přiváděného vzduchu do prostoru CHÚC se určí z požadavku pro zajištění minimální rychlosti proudění vzduchu skrze otevřené dveře. Podle skutečné stavební dispozice a způsobu evakuace se předpokládá, že jsou nejméně dva až tři dveřní otvory otevřené (dveře do požární předsíně CHÚC, dveře mezi CHÚC a požární předsíní a dveře vedoucí z CHÚC na VP). Předpokládá se otevřený dveřní otvor v 1. NP

(vstupní dveře) a dva dveřní otvory v horní třetině výšky ÚC. Pokud je otevřeno více dveřních otvorů, předpokládá se, že otevřené otvory jsou rozmístěny rovnoměrně po výšce CHÚC, z nichž jeden dveřní otvor je otevřený v 1. NP. Pro výpočet účinné plochy větracího vzduchu otevřenými dveřmi je nutné zohlednit všechny možné trasy úniku vzduchu z budovy (paralelní trasy, sério-paralelní trasy, sériové trasy), dále se zahrnují i všechny další trvale otevřené otvory a netěsnosti stavebních konstrukcí [13].

- Rychlost proudění vzduchu skrze otevřené dveře mezi CHÚC a prostorem s požárem lze předpokládat dle [13] následovně:
 - $0,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, je-li výška $h < 30 \text{ m}$, nebo
 - $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, při výšce $30 < h < 60 \text{ m}$; nebo
 - $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, u budov s výškou $h > 60 \text{ m}$, nebo u objektu se shromažďovacími prostory $\geq 2 \text{ SP}$ ($x \text{ SP}$ – velikost shromažďovacího prostoru) / VP 3 (VP x – výšková poloha výškového pásma), nebo v případech komplikované evakuace, přičemž se upřednostňuje provést návrh přetlakového větrání metodami požárního inženýrství (např. CFD výpočty apod.); nebo
 - $2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, jde-li o zásahovou cestu.

Pro funkčnost systému přetlakového větrání CHÚC je nutné zajistit, aby větrací vzduch proudil z chráněných prostor se zvýšeným tlakem do prostor sousedních PÚ na podlaží, kde hoří a skrze ně ven z budovy. Pro tento požadavek je nutné v budově instalovat zařízení pro únik vzduchu a kouře z budovy [13], které může být řešeno následujícími způsoby:

- zařízením speciálních odvětrávacích otvorů na fasádě budovy (např. samočinně otevíratelná okna, klapky, žaluzie apod.); nebo
- svislými šachtami s potrubím a odvětracími otvory (kouřové klapky), které jsou adresně otevíratelné podle místa vzniku požáru v jednotlivých podlaží a odvodem v nejvyšším místě budovy; nebo
- nuceným odvodem sestávajícím z ventilátoru, potrubí a kouřových klapek, přičemž samočinně řízený únik musí být pouze z podlaží s požárem a ostatní kouřové klapky musí zůstat uzavřeny.

Přetlakové větrání musí být dále navrženo tak, aby potřebná síla pro otevření dveří (tzv. síla na kliku) nepřesáhla maximální hodnotu 100 N. Jedná se o hodnotu, kterou je nutné dodržet, a to zejména v budovách s výskytem velmi mladých osob, starých nebo invalidních (např. osob s omezenou schopností pohybu a orientace) [13].

Vzduch do prostor CHÚC musí být pro přetlakové větrání přiváděn pomocí ventilátorů a v případě potřeby také potrubím. Pro budovy s výškou $h \leq 12 \text{ m}$ je možné připustit jedno místo přívodu vzduchu do schodiště. Pro budovy s výškou $h > 12 \text{ m}$ je nutné, aby bylo užito vzduchodů a vyústek (distribuční prvek - místo přívodu vzduchu), které musí být rozmístěny rovnoměrně po výšce schodiště tak, aby se dosáhlo co nejrovnoměrnějšího rozložení přetlaku ve schodišti. Optimální je zajistit místo přívodu vzduchu v každém podlaží, maximální vzdálenost mezi vyústkami nesmí být větší než 3 podlaží. Projektant přetlakového větrání stanoví dimenzi vzduchodů, přívodních vyústek a jejich provedení. Každá požární předsíň musí být vybavena alespoň jedním přívodním místem. Pokud výška CHÚC přesahuje 75 m, doporučuje se pro zajištění přetlaku zónově rozdělit CHÚC kouřotěsným uzávěrem, jelikož je obtížné jinak dodržet předepsané hranice přetlaku v prostorech CHÚC [13].

Nasávací zařízení, větrací otvory a větrací průduchy se mají umístit tak, aby nedocházelo ke zpětnému nasávání zplodin hoření. Odtok vzduchu z těchto zařízení musí vyústit vně objektu. Pro umístění nasávacích otvorů je nutné splnit požadavky uvedené v ČSN 73 0872 [27]. Touto normou [27] je požadováno:

- V případě **nasávání z fasády** je požadováno, aby byly otvory, z nichž je možný únik kouře při požáru, vzdálené od nasávacího otvoru nejméně 3,0 m. Pokud jsou však tyto otvory výškově umístěny pod nasávacím otvorem, přičítá se k minimálnímu požadavku 3,0 m vodorovná vzdálenost odpovídající alespoň rozdílu výšek nejnižších míst obou otvorů (odpovídá úhlu 45°). Tato vodorovná vzdálenost nemusí být větší než 10 m. Pod nasávacím otvorem a v ploše fasády v této vymezené vzdálenosti nesmí být umístěny požárně otevřené plochy (POP) [13, 27].
- V případě **nasávání nad střešním pláštěm** nesmí být střešní pláště POP; musí skladba střešního pláště vyhovovat klasifikaci $B_{ROOF}(t3)$; musí být nasávání umístěno minimálně 3,0 m od obvodových stěn; pod nasávacím místem musí být povrch střešního pláště z nehořlavých materiálů a to do vzdálenosti 3,0 m od vlastního nasávacího místa; nasávací místo nesmí být v požárně nebezpečném prostoru (PNP) jiné technologie na střeše, přičemž musí být dodržena minimální vzdálenost od jiné technologie alespoň 3,0 m [13, 27].

Přetlakové větrání musí být uvedeno do chodu dálkovým ovládním se spínacími tlačítky v každém podlaží a zároveň samočinně pomocí hlásičů reagujících na kouř. Zařízení musí být také ovladatelné prostřednictvím elektrické požární signalizace (EPS), pokud je v objektu zřízena [13].

Návrh přetlakově větraných CHÚC je natolik komplikovanou disciplínou, při které vzniká velké množství variant, tudíž jakýkoliv výpočet má pouze určitou pravděpodobnost s podmínkami při požáru. Činností navrhovatele je zvolit optimální volbu scénáře, na který je přetlakové požární větrání počítáno. V tomto ohledu by měl postupovat dle evropské normy ČSN EN 12101-6 [28] v nichž jsou uvedeny varianty řešení a další principy a zásady včetně výpočtových postupů [13].

5.1.1 Návrhové výpočty

Z hlediska návrhových výpočtů pro přetlakové větrání CHÚC se postupuje dle ČSN EN 12101-6 - *Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla – Část 6: Technické podmínky pro zařízení pracující na principu rozdílu tlaků – Sestavy* [28]. Při návrhu je nutné identifikovat všechny příslušné trasy průtoku vzduchu a zhodnotit jejich účinné plochy průřezu. Tyto plochy jsou značně ovlivňovány jak použitým materiálem konstrukce, tak kvalitou jejich provedení. Při analýze potřebného množství vzduchu mezi chráněnými a nechráněnými prostory v objektu se bude postup lišit v závislosti na tvaru konstrukce a tím, zda se v chráněném prostoru tlak zvyšuje, či snižuje [28].

5.1.2 Požadavky na návrhový výpočet dle ČSN EN 12101-6

Níže jsou uvedeny jednotlivé kroky pro zhodnocení potřebného množství vzduchu pro přetlakové větrání CHÚC dle Přílohy A, ČSN EN 12101-6 [28].

1. Stanoví se všechny možné trasy průtoku vzduchu se zavřenými dveřmi. Jedná se o trasy, kterými prostupuje vzduch nebo je odváděn a zahrnují všechny:
 - a) netěsnosti dveří mezi chráněnými a nechráněnými prostory;
 - b) trhliny v konstrukcích budovy mezi chráněným a nechráněným prostorem v objektu;
 - c) trhliny v konstrukcích budovy mezi nechráněnými prostory v objektu;

- d) otvory zřízené pro únik vzduchu z nechráněných prostorů, nebo otvory zřízené pro náhradu vzduchu z chráněných prostorů.
2. Posoudí se účinné trasy úniku mezi každými dvěma sousedními prostory. Tyto trasy dělíme následovně:
 - a) paralelní trasy úniku, které nastávají, jestliže jsou všechny dveře ven ze schodiště vedoucího přímo do prostoru se sníženým tlakem otevřeny;
 - b) sériové trasy úniku, které nastávají, jestliže vzduch z prostor se zvýšeným tlakem nejprve protéká do středního prostoru, než nakonec unikne do prostoru se sníženým tlakem přes ostatní trasy úniku (např. samostatná předsíň umístěna mezi schodištěm a užitným prostorem);
 - c) kombinace sériových a paralelních tras, které mohou být obvykle tvořeny postupně kombinacemi jednoduchých skupin jednotlivých netěsností do jejich příslušné trasy.
3. Vypočítá se hodnota průtoku vzduchu netěsnostmi kolem dveří Q_D ($m^3 \cdot s^{-1}$).
4. Vypočítá se hodnota průtoku vzduchu netěsnostmi kolem všech oken Q_{window} ($m^3 \cdot s^{-1}$).
5. Vypočítá se hodnota průtoku vzduchu netěsnostmi dveří výtahových šachet Q_{LD} ($m^3 \cdot s^{-1}$), přičemž pokud je ve výtahové šachtě nezávisle zvyšován tlak, předpokládá se, že únik vzduchu touto cestou je zanedbatelný. Jestliže je výtahová šachta bez zvýšeného tlaku napojena na požární předsíň se zvýšeným tlakem nebo na jiný prostor, bude celkový průtok vzduchu záviset na trasách úniku mezi předsíní a výtahovou šachtou na všech podlažích a mezi výtahovou šachtou a venkovním ovzduším.
6. Vypočítá se hodnota průtoku vzduchu netěsnostmi nuceným odsáváním z toalet nebo z jiných prostorů Q_{Tm} ($m^3 \cdot s^{-1}$).
7. Vypočítá se hodnota průtoku vzduchu netěsnostmi jiných existujících tras Q_{other} ($m^3 \cdot s^{-1}$).
8. Vypočítá se celková požadovaná hodnota průtoku přiváděného vzduchu při zavřených dveřích Q_{DC} ($m^3 \cdot s^{-1}$).
9. Ve vztahu k zařízení se určí, které dveře budou otevřeny.
10. Stanoví a následně se posoudí všechny trasy průtoku vzduchu při otevřených dveřích.
11. Vypočítá se celková požadovaná hodnota průtoku přiváděného vzduchu při všech dveřích otevřených Q_{DO} ($m^3 \cdot s^{-1}$).
12. Vypočítá se celková požadovaná hodnota průtoku přiváděného vzduchu při všech příslušných dveřích otevřených včetně přičtení rezervy 15 % na ztráty v potrubí, Q_{SDO} ($m^3 \cdot s^{-1}$).
13. Vypočítá se celková požadovaná hodnota průtoku přiváděného vzduchu včetně přičtení 50 % faktoru pro neznámé úniky, Q_S ($m^3 \cdot s^{-1}$).
14. Určí se větší hodnota pro výkon ventilátoru mezi Q_S ($m^3 \cdot s^{-1}$) nebo Q_{SDO} ($m^3 \cdot s^{-1}$).
15. U zařízení se zvýšeným tlakem se použije větší hodnota z výše vypočítaných Q_S ($m^3 \cdot s^{-1}$) nebo Q_{SDO} ($m^3 \cdot s^{-1}$) pro výpočet požadavků na únik vzduchu z prostorů bez zvýšeného tlaku s otevřenými dveřmi.
16. Vypočítá se příslušná plocha odvětracích otvorů pro únik vzduchu z prostoru se zvýšeným tlakem A_{PV} (m^2).
17. Vypočítá se síla potřebná pro otevření dveří (tzv. síla na kliku) F_{dc} (N).

18. Stanoví se skutečný výkon ventilátoru s přihlédnutím k výpočtu při otevřených a zavřených dveřích.

5.1.3 Řešení nemožnosti dosažení návrhového rozdílu tlaků dle ČSN EN 12101-6

V této kapitole jsou rozvedeny principy řešící nemožnost dosažení návrhového rozdílu tlaků u zařízení pro zvyšování tlaků dle Přílohy B, ČSN EN 12101-6 [28].

Venkovní podmínky jsou jednou z příčin, proč nemůže být možné dosáhnout návrhového rozdílu tlaků, neboť výpočet dle ČSN EN 12101-6 bere v úvahu vztlak způsobený požárem a působení vnějšího větru. Pokud probíhají zkoušky, kde vnější podmínky jsou ovlivňovány silným nebo nárazovým větrem, může být nemožné dosáhnout návrhového rozdílu tlaků [28].

Pokud je očekáváno, že významným faktorem při zkoušce bude komínový efekt, je možno omezit jeho vliv činností zařízení pracujícího na principu rozdílu tlaků po dobu jedné hodiny před zkouškou z důvodu vyrovnání teploty v šachtě a venkovního prostředí [28].

Kromě výše uvedených venkovních podmínek existují dle této normy [28] tři hlavní důvody, které zapříčiňují nemožnost dosáhnout návrhového rozdílu tlaků:

1. Nedostatečný přívod vzduchu do prostor se zvýšeným tlakem.

Pokud není zajištěn dostatečný přívod vzduchu do prostor se zvýšeným tlakem, požadovaný rozdíl tlaků se nevytvoří. Průtok vzduchu do zón se zvýšeným tlakem lze zajistit dvěma způsoby. Prvním způsobem je změřit celkový přívod vzduchu na vstupu do ventilátoru, odečíst netěsnosti potrubí a úměrně ho rozdělit do jednotlivých distribučních prvků podle měření uskutečněných při přejímce. Druhým způsobem je změřit průtok vzduchu z každého distribučního prvku [28].

Pokud je naměřený průtok vzduchu menší než návrhová hodnota, otevřou se určené dveře oddělující prostor se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku a znovu se změří průtok vzduchu. Pokud se při otevřených dveřích zvýší průtok, má se uskutečnit zkouška netěsnosti potrubí a přijmout nápravné opatření [28].

2. Nadměrný únik vzduchu z prostoru se zvýšeným tlakem.

Pokud je naměřen nižší rozdíl tlaků, než je návrhová hodnota, je častým důvodem to, že konstrukce překračuje úroveň netěsnosti povolenou v návrhu. V tomto případě je nutno prověřit těsnění všech prostupů prostorem se zvýšeným tlakem a rovněž prověřit těsnost osazení dveří a velikost netěsností pod nimi, těsnost instalace v mezistrokech atd. [28].

Pokud netěsnosti nepřekročí předpokládanou úroveň, je nutno zvýšit intenzitu přívodu vzduchu a případně zvýšit únik vzduchu z prostorů bez zvýšeného tlaku [28].

3. Nedostatečný únik vzduchu z prostorů bez zvýšeného tlaku

Jestliže se během otevření dveří, mezi prostorem se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku, zvýší přívod vzduchu do prostorů se zvýšeným tlakem, je pravděpodobnou příčinou menší než očekávaná intenzita úniku vzduchu z prostorů bez zvýšeného tlaku [28].

Následujícím postupem by mělo dojít k ověření, zda na všech zařízeních správně funguje větrací zařízení a pokud ano, může být zapotřebí další otvory pro zvýšení úniku vzduchu [28].

6 Rizika při návrhu přetlakového větrání CHÚC

Může být velmi obtížné vyvážit různé požadavky na proudění vzduchu pro vytvoření přetlaku v CHÚC se zavřenými dveřmi a požadovanou rychlostí proudění vzduchu skrze otevřené dveře. Tamura ve své studii [29] uvádí, že žádný z testovaných systémů, které byly studovány, ve skutečnosti nefungoval tak, jak bylo původně zamýšleno. V procesu návrhu existuje mnoho rizik, které je potřeba vzít v úvahu [30].

Nejzásadnějším parametrem, který má zásadní vliv na návrh, je odhad množství úniku vzduchu z chráněného prostoru. Cesty úniku vzduchu mohou zahrnovat schodišťové dveře, okna, mezery ve zdech, dveře výtahů, fasády nebo např. systémy zdvojených podlah. Pro tyto netěsnosti existují standardní odhady, jejichž hodnoty jsou doporučeny v návrhových normách. Aby byl výpočet přetlakového větrání správný a fungoval tak, jak bylo projektantem zamýšleno, musí se spoléhat na to, že tyto jednotlivé proměnné budou shodné od bodu návrhu, přes konstrukci, uvedení do provozu atd., tedy po celou životnost stavby [30].

I když se běžně do návrhu přetlakového větrání zahrnují tolerance, není možné dosáhnout dostatečné flexibility návrhu a přizpůsobení významným změnám v CHÚC. Důsledkem správného a účinného návrhu také znamená, že po počátečním procesu návrhu je velmi obtížné dosáhnout změn jednotlivých součástí, jako jsou např. potrubí, ventilátory nebo např. napájecí zdroje [30].

Výsledky mohou být také ovlivněny klimatickými změnami v den přijímací zkoušky. Tento problém je sice zahrnut v ČSN EN 12101-6 [28], nicméně nebere v úvahu, co se může stát v jiný den za různých větrných nebo teplotních podmínek. Dopad se bude také lišit v závislosti na výšce a umístění budovy, nebo ve městech, kde dochází k velkým změnám teplot v průběhu roku [30].

Počet otevřených dveří v jakémkoli okamžiku je kritický pro stanovení špičkového průtoku ventilátorů přetlakového větrání. V procesu návrhu se předpokládá, že dveře na VP jsou otevřeny a dále jedny dveře na požárním podlaží. Takto stanovené otevření dveřních otvorů nemusí být respektováno v reálné situaci při evakuaci. Jakékoli otevření dveří nad předpokládaný počet může způsobit ztrátu vzduchu, což vede k omezení funkčnosti přetlakového větrání a potenciálně vpustí kouř do CHÚC [30].

Dalším problémem u přetlakového větrání může být síla potřebná pro otevření dveří do CHÚC. Dveře se otevírají do schodišťového prostoru a při působení přetlaku může být osobám při evakuaci zabráněno v tom, aby mohli dveře otevřít [30].

Někteří projektanti přirozeně očekávají, že dodržování jednoduchých výpočtových procesů v konstrukčních normách povede k přijatelnému návrhu, aniž by museli řešit některé složitější konstrukční výzvy. Dále by nemělo být přijatelné, aby projektant přenesl odpovědnost za materiálové specifikace a instalaci na dodavatele, pokud dodavatel nedal naprosto jasně najevo, že rozumí omezením a výzvám. Trváním na takovém důkazu budou konstruktéři nuceni řešit některé z neodmyslitelných problémů, kterým tlakové systémy čelí [30].

Úkolem projektanta je tedy vyvinout návrh přetlakového větrání tím, že správně stanoví primární cíle projektu a zváží řešení na míru, které odpovídá potřebám a rizikům jednotlivého projektu. Dále je nutné navrhnout takový systém přetlakového větrání, který bude spolehlivě plnit svoji funkci po celou životnost stavby a bude odpovídat stanoveným návrhovým požadavkům [30].

7 Přetlakové větrání v zahraničí

V zemích Evropské unie je používána norma EN 12101-6 [28] vydaná Evropským výborem pro normalizaci (CEN). Tyto normy jsou následně přejímány jednotlivými členskými státy a zavedeny do soustav národních norem. Z tohoto důvodu jsou níže zhodnoceny legislativní požadavky přetlakového větrání mimo Evropskou unii, a to ve Spojených státech amerických a Austrálii/Novém Zélandu.

7.1 Americké předpisy

Ve Spojených státech amerických je uplatňována norma *NFPA 92: Standard for Smoke Control Systems* [31]. Tato norma pro systémy pro kontrolu kouře platí pro návrh, instalaci, přejímací zkoušky, provoz a průběžné periodické zkoušení systémů pro regulaci kouře.

NFPA 92 [31] rozděluje typy systémů pro kontrolu kouře do dvou hlavních kategorií: zadržování kouře a řízení kouře. Systém zadržující kouř je systém, který využívá tlakové rozdíly přes bariéru pomocí mechanických prostředků. Systém řízení kouře je systém, který využívá přirozené nebo mechanické systémy k udržení udržitelného prostředí pro velkoobjemové prostory nebo snižuje migraci kouře mezi oblastí původu a jakýmkoli prostory, které mají přímé propojení s touto oblastí původu [32].

Tyto dvě různé kategorie mají několik různých přístupů k návrhu pro každý typ systému. V rámci kategorie zadržování kouře mohou typy systémů zahrnovat následující: přetlakové větrání schodiště, přetlakové větrání výtahu, zónové přetlakové větrání, přetlakové větrání vestibulu a přetlakové větrání úkrytu. Příklady systémů řízení kouře zahrnují odsávání z atria, přirozené větrání a opačné proudění vzduchu [32].

Návrh systému pro přetlakové větrání schodiště, vychází z určení minimálního tlakového rozdílu mezi dvěma kouřovými bariérami (kouřová bariéra = vertikální nebo horizontální souvislá bariéra jako je stěna, podlaha nebo stropní deska, která je navržena a konstruována tak, aby omezovala pohyb kouře ve spojení se systémem kontroly kouře). Požární předsíň není v USA povinná a NFPA 92 [31] o ní nespécifikuje podrobné informace. NFPA 92 [31] pro přetlakové větrání schodiště uvádí různé tlakové rozdíly založené na přítomnosti sprinklerů a výšce stropu prostoru viz *tab. 1*. U sprinklerového systému se očekává, že jeho působením bude mít požár nízkou rychlostí uvolňování tepla a v důsledku toho nižší tlakové rozdíly postačují k zabránění vstupu kouře do chráněného prostoru. Dále tyto stanovené tlakové rozdíly mezi dveřmi nesmí způsobit, že maximální povolená síla pro otevření dveří překročí hodnotu 133 N stanovenou v *NFPA 101* [33] nebo hodnoty stanovené ve státních nebo místních zákonech a předpisech [31, 32].

tab. 1 - Minimální návrhové tlakové rozdíly mezi kouřovými bariérami dle NFPA 92 [31]

Sprinklery v budově	Výška stropu (m)	Návrhový tlakový rozdíl (Pa)
Ano	Jakákoli výška	12,5 Pa
Ne	2,7	25 Pa
Ne	4,6	35 Pa
Ne	6,4	45 Pa

Pozn.:

1) Tabulka uvádí minimální návrhové tlakové rozdíly vyvinuté pro teplotu plynu 927°C vedle kouřové bariéry.

2) Pro účely návrhu musí systém regulace kouře udržovat tyto minimální tlakové rozdíly za specifikovaných návrhových podmínek komínového efektu nebo větru.

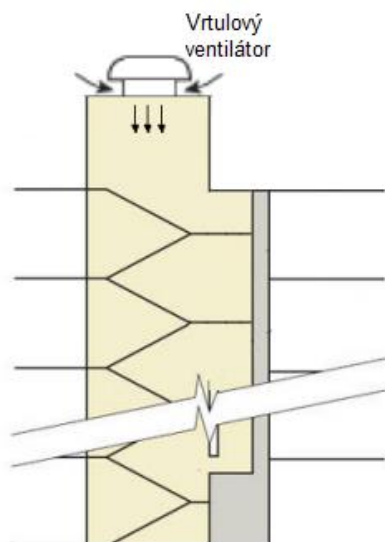
Návrhových tlaků uvedených v *tab. 1* musí být dosaženo při všech zavřených dveřích, s výjimkou dveří, které mají být otevírány pomocí automatických otevíracích zařízení. Toto otevírání dveří slouží jako součást strategie pro regulaci kouře [31].

Zdroj přiváděného vzduchu se umísťuje tak, aby se omezilo pronikání kouře do schodišťového prostoru přes přívod přiváděného vzduchu. Přívod přiváděného vzduchu musí být oddělen od všech výfuků odpadního vzduchu z budovy, vývodů z kouřových šachet a střešních kouřových a tepelných průduchů, otevřených průduchů z výtahových šachet a dalších stavebních otvorů, které by mohly vytlačovat kouř z budovy při požáru [31].

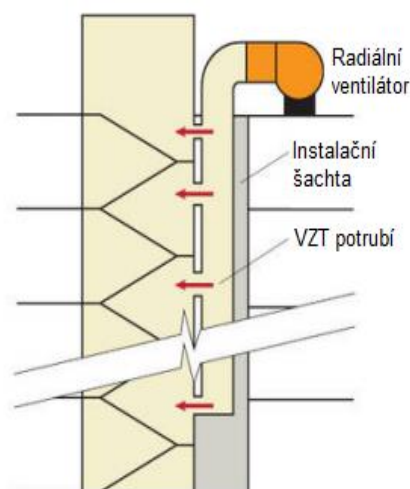
Jako zdroj pro přívod vzduchu se využívají střešní nebo vnější nástěnné vrtulové ventilátory. Vrtulové ventilátory mohou být použity v systémech s jedním místem přívodu vzduchu do schodiště za předpokladu, že pro ventilátor je zajištěn větrolam nebo podobná ochrana. Dále se jako zdroj pro přívod vzduchu využívají radiální nebo řadové axiální ventilátory, které mohou být použity pro systémy s jedním nebo více místy přívodu vzduchu do schodiště [31].

Systém s jedním místem přívodu vzduchu je povoleno použít v jakémkoli místě prostoru schodiště. Pro systém s jedním místem přívodu vzduchu musí být provedena analýza návrhu za předpokladu, že místo přívodu vzduchu je v nejnižším místě schodiště, nebo pokud je schodišťová šachta vyšší než 30,5 m. Nejběžnějším místem přívodu vzduchu u tohoto systému je místo v horní části budovy [31]. Systém s jedním místem přívodu vzduchu je znázorněn na *obr. 4*.

U systémů s více místy přívodu vzduchu musí být provedena analýza návrhu u systémů, které mají jednotlivá místa přívodu vzduchu vzdálené přes více než tři podlaží. Důvodem této analýzy je zjištění, zda tímto rozmístěním nedojde vlivem otevřených dveří k poklesu tlaku ve schodišťovém prostoru pod minimální návrhový tlak [31]. Systém s více místy přívodu vzduchu je znázorněn na *obr. 5*.



obr. 4 - Systém s jedním místem přívodu vzduchu
(graficky upraveno dle [34])



obr. 5 - Systém s více místy přívodu vzduchu
(graficky upraveno dle [34])

7.1.1 Typy systémů dle způsobu udržování přetlaku ve schodišťovém prostoru

7.1.1.1 Nekompenzované systémy

V nekompenzovaném systému je přiváděný vzduch přiváděn do schodišťové šachty pomocí jedno-rychlostního ventilátoru, čímž je zajištěn jeden tlakový rozdíl při otevřených jedné dveřích. Nekompenzované přetlakové větrání schodišťové šachty se využívá především pro schodiště v málo obydlené budově (například: luxusní byty) nebo schodiště, kde vstupní dveře jsou obvykle zavřené, ale při použití zůstávají otevřené pouze na několik sekund [31, 34].

7.1.1.2 Kompenzované systémy

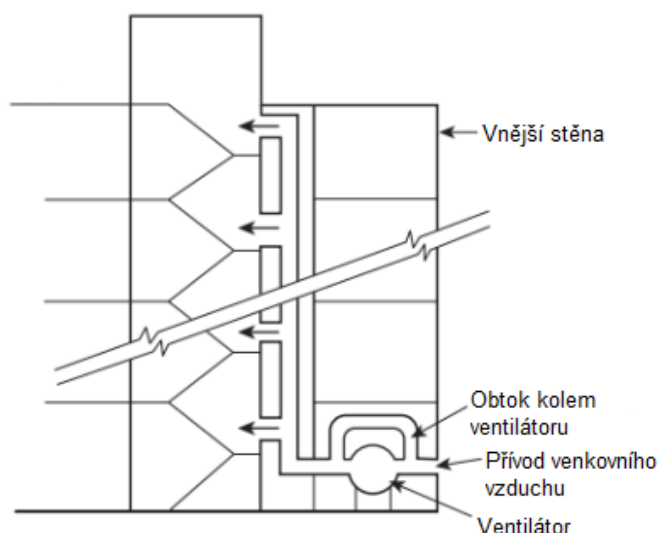
Kompenzované systémy se přizpůsobí různým kombinacím dveří, které jsou otevřené a zavřené, při zachování pozitivních tlakových rozdílů (přetlaků) mezi těmito otvory.

Systémy kompenzují měnící se podmínky buď modulací proudění přiváděného vzduchu, nebo uvolněním nadměrného tlaku ze schodiště. Odezva řídicího systému by měla být pečlivě vyhodnocena, aby bylo zajištěno, že tlaky neklesnou pod hodnoty uvedené v *tab. 1*. Umístění výfuků ze schodišťového prostoru vzhledem k přívodním prvkům by mělo být takové, aby nedocházelo ke zpětnému nasávání do chráněných prostor [31].

7.1.1.3 Kompenzované systémy modulující průtok přiváděného vzduchu

V systému s modulovaným přívodem vzduchu by kapacita přívodního ventilátoru měla být dimenzována tak, aby poskytovala alespoň minimální rychlost vzduchu při otevření návrhového počtu dveří. Průtok vzduchu do schodišťového prostoru je měněn modulačními obtokovými klapkami, které jsou řízeny jedním nebo více snímači statického tlaku, které snímají tlakový rozdíl mezi schodištěm a budovou. Při zavření všech schodišťových dveří se tlakový rozdíl zvětší a obtoková klapka se otevře, aby se zvýšil obtokový vzduch a snížil se průtok přiváděného vzduchu do schodišťového prostoru. Tímto způsobem se zabrání nadměrným tlakovým rozdílům mezi schodištěm a budovou [31].

Tento způsob je možné použít v jakékoli výškové úrovni budovy a jeho provedení je znázorněno na *obr. 6*.



obr. 6 – Přetlakové větrání schodiště s obtokem kolem přívodního ventilátoru
(graficky upraveno dle [31])

Stejného efektu lze dosáhnout použitím odlehčovacích klapek na přívodním potrubí při umístění ventilátoru mimo budovu. Modulace průtoku přiváděného vzduchu může být také provedena změnou rychlosti ventilátoru, vstupních lopatek, variabilního sklonu lopatek ventilátoru nebo počtu provozovaných ventilátorů. Je však třeba vzít v úvahu doby odezvy ovládacích prvků s jakýmkoli systémem [31].

7.1.1.4 Kompenzované systémy s prvky pro uvolnění přetlaku

Kompenzovaného systému lze také dosáhnout pomocí uvolnění přetlaku. V tomto případě se nahromadění tlaku ve schodišťovém prostoru při zavírání dveří uvolňuje přímo ze schodišťového prostoru ven [31].

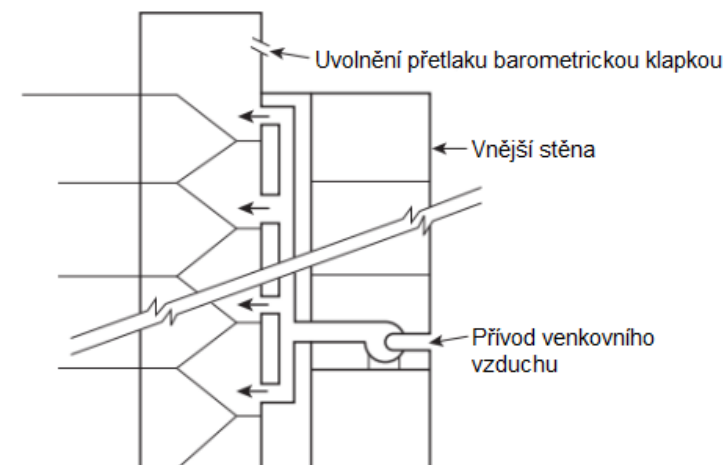
Množství odváděného vzduchu se mění s počtem otevřených dveří, čímž je snaha dosáhnout v podstatě konstantního tlaku ve schodišťovém prostoru. Tam, kde vnější odlehčovací otvory jsou vystaveny nepříznivým účinkům větru, se doporučuje užití větrolamů [31].

Má-li být odlehčení přetlaku zprostředkované vypuštěním do budovy, měly by být důkladně prostudovány účinky na integritu schodišťových šachet a interakci s jinými systémy HVAC v budově (HVAC = vytápění, větrání a klimatizace budov) [31].

Systémy využívající tento princip by měly mít v prostupech stěn schodiště kombinaci požárních/kouřových klapek [31].

Odlehčení přetlaku lze dle [31] provést jedním z následujících způsobů:

- Lze použít barometrické klapky s nastavitelnými protizávažími, které umožní otevření klapky při dosažení maximálního vnitřního tlaku. Jedná se o nejjednodušší a nejlevnější způsob odlehčení přetlaku, protože mezi klapkami a ventilátorem neexistuje žádné fyzické propojení. Umístění klapky by mělo být zvoleno pečlivě, protože klapky umístěné příliš blízko přívodních otvorů mohou fungovat příliš rychle a neumožňují systému splnit požadavky na tlak v prostoru schodiště. Odlehčení přetlaku pomocí barometrických klapek je znázorněno na obr. 7.



obr. 7 – Odlehčení přetlaku pomocí barometrické klapky (graficky upraveno dle [31])

- Další možností odlehčení přetlaku jsou motoricky ovládané klapky s pneumatickými nebo elektromotorickými pohony. Tyto klapky mají být řízeny regulátory diferenčního tlaku umístěnými ve schodišťovém prostoru. Tato metoda poskytuje lepší kontrolu nad tlaky ve schodišti než barometrické klapky, vyžadují častější kontroly a jsou složitější a nákladnější.
- Alternativní způsob odvětrávání schodišťového prostoru je prostřednictvím automaticky otevíraných schodišťových dveří nebo větracího otvoru do venkovního prostoru na úrovni terénu. Za normálních podmínek by tyto dveře byly z bezpečnostních důvodů zavřené a ve většině případů zamčené. Měla by být přijata patřičná opatření, která zajistí, že tento zámek nebude bránit automatickému systému v provozu. Problémem tohoto systému využívající otvor do exteriéru na úrovni terénu jako např. větrací otvor může být působení nepříznivých účinků větru. V blízkosti venkovních schodišťových dveří se občas vyvinou vysoké místní rychlosti větru, které se v okolí novostaveb bez nákladného modelování těžko odhadují. Systémy využívající větrací otvory do venkovního prostoru na úrovni terénu jsou účinnější za chladných podmínek a využívají komínový efekt, který napomáhá systému přetlakového větrání schodišťového prostoru především pro části schodiště nad úroveň terénu.
- K zamezení nadměrného tlaku lze použít odtahový ventilátor za předpokladu, že veškeré dveře do schodiště jsou uzavřené. Ventilátor by měl být řízen snímačem diferenčního tlaku nakonfigurovaným tak, že se ventilátor nespustí, pokud rozdíl tlaků mezi schodištěm a budovou klesne pod stanovenou úroveň. Takový výfukový ventilátor by měl být specificky dimenzován tak, aby tlakový systém fungoval v rámci návrhových parametrů. Pro dosažení požadovaného výkonu se má za to, že řízení výfukového ventilátoru by mělo být modulačního typu na rozdíl od typu „vypnuto-zapnuto“. Pokud bude výfukový ventilátor nepříznivě ovlivňován větrem, doporučuje se využití větrolamu.

7.2 Australské a novozélandské předpisy

Australský stavební zákon vyžaduje takový systém přetlakového větrání schodiště, který zajistí, že obyvatelé budovy budou mít v případě požáru dostatek času na evakuaci, tj. než se schodiště stane nepoužitelným. Systém přetlakového větrání schodiště v Austrálii a Novém Zélandu musí být v souladu s normou AS/NZS 1668.1:2015 [35] a udržován dle ročního plánu požární údržby a certifikace.

Dále je potřeba si ujasnit terminologii, která se v této normě používá. Jedná se o označování termíny „požárně izolovaný“ a „požárně izolovaný východ“. První pojem „požárně izolovaný“ označuje oddělení požárně odolnou konstrukcí. Druhý pojem „požárně izolovaný východ“ označuje jakékoli požárně izolované schodiště, rampu a horizontální průchod, ať už se používá jednotlivě, nebo v kombinaci, který poskytuje východ z patra nebo uzavřeného prostoru na silnici nebo volné prostranství [35].

7.2.1 Obecné požadavky na VZT systémy používané pro regulaci kouře

Existují různá uspořádání VZT systémů, která mohou být použita k dosažení cíle, kterým je regulace kouře. V této kapitole jsou popsány požadavky na součásti a aspekty společné těmto VZT systémům dle AS 1668.1:2015 [35].

Vnější otvory musí být umístěny tak, aby se snížilo riziko kontaminace přívodů venkovního vzduchu a přívodu doplňovacího vzduchu kouřem. Sání pro požárně izolované výstupní přetlakové systémy musí být oddělené a umístěné tak, aby se minimalizovalo riziko kontaminace požárně izolovaných východů, s výjimkou případů, kdy sání slouží pouze jednomu nadzemnímu a jedinému podzemnímu přetlakovému východu [35].

Směr proudění vzduchu v systému odvodu kouře musí být takový, aby napomáhal přirozenému proudění kouře. Bez ohledu na to, zda je směr zpětného toku vzduchu za normálních provozních podmínek nahoru nebo dolů, je požadováno, aby proud vzduchu odváděného kouřem směřoval vždy nahoru [35].

Hladina hluku v obydlených prostorách během provozu systémů pro regulaci kouře (včetně ventilátorů pro odvod kouře a ventilátorů pro stlačování vzduchu) nesmí překročit 65 dB. Pokud vnitřní hladina okolního hluku při obsazení přesahuje 60 dB, systémy pro regulaci kouře nesmějí překročit 5 dB nad vnitřními hladinami okolního hluku při obsazení, a to až do maximální úrovně 80 dB, která je stanovena pro požárně izolované východy. Tímto omezením je eliminována hrozba, kdy úroveň hluku mohou narušovat příkazovou komunikaci a bezpečnou evakuaci osob z objektu [35].

Aby bylo zajištěno, že východy budou vždy dostupné, je důležité, aby maximální síla potřebná k otevření dveří nepřesáhla hodnotu 110 N (síla kombinovaného účinku rozdílu tlaku vzduchu a případného samozavíracího mechanismu). Tento limit platí pro všechny systémy pro regulaci kouře bez ohledu na to, zda jsou východy pod tlakem či nikoli [35].

Každý ventilátor pro odvod kouře (kompletní se všemi souvisejícími součástmi) musí být konstruován a instalován tak, aby byl schopen nepřetržitého provozu a indikace stavu při svém jmenovitém výkonu. Dále musí ventilátor obsluhující chráněné části budovy pracovat po dobu nejméně 2 hodin s teplotou vzduchu odváděného kouřem 200 °C za předpokladu, že je v budově nebo části budovy instalován sprinklerový systém. V budově nebo části budovy, která není chráněna sprinklerovým systémem, musí ventilátor pracovat po dobu nejméně 30 minut s teplotou vzduchu odváděného kouřem 300 °C [35].

Elektrická zařízení požadovaná pro provoz v režimu regulace kouře, včetně motorů, spouštěčů a regulátorů rychlosti, musí být zvolena tak, aby splňovala všechny specifické požadavky dle AS 1668.1:2015 [35] a poskytovala vysoký stupeň spolehlivosti za podmínek pravděpodobného požáru. Pojistka proti přetížení pohonů s proměnnými otáčkami spojená s ventilátory pro odvod kouře musí být při provozu v požárním režimu automaticky potlačena.

Systémy musí být automaticky spouštěny v souladu s požadavky na regulaci kouře dle AS 1670.1 [36]. Ovládací a indikační panel požárního ventilátoru a způsob přenosu a rozhraní k systémům pro regulaci kouře musí být zajištěny v souladu s AS 1670.1 [36].

Jsou-li pro zařízení potřebného pro provoz v režimu požáru použity neelektrické řídicí systémy (např. pneumatické ovládání nebo dálkové kabelové systémy), musí tyto celé řídicí systémy, včetně centrálního zdroje energie, potrubí, kabeláže a koncového zařízení, být chráněny proti mechanickému poškození a zachovat si požadovanou integritu během požáru [35].

7.2.2 Zónové přetlakové systémy

V této kapitole jsou stanoveny požadavky na systémy, které jsou požadovány k zajištění zónové regulace kouře pomocí přetlakového systému.

7.2.2.1 Konfigurace systému

Konfigurace zónových přetlakových systémů musí dle [35] splňovat následující:

- Odváděný kouř z prostoru zasaženého požárem musí být odváděn přímo do exteriéru.
- Odváděný vzduch/vzduch použitý k vytvoření přetlaku z prostorů nezasažených požárem musí být řízen.
- Neznečištěný venkovní vzduch musí být přiváděn nebo doplňován do všech nepožárně zasažených prostorů takovou rychlostí, aby byl v nezasažených požárních prostorech udržován přetlak vzhledem k požárem zasaženému prostoru.
- Natlakování požárně izolovaných východů musí být v souladu s *kapitolou 7.2.3.4*.

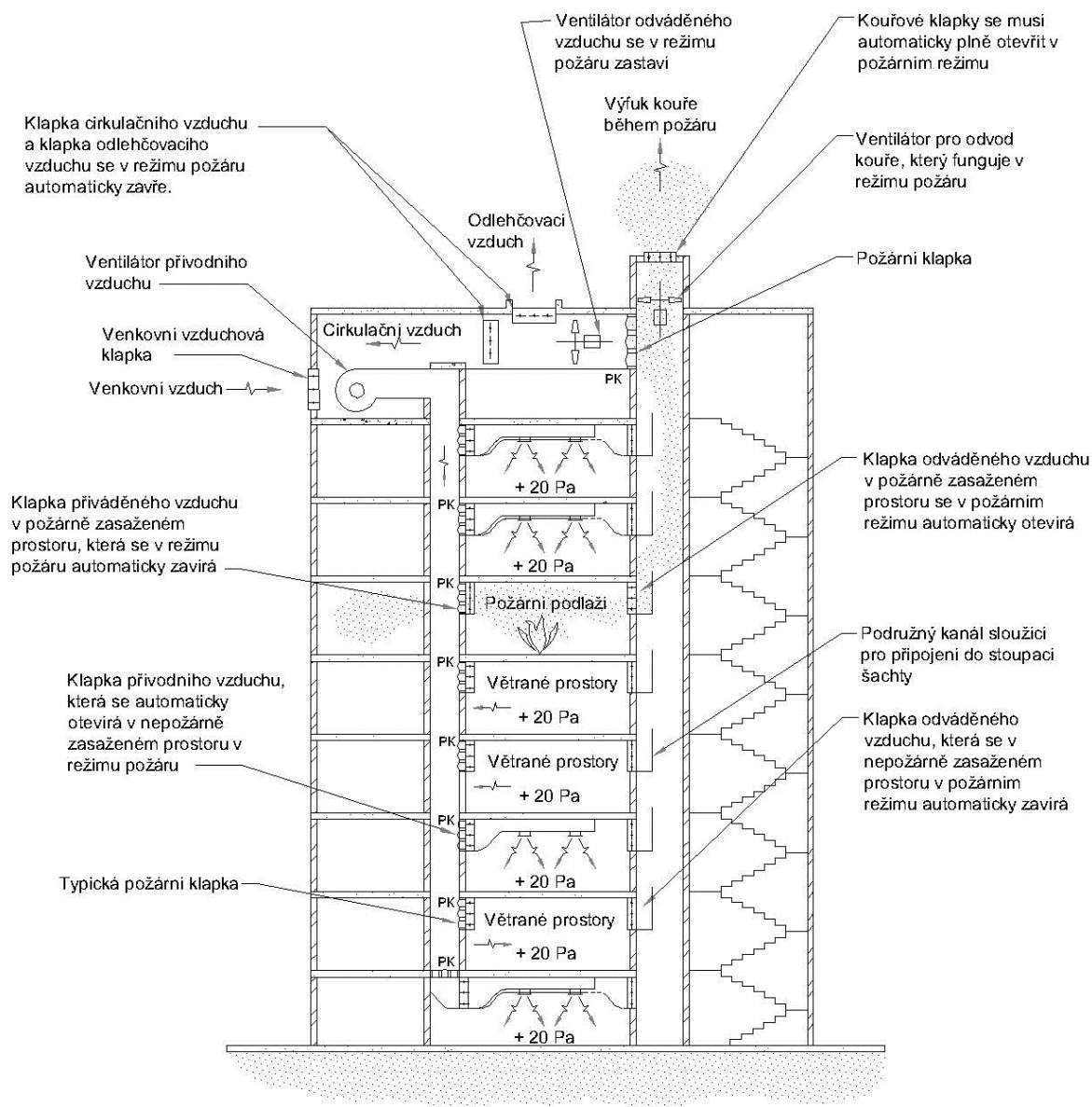
Primární účinky konfigurace zónového přetlakového systému dle [35] jsou:

- omezit šíření kouře z požárem zasaženého úseku do požárem nezasaženého úseku prostřednictvím potrubí a šachet vzduchotechnického systému;
- omezit šíření kouře z požárem zasaženého úseku do požárem nezasaženého úseku po menších cestách;
- napomáhat odvádění kouře z požárem zasaženého prostoru;
- omezit šíření kouře do výtahových šachet; a
- omezit šíření kouře do požárně izolovaných východů.

U zónových přetlakových systémů mohou být výstupy plně natlakovány s využitím úniku vzduchu z přetlakových nehořlavých prostorů přes mezery kolem dveří. Toto uspořádání pravděpodobně splní výkonnostní kritéria tam, kde se jedná o 10 nebo více podlaží. Pod tímto číslem mohou být zapotřebí speciální odlehčovací otvory do požárně izolovaného východu nebo kombinovaný systém [35].

Nesprávná identifikace úseku nebo nesprávná signalizace klapek může mít za následek spuštění přetlakového větrání v požárně zasaženém úseku. To by mohlo mít za následek vytlačení kouře do jiných úseků a požárně izolovaných východů (zejména pokud nejsou samostatně pod tlakem) s potenciálně katastrofálními následky [35].

Typické uspořádání zónového přetlakového systému je znázorněno na *obr. 8*.



obr. 8 – Zónový přetlakový systém s uspořádáním nad obslužným prostorem (graficky upraveno dle [35])

7.2.2.2 Výkonnostní kritéria

Při zahájení požárního režimu musí zónové přetlakové systémy fungovat tak, aby se tlak v požárně zasaženém úseku udržoval mezi 20 Pa a 80 Pa pod úrovní tlaku ve všech požárem nezasažených zónách regulací kouře (včetně sousedních požárních nebo kouřových úseků, které nejsou obsluhované zónovým přetlakovým systémem). Je obecně přijímáno, že přetlak kolem 20 Pa v nepožárně zasažených prostorech s ohledem na požárem zasažený prostor minimalizuje šíření kouře.

Vyšší tlak by měl být navržen tam, kde výška stropu přesahuje 3 m. Pro stropy vysoké 6 m se doporučuje 40 Pa. Systém by měl být navržen tak, aby udržoval odpovídající tlakový rozdíl za pravděpodobných podmínek komínového efektu a účinku větru [35].

Horní limit může být nezbytný, aby se předešlo problémům s provozem systémů (např. výtahové dveře, požární schodišťové dveře). V praxi však mohou být vysoké tlakové rozdíly přijatelné na základě konkrétního projektu za předpokladu, že bude prokázáno, že tlakovým rozdílem nebudou provoz systému nepříznivě ovlivněn [35].

7.2.2.3 Kouřový výfukový systém

S výjimkou případů, kdy jsou začleněna opatření pro odlehčení kouře, musí být instalován jeden nebo více ventilátorů pro odvod kouře, které budou obsluhovat každý oddíl [35].

Kapacita výfuku musí být založena na venkovní teplotě a tlaku (bez požáru) a na množství potřebném k dosažení výkonnostních parametrů. Kapacita ventilátoru by dle [35] měla být dána součtem:

- objemu doplňovaného vzduchu vstupujícího do největšího oddělení, když jsou všechny požadované dveře obsluhující tento prostor otevřené;
- u centrálních systémů, které obsluhují více oddělení, objemu unikajícího vzduchu spojeného s uzavřenými vzduchovými klapkami, které jsou propojeny s jinými odděleními, které nejsou zasaženy požárem; a
- objemu uniklého vzduchu drobnými přívodními a výfukovými systémy, výtahovými šachtami, servisními prostupy, stavebními mezerami a podobně.

7.2.3 Systémy ochrany požárně izolovaných východů

Hlavním principem ochrany požárně izolovaných východů je, že požárně izolovaný východ je natlakován venkovním vzduchem tak, aby se vytvořil tlakový rozdíl mezi požárně izolovaným východem (svislým a horizontálním) a obsazeným prostorem [35].

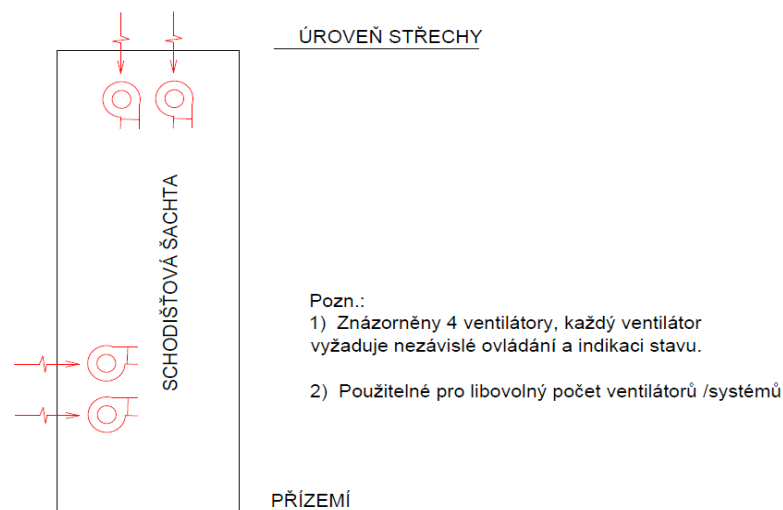
Systém ochrany požárně izolovaných východů může být zajištěn vyhrazenými přetlakovými systémy, systémy závislými na přetlaku v zóně a kombinací těchto systémů.

7.2.3.1 Vyhrazený přetlakový systém

Ke každému požárně izolovanému východu v objektu musí být instalován samostatný vyhrazený přetlakový systém, pokud není systém uspořádán dle kapitoly 7.2.3.2. Cílem návrhu vyhrazeného přetlakového systému je zabránit selhání jednoho systému ovlivňujícího všechny požárně izolované východy v objektu [35].

Komponenty vyhrazeného přetlakového systému by měly mít stejnou ochranu proti požáru v budově jako samotné konstrukce požárně izolovaného východu, a proto by komponenty vně tohoto východu měly být chráněny konstrukcí mající alespoň stejnou úroveň požární odolnosti. V případě pohonů s proměnnými otáčkami a souvisejících řídicích zařízení snímajících tlak je ideální umístění v požárně izolovaném východu, v blízkosti obsluhovaného ventilátoru [35].

Schématické umístění ventilátorů vyhrazeného přetlakového systému je znázorněno na obr. 9.



obr. 9 – Schématické umístění přetlakových ventilátorů v požárně izolovaném východu (graficky upraveno dle [35])

7.2.3.2 Systémy závislé na přetlaku v zóně

Pokud se zónové přetlakové systémy používají k zajištění přetlakového větrání požárně izolovaného východu bez nutnosti vyhrazených přetlakových systémů, musí být dle [35] splněno jedno z následujících kritérií:

- Je zajištěno více venkovních přívodů vzduchu, každý spojený s individuálním vzduchotechnickým zařízením, které obsluhuje maximálně jeden samostatný požární úsek budovy.
- Tam, kde vzduchotechnické zařízení využívá společnou komoru pro průchod vzduchu (vzduchový prostor nebo komora vzdálená od vzduchotechnického zařízení, určená pro průchod vzduchu, ke které může být připojeno jedno nebo více potrubí), jako je například instalace centrálního zařízení zásobujícího několik podlaží v celé budově, musí být:
 - zajištěny samostatné přívody venkovního vzduchu, uspořádané pro automatickou volbu provozního nebo pohotovostního použití řízené klapkami z aktivace detektoru kouře a musí obsahovat dva ventilátory nebo ventilátory s duálním pohonem; nebo
 - počet centrálních vzduchotechnických jednotek musí překročit tři a všechny musí být automaticky uspořádány pro provozní nebo pohotovostní provoz, přičemž všechny využívají samostatné přívody vzduchu a místa ovládaná klapkami z aktivace detektorů kouře
- Musí být instalována kombinace jak vyhrazeného přetlakového systému, tak úniku vzduchu z přetlakových prostorů.

7.2.3.3 Kombinovaná uspořádání

Je běžnou praxí instalovat kombinovaná uspořádání zónového přetlakového větrání a vyhrazených přetlakových systémů požárně izolovaných východů ve vícekomorových kancelářských budovách (budova obsahující dva nebo více požárních nebo kouřových úseků, u nichž je vyžadováno oddělení odolné proti požáru nebo kouři), přestože tato uspořádání jsou komplikovanější než systémy, které při dosažení výstupního přetlaku zcela závisí na netěsnostech z přetlakových oddílů [35].

Velké množství komponent může zkomplikovat vyvážení takovýchto systémů, ale mohou však být účinné při překonávání netěsností budov a podobně mohou být nezbytné pro modernizaci stávajících budov, kde je přetlakové větrání zajišťováno zónovým přetlakovým systémem a rychlost vzduchu (u únikových dveří) je zajišťována z vyhrazeného přetlakového systému požárně izolovaného východu [35].

Tam, kde zónové přetlakové systémy používají společnou venkovní vzduchovou šachtu, není přetlakové větrání zajištěné únikem vzduchu z přetlakových podlaží vhodné, protože takový systém by normálně obsahoval pouze jeden venkovní vzduchový ventilátor a jeden přívod. Proto by východy nebyly opatřeny žádnou formou zálohy. Alternativou k výše uvedenému je zajištění dvou ventilátorů nebo ventilátoru s duálními pohony spolu se dvěma samostatnými vstupy, z nichž každý je řízen detektory kouře a vzduchovými klapkami. Místo toho může být také instalován vyhrazený přetlakový systém, který obsluží více než jeden východ a bude fungovat jako záloha, pokud by selhal systém přetlakového větrání společné zóny [35].

Možnosti, které dle [35] mohou přicházet v úvahu, jsou následující:

- Dva ventilátory obsluhované dvěma samostatnými vstupy se zpětnou klapkou, kde je to nutné.
- Použití centrálního zařízení, kde jsou přívody vzduchu do různých systémů široce odděleny.
- Vyhrazené přetlakové systémy požárně izolovaných východů, z nichž každý je vybaven detektory kouře.

7.2.3.4 Výkonnostní kritéria

K zajištění ochrany požárně izolovaných východů, musí přetlakový systém dle [35] splňovat následující požadavky:

- Přetlakový systém musí udržet rychlost vzduchu z požárně izolovaného východu přes každý vchod do požárně zasaženého prostoru nejméně $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ v průměru po celé ploše každého vchodu za předpokladu, že jsou otevřeny následující dveře:
 - Všechny dveře z požárně izolovaných východů do požárně zasaženého prostoru.
 - Hlavní únikové dveře ze všech požárně izolovaných východů.
 - Všechny ostatní dveře do prostorů nezasažených požárem musí být zavřené.
- Přetlakový systém musí vyhovovat požadavkům na sílu otevírání dveří (maximální síla potřebná k otevření dveří nepřesáhne hodnotu 110 N)
- Přetlakový systém musí být automaticky řízen tak, že když činnost dveří nebo jiné faktory způsobí významné změny v proudění vzduchu a tlaku (ve vztahu k vnějšímu prostředí budovy), výkon systému se obnoví s minimálním zpožděním nepřesahujícím 10 s.
 - Snímání tlaku pro ovládání otáček ventilátoru by mělo být rovnoměrně rozloženo, v ideálním případě ne méně než 1/3 a 2/3 výšky požárně izolovaného východu (platí pro instalaci dvou ventilátorů), nebo blízko středu požárně izolovaného východu (pro instalaci jednoho ventilátoru)
- Požadovaného výkonu musí být dosaženo a udržováno se všemi ostatními systémy pro regulaci kouře nebo systémy přetlakového větrání, které pracují současně v souladu s příslušnými kritérii pro každý systém.

- Bez ohledu na výše uvedené požadavky na průměrnou rychlost musí proudění přes horní dvě třetiny dveří do požárně zasaženého úseku směřovat od schodiště do požárně zasaženého úseku. Od tohoto požadavku se upustí, pokud lze při zkoušce prokázat, že případný zpětný tok není škodlivý pro bezpečný provoz.

7.2.3.5 Únik vzduchu z budovy

V každém oddělení musí být učiněna opatření, aby bylo možné uvolnit nebo vypustit proudění vzduchu, a to buď mechanickými, nebo nemechanickými prostředky [35].

Systemy zónového přetlakového větrání a čištění vzduchu mají vlastní odlehčení prostřednictvím opatření pro odvod kouře [35].

Systemy využívající přetlakové větrání výtahové šachty a požárně izolovaného východu samy o sobě budou potřebovat specifická opatření pro odlehčení/odsávání. Zabudování pevného větracího otvoru v horní části schodiště (do vnější strany budovy) může pomoci odstranit veškerý kouř, který se dostal do schodišťové šachty, a zabránit nadměrnému přetlaku ve schodišťové šachtě [35].

Pokud se k uvolnění výstupního přetlakového vzduchu z oddělení používají nemechanické odlehčovací systémy, platí dle [35] následující zásady:

- Odlehčovací kanály nebo ventilační otvory z jednoho oddílu nesmějí být připojeny k žádnému jinému oddílu ani mu nesmí sloužit.
- Odlehčovací kanály nebo ventilační otvory procházející oddíly jinými, než je obsluhovaný oddíl, musí být uzavřeny v konstrukci s požární odolností, která není menší, než je požadováno pro konstrukci oddělující jednotlivé oddíly.
- Vnější otvory těchto systémů musí být umístěny na vrcholu budovy v konfiguraci, která nemůže být nepříznivě ovlivněna místními větrnými podmínkami. Alternativně musí být vnější otvory takových systémů zdvojeny a každý ze dvou otvorů pro každé oddělení musí být umístěn na přiměřeně protilehlých stranách budovy a dimenzován tak, aby veškerý odlehčený proud vzduchu mohl být vyveden každým otvorem.

Tam, kde jsou proudy výstupního přetlakového vzduchu do oddělení odlehčeny mechanickým výfukovým systémem, musí být navržen a instalován jako systém pro odvod kouře v souladu s požadavky normy AS/NZS 1668.1:2015 [35].

Mechanický odlehčovací systém navržený a nainstalovaný jako systém odvodu kouře musí být napájen ze základního napájení budovy [35].

7.3 Porovnání zahraničních požadavků pro návrh přetlakového větrání s požadavky ČR

V následujících kapitolách jsou porovnány požadavky pro návrh přetlakového větrání výše uvedených zahraničních norem s požadavky pro návrh přetlakového větrání v ČR. Dále tyto kapitoly popisují co zmíněné normy řeší/neřeší nad rámec norem používaných v ČR.

7.3.1 Porovnání požadavků pro návrh přetlakového větrání mezi USA a ČR

Norma NFPA 92 [31] používaná v USA pro návrh přetlakového větrání schodiště, vychází z určení minimálního tlakového rozdílu mezi dvěma kouřovými bariérami. Požární předstíň není v USA povinná a NFPA 92 [31] o ní nespécifikuje podrobné informace. Tyto hodnoty tlakových

rozdílů jsou založené na přítomnosti sprinklerů a výšce stropu prostoru viz *tab. 1*. Dále tyto stanovené tlakové rozdíly mezi dveřmi nesmí způsobit, že maximální síla pro otevření dveří překročí hodnotu 133 N.

V porovnání s požadavky v ČR jsou návrhové rozdíly tlaků mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku nižší. V těchto prostorách v ČR musí být vůči navazujícím PÚ dosaženo přetlaku nejméně 50 Pa (v USA tato hodnota činí 25 - 45 Pa dle výšky stropu). Jestliže jsou přilehlé PÚ vybaveny SSHZ, musí hodnota přetlaku dosahovat nejméně 25 Pa (v USA tato hodnota činí 12,5 Pa s jakoukoli výškou stropu).

Celkový přetlak v ČR dále nesmí přesáhnout maximální hodnotu 60 Pa. Omezení hodnoty přetlaku v USA je dáno pouze maximální silou pro otevření dveří, která nesmí překročit hodnotu 133 N (tento požadavek pro maximální sílu pro otevření dveří je v ČR stanoven hodnotou 100 N).

Dále je v ČR nad rámec požadavků NFPA 92 [31] vycházeno z druhého návrhového scénáře, který stanovuje průtok přiváděného vzduchu do prostoru CHÚC z požadavku pro zajištění minimální rychlosti proudění vzduchu skrze otevřené dveře.

7.3.2 Porovnání požadavků pro návrh přetlakového větrání mezi Austrálií a ČR

Australská norma AS 1668.1:2015 [35] využívá pro ochranu schodišťového prostoru dva odlišné principy ochrany, které jsou založené na způsobu přetlakového větrání schodiště, nebo zónové regulace kouře pomocí přetlakového větrání ostatních prostorů. Běžnou praxí je také instalovat kombinovaná uspořádání obou zmíněných principů.

Způsob zónového přetlakového systému, který se v ČR nenavrhuje viz *obr. 8*, je založen na přívodu vzduchu do prostor nezasazených požárem. Při zahájení požárního režimu se tak v těchto prostorech vyskytuje vyšší hodnota tlaku oproti požárem zasaženému prostoru, která se udržuje mezi hodnotou 20-80 Pa. Klapky přívodního vzduchu do prostor nezasazeným požárem se automaticky otevírají, v požárem zasaženém prostoru zůstává tato klapka uzavřená. Odvodní klapka v požárem zasaženém prostoru se naopak automaticky otevírá a v prostorech nezasazených požárem zůstávají tyto klapky uzavřené. Tímto nastavením automaticky ovládaných klapek (adresně otevíratelných/uzavíratelných podle místa vzniku požáru) společně s výše popsáním rozdílem tlaků a ventilátorem pro odvod kouře je docíleno úniku kouře z místa vzniku požáru přímo do exteriéru.

Oproti australskému zónovému přetlakovému systému proudí větrací vzduch v ČR pouze z chráněných prostor se zvýšeným tlakem (CHÚC) do prostor sousedních PÚ na podlaží, kde hoří a skrze ně ven z budovy. Pro tento požadavek jsou v budově instalována zařízení pro únik vzduchu a kouře z budovy.

K zajištění ochrany požárně izolovaných východů musí přetlakový systém u obou principů ochrany splňovat následující požadavky dle australské normy AS 1668.1:2015 [35]. Přetlakový systém musí udržet rychlost vzduchu z požárně izolovaného východu přes každý vchod do požárně zasaženého prostoru nejméně $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ v průměru po celé ploše každého vchodu. Dále musí přetlakový systém vyhovovat požadavkům na maximální sílu potřebnou k otevření dveří, která nesmí přesáhnout hodnotu 110 N.

Australská norma tedy nestanovuje návrhové rozdíly tlaků mezi schodišťovou šachtou a přilehlými prostory (požadavky pro rozdíl tlaků jsou uvedeny pouze pro zónový přetlakový systém). Kritérium rychlosti proudění vzduchu skrze otevřené dveře je v ČR stanoveno rychlostí $0,75\text{-}2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ v závislosti na požární výšce h , nebo pokud jde o zásahovou cestu viz *kapitola 5.1*. Požadavek pro maximální sílu pro otevření dveří je v ČR stanoven hodnotou 100 N.

Zajímavým návrhovým požadavkem, který však australská norma řeší nad rámec požadavků v ČR je vnitřní hladina hluku.

Hladina hluku v obydlených prostorách během provozu systémů pro regulaci kouře (včetně ventilátorů pro odvod kouře a ventilátorů pro stlačování vzduchu) nesmí překročit 65 dB. Pokud vnitřní hladina okolního hluku při obsazení přesahuje 60 dB, systémy pro regulaci kouře nesmějí překročit 5 dB nad vnitřními hladinami okolního hluku při obsazení, a to až do maximální úrovně 80 dB, která je stanovena pro požárně izolované východy. Tímto omezením je eliminována hrozba, kdy úrovně hluku mohou narušovat příkazovou komunikaci a bezpečnou evakuaci osob z objektu [35].

8 Ověřování funkčnosti přetlakového větrání CHÚC

Pro možnosti ověřování funkčnosti požárního větrání vydalo Ministerstvo vnitra – generální ředitelství HZS ČR metodický postup pro ověřování funkčnosti požárního větrání. Jedná se o metodickou pomůcku upravující ověřování funkčnosti nucených, přetlakových a kombinovaných systému větrání. Tato příručka je určena především pro projektanty PBŘ, projektanty a dodavatele požárního větrání a příslušníky Hasičského záchranného sboru České republiky [25].

Dle vyhlášky č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění pozdějších předpisů [37], musí projektová dokumentace stavby obsahovat PBŘ. V tomto PBŘ musí být uvedeny požadavky na vybavení stavby PBZ [17, 38]. Státní požární dozor provádí dle zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů [39] posuzování projektové dokumentace v rozsahu PBŘ a následné ověřování na stavbě, zda byly dodrženy podmínky této dokumentace [25].

Osoba, která provedla montáž PBZ, sepisuje doklad o montáži. Dále před uvedením PBZ do provozu zabezpečuje provedení funkční zkoušky, při které je ověřováno, zda instalované zařízení odpovídá všem projekčním a technickým požadavkům na jeho požárně bezpečnostní funkci [25].

Po zprovoznění stavby musí být dokladem prokazovány veškeré kontroly provozuschopnosti, údržeb a oprav. Kontrola PBZ se provádí v rozsahu stanoveném právními předpisy, normativními požadavky a průvodní dokumentací jeho výrobce nejméně jednou za rok, pokud výrobce, ověřená projektová dokumentace nebo prováděcí dokumentace anebo posouzení požárního nebezpečí nestanoví lhůty kratší [38].

8.1 Zkušební postupy a měření fyzikálních veličin

Při ověření funkčnosti přetlakového větrání jde především o ověření a průkazné doložení výkonných parametrů, které byly stanoveny v projektové dokumentaci. Větrací zařízení musí tyto stanovené parametry splnit v kterékoli době. Při ověřovacích měřeních musí být dodrženy veškeré zásady měření [25].

Při ověřování větracího zařízení je postupováno stejným způsobem jako při předávkách a přejímkách běžných větracích zařízení [25, 40, 41].

Pro ověření je tedy nutné provést následující kroky, a to ve stanoveném pořadí [40]:

- kontroly úplnosti zařízení;
- kontroly funkčnosti zařízení;
- měření parametrů zařízení;
- speciální měření;
- protokoly o zkoušce.

Kontrola úplnosti zařízení spočívá v ověření, zda byla instalace provedena dle specifikace a v souladu s příslušnými předpisy. V této kontrole se provádí kontrola komponentů dle specifikace, správnost provedení instalace, kontrola přístupnosti zařízení vzhledem k provozu a požadavkům na jeho údržbu a čištění [42], kontrola čistoty zařízení dle [43], kontrola provozních dokumentů, kontrola, zda bylo zařízení seřízeno a kontrola, zda byla provedena zkouška těsnosti [40].

Kontrola funkčnosti zařízení spočívá v prokázání provozuschopnosti při různých provozních podmínkách v souladu s příslušnými technickými předpisy a specifikacemi. Touto kontrolou se prokáže, zda jednotlivé prvky zařízení jsou řádně nainstalovány [40]. Ověřuje se například zkouškou chodu zařízení s ověřením vazby na související zařízení, simulace požárního stavu nebo ověření chodu při simulovaném výpadku elektrické energie. Dále se kontroluje zaškolení a poučení odpovědných osob a obsluhujícího personálu [25].

Měření parametrů zařízení se provádí za účelem poskytnutí záruky, že zařízení dosahuje návrhových podmínek a předepsaných provozních bodů, jak byly stanoveny, tedy že dosahuje návrhových hodnot a je schopno plnit deklarovanou požárně bezpečnostní funkci [25, 40].

Mezi hlavní měřené fyzikální veličiny patří:

- měření rychlosti proudění vzduchu ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),
- měření rozdílu tlaků (Pa),
- měření síly potřebné k otevření dveří do chráněné únikové cesty (N).

Přehled sledovaných a měřených fyzikálních veličin pro přetlakové požární větrání je znázorněn v *tab. 2*.

tab. 2 - Přehled sledovaných a měřených fyzikálních veličin pro přetlakové větrání CHÚC (graficky upraveno dle [25])

Přetlakové odvětrání CHÚC B, C	Objemový průtok přívodního vzduchu	Rychlost ve vzduchovodu
		Rychlost ve výústkách
		Rychlost v přívodní žaluzii
	Rychlost v otevřených dveřích	
	Rozdíl tlaků	
	Síla pro otevření dveří	

Speciální měření je další možností pro ověření požárního větrání, a to pokud měření funkčnosti nejsou dostatečná k ověření kvality zařízení v požadovaném rozsahu přesnosti, nebo pro zjištění příčiny, pokud není dosaženo některého z výkonových parametrů zařízení. Toto měření může vyžadovat značné množství zvýšení objemu práce a jejich nákladů, dále může vyžadovat další speciální měřicí přístroje [25, 40].

Program, parametry, přístroje a místa měření musí být schváleny samostatně, přičemž mají být dohodnuty také přípustné nejistoty naměřených výsledků. Měření smí být prováděno pouze osobami, které mají potřebnou kvalifikaci. Toto měření se smí omezit pouze na část vybavení nebo součásti v daném zařízení [40].

Při stanovení nejistoty měření se berou v úvahu nejistoty způsobené vlivem místa měření, nejistoty odečtu, nejistoty středních hodnot, chyby měřicího zařízení, nejistota vlastností látek a nejistoty převodu. Nejistoty měření se mají pokud možno odhadnout před zahájením měření a na základě tohoto odhadu je spočítat a zaznamenat do protokolů o měření [40].

Protokoly o zkoušce jsou nutným předpokladem pro předání zařízení. Tento předávací protokol musí obsahovat obecnou část, inspekční protokoly o kontrole kompletnosti a funkčnosti, protokoly o výsledcích měření zkoušek funkčnosti a speciálních měřeních a celkové shrnutí výsledků zkoušek [40].

8.1.1 Měření rychlosti proudění vzduchu a stanovení objemového průtoku vzduchu

Objemový průtok přírodního vzduchu je stanoven ze střední rychlosti proudění. Pro stanovení střední rychlosti proudění je však nutné změřit rychlost proudění vzduchu v prostorech CHÚC [25].

Pro měření rychlosti proudění vzduchu a následného stanovení objemového průtoku přírodního vzduchu CHÚC je možné využít následujících způsobů [25]:

- měření rychlosti proudění ve vzduchovodech (potrubí),
- měření rychlosti v koncových distribučních prvcích (vyústkách),
- měření rychlosti na přírodních nebo výfukových žaluziích.

Dále je pro ověření a prokázání funkčnosti přetlakového větrání nutné změřit rychlost proudění vzduchu skrze otevřené dveře na CHÚC [15].

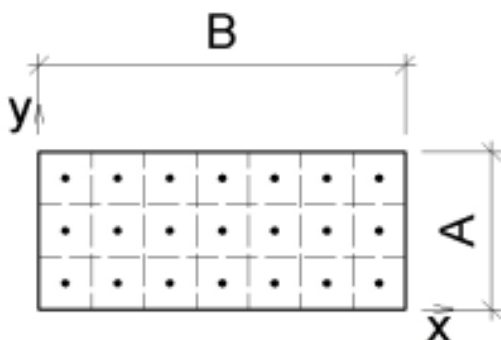
8.1.1.1 Měření rychlosti proudění ve vzduchovodech

Pro změření rychlosti proudění ve vzduchovodech je nutné mít zajištěn rovnoměrný a ustálený rychlostní profil bez vírů. Vzhledem k tomuto požadavku je tak nutné pro měření vybrat optimální místo. Dále je nutné přesně dodržovat polohu měřených bodů a směr sondy [25].

U nových zařízení je možné jednoduchým postupem stanovit objemový průtok za předpokladu instalace stabilních měřicích tyčí ve vzduchovodech. V tomto případě je však princip měření založen na základě snímání tlaků nikoli rychlosti [25].

Pro měření rychlosti proudění v *pravoúhlých vzduchovodech* je nutné rozdělit profil vzduchovodu na stejné dílčí průřezy se stejnou plochou, přičemž jednotlivé měřicí body se nacházejí právě ve středu těchto dílčích ploch viz *obr. 10* [25].

V závislosti na velikosti průřezu se stanoví měřicí síť dle [40] nebo [44], přičemž jednotlivé polohy měřicích bodů se vyznačí na povrchu vzduchovodu. Pro jednotlivé měření rychlostí v těchto bodech se použijí měřicí přístroje, kterými jsou nejčastěji dynamické rychlostní sondy (např. Prandtlůva trubice nebo Pitotova trubice) nebo termoanemometry s teleskopickým držadlem viz *obr. 11*. Tyto měřicí přístroje se umísťují do vzduchovodu přes vyvrтанé otvory o stanovené velikosti. Dále se odečtou jednotlivé naměřené hodnoty z přístroje v jednotlivých bodech při ustáleném stavu a z nich se stanoví střední rychlost proudění. Po ukončení měření se musí vyvrтанé otvory ve vzduchovodu řádně zaslepit [25].

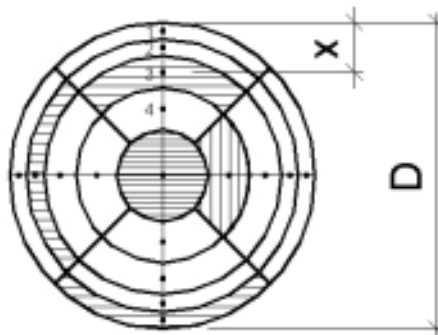


obr. 10 - Rozdělení pravoúhlého vzduchovodu na dílčí plochy o stejné velikosti [25]



obr. 11 - Termoanemometr s teleskopickým držadlem (<https://cz.trotec.com/>)

Pro měření rychlosti proudění ve vzduchovodech s *kruhovým průřezem* se měřicí síť sestaví ze stejnoplochých mezikruží a nejméně dvou radiálních měřicích přímek vůči sobě kolmých, přičemž počet měřicích bodů se stanoví v závislosti na velikosti průřezu dle [40] nebo [44]. Měřicí postup a měřicí přístroje jsou shodné jako pro měření ve vzduchovodech s pravouhlým průřezem [25]. Rozdělení vzduchovodu s kruhovým průřezem na stejnoplochá mezikruží je znázorněno na *obr. 12*.



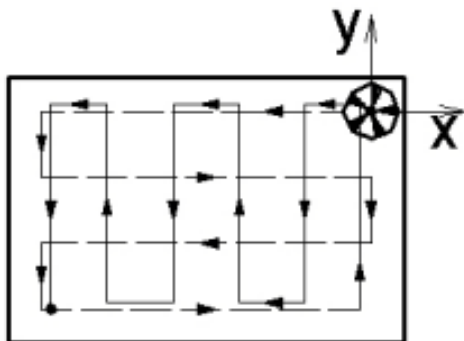
obr. 12 - Rozdělení kruhového vzduchovodu na stejnoplochá mezikruží [25]

8.1.1.2 Měření rychlosti proudění v koncových distribučních prvcích

Využití této metody měření získáváme méně přesné výsledky oproti měření rychlosti proudění ve vzduchovodech. Tato ztráta přesnosti je způsobena vestavbou částí distribučních prvků a tím dochází k nepravidelnému rozložení rychlosti a ovlivnění četnými lokálními víry [25].

Průtok lze za pomoci měření touto metodou stanovit dvěma odlišnými způsoby. Prvním způsobem je stanovení průtoku vzduchu pomocí měření rychlosti v dílčích průřezech (obdobně dle kapitoly 8.1.1.1), avšak tuto metodu lze použít pouze v případě jednoduchých geometrických průřezů. Jedná se především o trysky a obdélníkové otvory s jednoduchou mřížovou výplní [25].

Druhým způsobem je tzv. *rastrovací metoda* viz *obr. 13*, která se používá u ostatních vyústek (např. lamelových, regulovatelných apod.). Principem této metody je rovnoměrné pomalé přejíždění měřicího přístroje po prvku průřezu, přičemž listy musí být v pozici kolmo na rovinu vyústky. K tomuto měření se jako měřicí zařízení využívají lopatkové anemometry (*obr. 14*) nebo termoanemometry a zaznamenávají se rychlosti rovnoměrně rozmístěných měrných bodů (v dostatečném počtu) pro stanovení střední rychlosti proudění [25].



obr. 13 - Rastrovací metoda měření rychlosti lopatkovým anemometrem [25]



obr. 14 - Lopatkový anemometr (<https://www.testo.com/>)

8.1.1.3 Měření rychlosti proudění na přívodních/výfukových žaluziích

Při měření rychlosti proudění na přívodních či odvodních výfukových žaluziích se postupuje obdobným způsobem, jako při měření rychlosti proudění v koncových distribučních prvcích viz kapitola 8.1.1.2 [25].

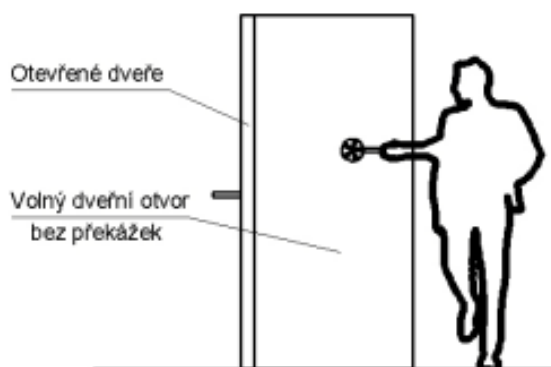
8.1.1.4 Měření rychlosti proudění v otevřených dveřích

Při zkoušce měření rychlosti v otevřených dveřích se zkouška provádí mezi dveřmi oddělovacími prostor se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku a musí vyhovovat požadavkům pro příslušnou třídu zařízení (A až F) dle ČSN EN 12101-6 [28]. Toto měření se provádí v případech, kdy je rychlost proudění vzduchu ve dveřích uvedena jako návrhová hodnota za příslušných podmínek [25].

Při tomto měření se postupuje obdobně, jako při měření rychlosti proudění vzduchu ve vzduchovodech viz kapitola 8.1.1.1 nebo jako při rastrovací metodě viz kapitola 8.1.1.2 [25].

Zkoušky měření rychlosti proudění se musí provést dle ČSN EN 12101-6 [28] následovně:

- pomocí kalibrovaného anemometru se změří rychlost proudění vzduchu,
- měření rychlosti průtoku příslušnými dveřmi se musí provést se všemi ostatními dveřmi otevřenými nebo zavřenými v souladu s příslušnou třídou zařízení (A až F), přičemž ve dveřním otvoru nesmějí být žádné překážky ani osoby viz obr. 15,
- provede se nejméně 8 měření, stejnoměrně rozmístěných ve dveřním otvoru, čímž se zjistí přesná rychlost proudění vzduchu,
- vypočítá se průměr z těchto měření nebo se vhodným měřicím zařízením rovnoměrně pohybuje v průřezu otevřených dveří a zaznamená se průměrná hodnota rychlosti proudění vzduchu,
- veškeré zkušební zařízení musí být kalibrováno tak, aby přesnost měření byla do $\pm 5\%$.



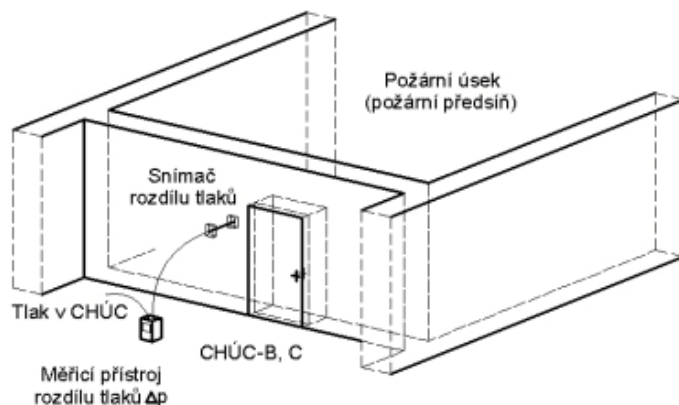
obr. 15 - Měření rychlosti ve dveřích lopátkovým anemometrem [25]

8.1.2 Měření rozdílu tlaků

Měření rozdílu tlaků se u přetlakového odvětrání CHÚC provádí v prostorech, kde je požadován přetlak vůči přilehlým prostorům. Při tomto měření se rozlišuje statický tlak (p_s), dynamický tlak (p_d) a celkový tlak (p_c). Skutečnou měřenou fyzikální veličinou při této zkoušce je *tlakový rozdíl* [25].

Měřená místa pro měření rozdílu tlaků se nacházejí ve stěně v těsné blízkosti dveří, které oddělují:

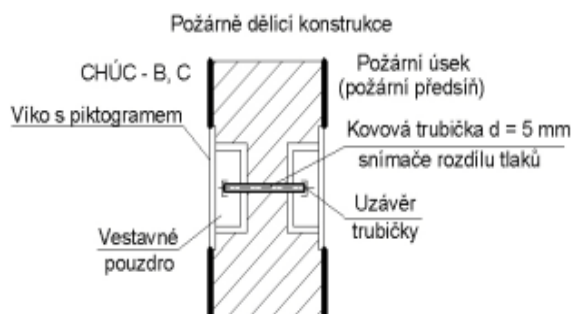
- CHÚC od přilehlého PÚ,
- CHÚC od požární předsíně,
- požární předsíň CHÚC od přilehlého PÚ.



obr. 16 - Princip metody měření rozdílu tlaků [25]

Osazení snímače rozdílu tlaků je patrné z obr. 16. Pozice tohoto měřeného místa se nachází ve stěně ve výšce 1,3 až 1,5 m nad podlahou a musí být řádně označena dle [21]. Snímač tlaků se skládá ze dvou vík a vestavených pouzder, kovové trubičky a uzávěrů této trubičky.

Trubice o vnitřním průměru cca 5 mm musí být hladká a čistá a v době mimo měření zůstat utěsněná (vnitřní konce musí mít ostrý okraj bez otřepů). Toto utěsnění a samotná trubice musí být provedena z výrobků třídy reakce na oheň A1 dle [45]. Schéma snímače rozdílu tlaků je znázorněno na obr. 17.



obr. 17 - Schéma snímače rozdílu tlaků [25]



obr. 18 - Manometr pro měření diferenčního tlaku (<https://www.testo.com/>)

Měření probíhá skrze měřicí přístroj umístěný v prostoru chráněné únikové cesty. Tímto přístrojem je manometr viz *obr. 18*, na který se připojí dvě hadičky. Konec jedné hadičky se napojí na snímač rozdílu tlaků ve stěně, tím se přístroj propojí aerostaticky se sousedním prostorem bez zvýšeného tlaku (požární předsíň, sousední PÚ). Koncem druhé hadičky se snímá tlak v prostoru chráněné únikové cesty. Dveře mezi měřenými prostory musí zůstat zavřené [25].

Doporučené označení snímače rozdílu tlaků je znázorněno na *obr. 19*. Toto označení má vnější rozměry 105/105 mm. Vnitřní pole se skládá z červeného čtverce o velikosti strany 85 mm. V červeném poli se nacházejí dva bílé nápisy: „CHRÁNĚNÁ ÚNIKOVÁ CESTA“ a „SNÍMAČ ROZDÍLU TLAKŮ“. Dále je v tomto poli ve střední části umístěn dvojitý kruh znázorňující tvar snímací trubky [25].



obr. 19 - Doporučené označení snímače rozdílu tlaků [25]

První zkouška se provádí při vypnutých ventilátorech zařízení pracujícího na principu rozdílu tlaků s cílem stanovit rozdíl tlaků vlivem větru a komínového efektu. Zkoušky se dle ČSN EN 12101-6 [28] provádí následovně:

- přetlakové větrací zařízení CHÚC se uvede do činnosti po dobu 10 minut, aby se dosáhlo vyrovnání teplot vzduchu;
- ventilátory přetlakového větracího zařízení se vypnou, přičemž ostatní komponenty zůstanou v provozním režimu (všechny dveře do CHÚC jsou zavřeny [25]);
- změří se rozdíl tlaků mezi prostorem se zvýšeným tlakem a příslušným užitným prostorem;
- nejméně na dvou podlažích se změří rozdíl tlaků mezi schodištěm, na kterém má být zvýšen tlak, a příslušným užitným prostorem ([25] uvádí tyto dvě výškové úrovně v 1/3 a 2/3 výšky únikové cesty).

Druhá zkouška slouží pro změření čistého rozdílu tlaků přes každé dveře oddělující prostor se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku (dosažení požadovaného přetlaku). Tato zkouška se zahajuje do 15 minut od dokončení první zkoušky, přičemž větrací zařízení musí být uvedeno do provozu (tzn. včetně vlivu větru a komínového efektu) [28].

Rozdíly v měření mezi první a druhou zkouškou se porovnají s požadavky na projektované rozdíly tlaků [28].

8.1.3 Měření síly potřebné pro otevření dveří

Při této přejímací zkoušce se měří síla potřebná pro otevření dveří a to mezi dveřmi mezi prostorem se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku. Síla potřebná pro otevření jednotlivých dveří nesmí na klice přesáhnout hodnotu 100 N. Pro změření otevírací síly se musí postupovat následovně [28]:

- aktivuje se zařízení pracující na principu tlaků,
- konec zařízení pro měření síly viz *obr. 20* a *obr. 21* např. kalibrovaný pružinový siloměr se upevní ke dveřní klice na straně dveří ve směru otevírání,
- otevřou se všechny západkové mechanismy a zafixují se v otevřené poloze,
- zatáhne se za volný konec zařízení pro měření síly a zaznamená se nejvyšší naměřená hodnota při otevření dveří.



obr. 20 - Digitální siloměr
(<https://www.conrad.cz/>)



obr. 21 - Pružinový siloměr
(<https://www.conrad.cz/>)

8.2 Koordinace požárně bezpečnostních zařízení

Při poslední funkční zkoušce dochází k ověření vzájemné koordinaci požárního větrání s dalšími PBZ [25, 28]. Při této funkční zkoušce se musí uvést do činnosti EPS, a to na základě předání informace o vzniku požáru ústředně EPS. K předání informace ústředně EPS slouží tlačítkové hlásiče požáru a autonomní hlásiče požáru. Autonomní hlásiče požáru např. opticko-kouřový hlásič, který zaznamená detekci vstříknutím kouře do hlavy detektoru. Detekci kouře v hlavě detektoru se uvede do činnosti ústředna EPS a tou se uvede do činnosti zařízení pracující na principu rozdílu tlaků [28].

8.3 Doklad o kontrole provozuschopnosti požárního odvětrání

Po provedení kontroly provozuschopnosti požárně bezpečnostního zařízení musí být vyhotoven doklad obsahující veškeré údaje stanovené v § 7 odst. 8 vyhlášky č. 246/2001 Sb. o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci) [38].

Při ověřování funkčnosti podle metodické pomůcky [25] se doklad o kontrole doplní o další údaje dle použitých postupů této metodické pomůcky. Dalšími údaji se rozumí především popis měřící metody, dohodnuté nejistoty měření, specifikace použitých měřicích přístrojů, vyhodnocovací kritéria pro měření nebo tabulky změřených hodnot apod. Součástí tohoto dokladu musí být i kopie kalibračního osvědčení s uvedením doby platnosti [25].

9 Netoxická kouřová zkouška

Netoxická kouřová zkouška slouží jako doplněk při ověřování funkčnosti požárního větrání. V praxi se uplatňuje provedení kouřové zkoušky pouze na základě ustanovení článku 7.2.6, ČSN 73 0804 [12]. Tento článek hovoří o doporučení doplnění měření netoxickou kouřovou zkouškou pro sledování obrazu proudění vzduchu za účasti místně příslušného hasičského záchranného sboru kraje. A to především u požárně rizikových prostorů z hlediska evakuace a zásahu hasičů [12].

Přetlakové větrání CHÚC je navrhováno pro případy komplikovanějších evakuací, kde zároveň slouží pro větrání zásahové cesty. Tato doporučení dle článku 7.2.6 jsou vztažena na výrobní objekty, avšak požadavky je samozřejmě možné v odůvodněných případech vztáhnout i na nevýrobní objekty. Provedení netoxické kouřové zkoušky začíná být v dnešní době čím dál více vyžadováno projektanty PBŘ a schvalujícími orgány HZS [11].

9.1 Parametry kouře a využitelnost kouřových generátorů

Při provádění netoxické kouřové zkoušky je kouř generován pomocí kouřových generátorů (vývěčů kouře). Kouřové generátory (*obr. 22*) mají praktické využití v řadě odvětví. Z hlediska požární problematiky mají nejčastější využití pro výcvik a odbornou přípravu jednotek požární ochrany nebo při provádění funkčních zkoušek požárního větrání.

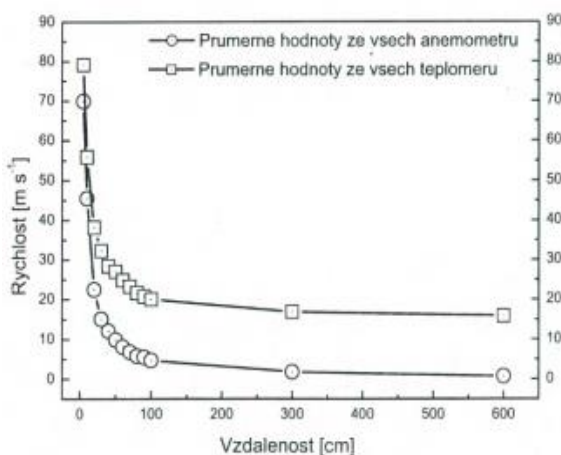


*obr. 22 - Kouřový generátor
(<https://www.mall.cz/>)*

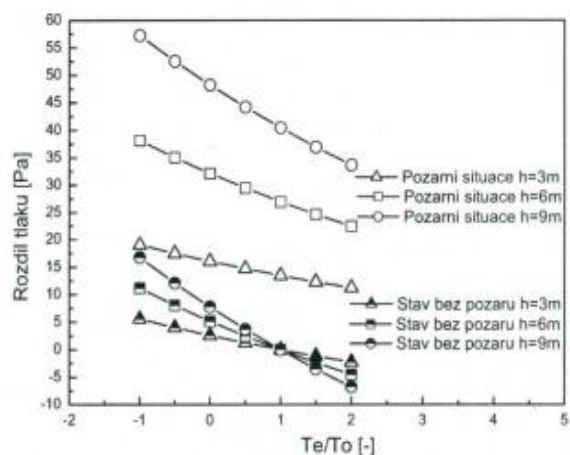
Pohyb kouře vyvíjeného kouřovými generátory se při zanedbání vlivů okolí pohybuje na základě dvou aspektů. Prvním aspektem je teplotní diference vyvíjeného kouře a okolí, druhým pak kinetická energie kouře způsobená generátorem. Význam těchto dvou aspektů byl sledován měřeními a následně porovnán za účelem posouzení využitelnosti kouřových generátorů při simulaci požární situace při zkoušce, kterou provedla Ing. Mikulová (2007) na VŠT-BU Ostrava [24].

Z proběhlé zkoušky [24] lze pozorovat, že zkoušený kouřový generátor (Antari Z 1200 DMX) produkuje v ústí generátoru kouř o poměrně vysoké teplotě (až 250°C), nicméně vzdáleností od ústí generátoru docházelo k intenzivnímu poklesu teploty (*obr. 23*) a ve vzdálenosti 100 cm až 600 cm byla již teplota kouře srovnatelná s teplotou okolí. Pohyb kouře byl zejména ovlivňován kinetickou energií způsobenou vlastním generátorem kouře, přičemž rychlost pohybu kouře rychle klesala se vzdáleností od ústí generátoru a ve vzdálenosti 600 cm od výfuku docházelo k zastavení pohybu proudění vlivem kinetické energie a stoupání a vrstvení kouře v prostoru. Z provedené zkoušky lze tedy pozorovat, že diference teplot, hustot, a také tlaků

způsobených vztakovým efektem (dominantní jev při požáru) se značně liší při zkouškách s kouřovým generátorem oproti reálné požární situaci (obr. 24). Za nesrovnatelné výsledky lze rovněž považovat výměnu/pohyb plynů v prostoru, a také rychlost proudění plynů.



obr. 23 – Graf poklesu teploty a rychlosti kouře vyvíjeného kouřovým generátorem [24]



obr. 24 – Graf srovnání tlakových diferencí vyvolaných vztakem při požární situaci a zkoušce s generátorem kouře [24]

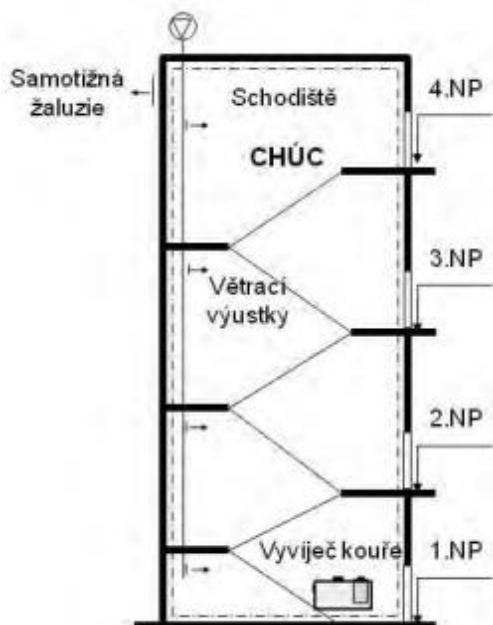
Z výsledků provedené zkoušky [24] lze konstatovat, že využitím kouřového generátoru se nelze spokojit se správným chováním pohybu plynů. Při využití kouřového generátoru lze tedy vizuálně pozorovat pohyb vyvíjených plynů. V prostorách s převažujícím vertikálním rozměrem (schodiště) tento pohyb navozuje dojem charakteristického pohybu plynů při požární situaci [24].

9.2 Zkušební postupy a vyhodnocení zkoušky

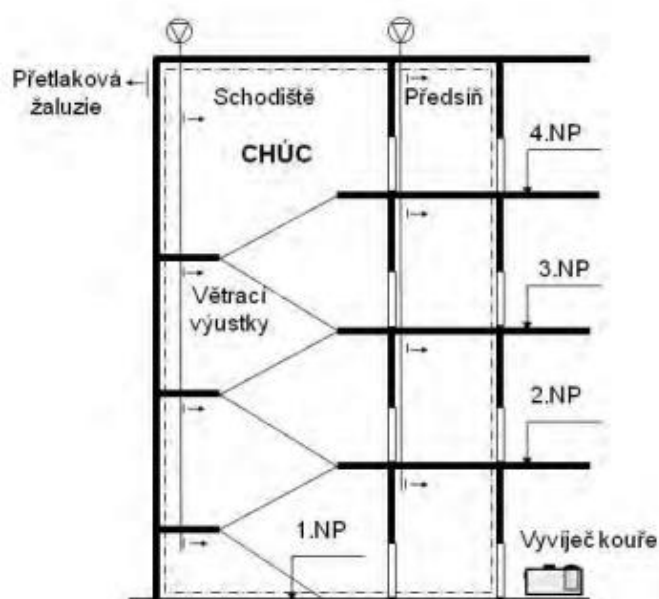
Při této zkoušce nedochází k měření žádných parametrů požárního větrání, kouřová zkouška slouží pouze pro sledování pohybu kouře vizuální formou. Rozsah konkrétní zkoušky je dán především geometrií a druhem prostoru, dále pak rozsahem a složitostí navrženého požárního větrání. Při realizaci kouřové zkoušky není nutné zkouškou ověřit všechna podlaží, kde je požární větrání navrženo. Doporučeno je provést jednu zkoušku u nuceného větrání CHÚC, nebo jednu či dvě zkoušky u přetlakového větrání CHÚC [25].

Pro sledování pohybu kouře v prostorech CHÚC je nutné vymežit umístění kouřového generátoru a dobu vyvíjení kouře před spuštěním požárního větrání. Pro správnou funkčnost požárního větrání a akumulaci kouře musí být dveře do CHÚC zavřeny [25].

Doporučená poloha pro kouřový generátor je zpravidla v horizontální poloze. Umístění kouřového generátoru u nuceného větrání CHÚC je vhodné v nejnižší části prostoru, kde je instalováno požární větrání, zpravidla v jeho středu (obr. 25). U přetlakového větrání se umístění kouřového generátoru doporučuje před vstupem do CHÚC (obr. 26), a to včetně předsíně. Vhodné je umístění v dolní a horní třetině výšky objektu. U přetlakového větrání je alternativně možné umístit kouřový generátor uvnitř CHÚC obdobně jako v případě nuceného větrání [25].



obr. 25 - Umístění kouřového generátoru v prostoru CHÚC [25]



obr. 26 - Umístění kouřového generátoru v těsné blízkosti před vstupem do předsíně CHÚC [25]

Doba vyvíjení kouře před spuštěním požárního větrání je závislá na výkonu kouřového generátoru, geometrii prostoru, ve které zkouška probíhá, a také dobou potřebnou pro zahřátí kouřového generátoru na teplotu, při které je schopen vyvíjet kouř. Za dostatečnou dobu je zpravidla považováno 5 minut, avšak tato doba se může vlivem některých parametrů lišit a je nutné se přizpůsobit konkrétním podmínkám. Po zakouření prostoru je kouřový generátor odstaven z provozu a následně je spuštěno požární větrání [25].

Výsledek netoxické kouřové zkoušky je stanoven na základě vizuálního pozorování se závěrem „vyhověl/nehověl“. Průběh zkoušky se doporučuje dokumentovat videozáznamem. Vyhodnocení zkoušky probíhá dle [25] následovně:

- Nucené větrání – pozoruje se směr proudění kouře a viditelnost v prostoru CHÚC. Za splnění zkoušky se považuje proudění kouře směrem k odvodním prvkům a postupné zlepšování viditelnosti v prostoru.
- Přetlakové větrání – pozoruje se směr proudění kouře a případný průnik kouře do prostoru CHÚC. Za splnění se považuje proudění kouře směrem od prostoru CHÚC a zajištění nezakouřeného prostoru CHÚC. V případě umístění kouřového generátoru v prostoru CHÚC se při vyhodnocování postupuje dle podmínek pro nucené větrání.

10 Praktické ověření funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC

V této kapitole je popsáno ověření funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC. Ověření proběhlo na základě měření parametrů zařízení za účelem zjištění, zda dosahuje návrhových hodnot, které byly stanoveny v projektové dokumentaci. Dále bylo měřením zjišťováno, zda přetlakové větrání vybrané CHÚC je schopno plnit i aktuálně platné normativní požadavky.

Při měření parametrů zařízení byly měřeny hlavní sledované fyzikální veličiny. Těmito fyzikálními veličinami byly rychlosti proudění vzduchu ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), rozdíly tlaků (Pa) a síla potřebná k otevření dveří do CHÚC (N).

10.1 Výběr přetlakově větrané CHÚC

Vybranou CHÚC pro ověření funkčnosti přetlakového požárního větrání a provedení netoxické kouřové zkoušky (viz kapitola 11.1) byla CHÚC typu B bez požární předsíně. Budova, ve které se tato CHÚC nachází, je tvořena celkem ze 14 NP a 2 PP a je situována v Praze 6, městská část Dejvice.

V této budově se nacházejí dvě CHÚC typu B bez požární předsíně. Vybranou CHÚC se však stala CHÚC nacházející se v jižní části budovy z pohledu orientace světových stran. Do této CHÚC neústí žádné výtahy a je tvořena pouze dvouramenným schodištěm s hlavní podestou a mezipodestou a sestává se celkem ze 13 NP a 2 PP (neprobíhá celou výškou budovy).

Výběr objektu a konkrétní CHÚC s přetlakovým větráním proběhl na základě vyhodnocení následujících kritérií popisujících pozitiva a negativa tohoto objektu a této CHÚC.

- Výhody:
 - + Znalost objektu
 - + Komunikace se správou objektu
 - + Proveditelnost a možnost opakování jednotlivých měření
 - + CHÚC typu B bez požární předsíně (možnost pozorovat důležitost změny českých kmenových norem z hlediska návrhu přetlakového větrání CHÚC)
 - + Jednoduchá dispozice CHÚC
 - + Denní provoz objektu
- Nevýhody:
 - Vysoká koncentrace osob ve všedních dnech
 - CHÚC typu B bez požární předsíně (dle dnešních normativních požadavků se již přetlakové větrání při využití této dispozice CHÚC nenavrhuje)
 - Stáří objektu
 - Zanedbaný stav dveří ústících do CHÚC

Z projektové dokumentace [46] vyplývá, že sousední PÚ jsou tvořeny sloučením prostorů chodeb, učeben, kanceláří a toalet tak, aby tímto dělením nevznikaly shromažďovací prostory. **Požární výška h tohoto objektu je 46,8 m, konstrukční systém je nehořlavý.** Východ na VP z této CHÚC je situován v 1. PP na úrovni terénu.

10.2 Projektová dokumentace

Pro možnost ověření návrhových hodnot přetlakového větrání vybrané CHÚC bylo vycházeno ze dvou získaných dokumentací, které byly vypracovány níže uvedenými autory:

- **Ing. Martin Pospíšil (2011) [46]**

V této dokumentaci zabývající se realizací energeticky úsporných opatření vybrané budovy z roku 2011 zpracoval Ing. Martin Pospíšil část požárně bezpečnostního řešení. Toto požárně bezpečnostní řešení bylo zpracováno pro stanovení podmínek pro provedení nového obvodového a střešního pláště na vybrané budově v Praze.

Ing. Pospíšil v tomto požárně bezpečnostním řešení [46] stanovuje následující požadavky pro zařízení určené pro větrání CHÚC. Z hlediska návrhových hodnot uvádí:

*„Chráněné únikové cesty typu B (viz kapitola únikové cesty) jsou větrány uměle a budou vybaveny přetlakovou ventilací. Přetlak mezi chráněnou únikovou cestou a ostatními prostory bude nejméně **25 Pa**; vzduch bude dodáván nejméně v **patnáctinásobku objemu prostoru chráněné únikové cesty za hodinu**; dodávka vzduchu bude zajištěna min. po dobu 45 min.“*

*„Pro zajištění požadovaného přetlaku bude v nejvyšším místě chráněných únikových cest otvor, samočinně otevíratelný při dosažení **horní meze přetlaku max. 100 Pa** např. samotížné žaluzie.“*

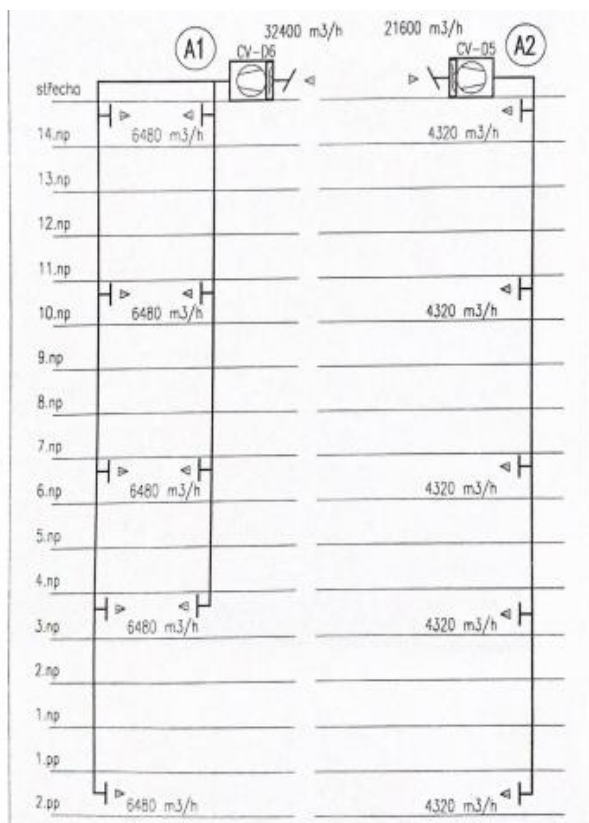
- **Ing. F. Kubec (2002) [47]**

Tuto dokumentaci zabývající se požárním zabezpečením vybraného objektů zpracoval Ing. F. Kubec v roce 2002. Jedná se o vzduchotechnické řešení požárního větrání CHÚC ve vybraném objektu v Praze tak, aby byly splněny požadavky investora, ČSN a české hygienické a bezpečnostní předpisy. Koncepce požárního větrání CHÚC byla navržena dle ČSN, dle expertizní zprávy REPO – Ing. Reichel a podle projektu požárního zabezpečení objektu (Ing. Laurin).

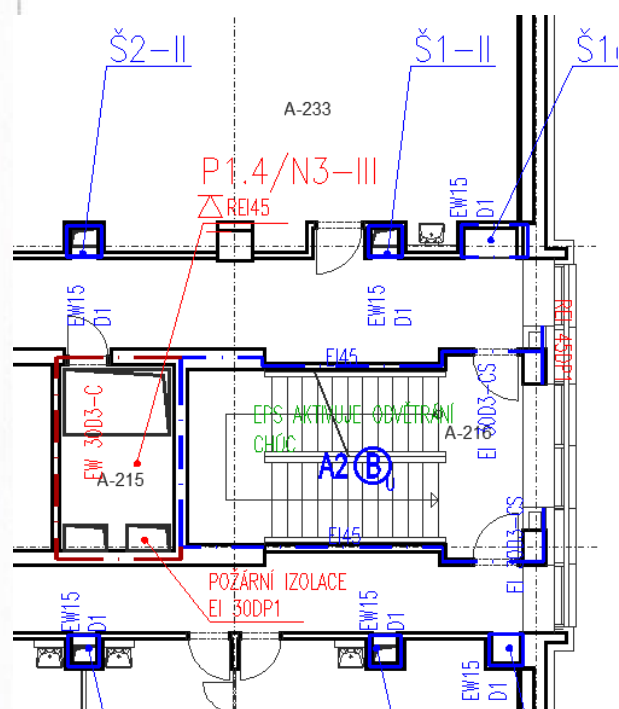
V této dokumentaci je zařízení vybrané přetlakově větrané CHÚC označováno jako A2. Přívod vzduchu je zajištěn radiálním ventilátorem ve venkovním provedení, umístěným na střeše příslušného objektu. Ventilátory nasávají venkovní vzduch nad střechou a svislým potrubím ho dopravují do CHÚC, kde je vyfukován přes stěnové vyústky. V nejvyšším místě CHÚC je stanovena samočinná přetlaková klapka, která zajistí **přetlak 25-100 Pa** při zavřených oknech a dveřích z CHÚC. Schéma požárního větrání CHÚC v budově je znázorněno na obr. 27.

Ing. Kubec dále v této dokumentaci [47] z hlediska dimenzování a návrhových hodnot uvádí následující:

*„Číslo zařízení: A2; objem CHÚC: 1 309 m³; požadovaná výměna: 15x · h⁻¹; vypočtený objemový průtok přírodního vzduchu: 19 635 m³·h⁻¹; **navržený objemový průtok přírodního vzduchu: 21 600 m³·h⁻¹; navržený objemový průtok přírodního vzduchu: 6,0 m³·s⁻¹.“***



obr. 27 - Schéma přetlakového větrání (A2) ve vybrané CHÚC v [47]



obr. 28 - Půdorys vybrané CHÚC ve 2. NP [46]

Pro možnosti ověření návrhových hodnot ze získaných dokumentací [46, 47] vyplývá, že mezi prostorem CHÚC a přilehlými prostory je stanoven **přetlak 25-100 Pa**, navržený objemový průtok přírodního vzduchu je stanoven hodnotou **21 600 m³·h⁻¹** (4 320 m³·h⁻¹ na každé stěnové mřížové vyústce).

Dokumentace pozdějšího data (pokud tyto existují) se pro určení stanovených návrhových hodnot nepodařilo dohledat. Při měření parametrů zařízení za účelem, zda zařízení dosahuje návrhových hodnot (měřením fyzikálních veličin) bylo vycházeno z hodnot výše uvedených dokumentací.

10.3 První ověření funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC

Po získání projektové dokumentace proběhlo sestavení scénáře pro fyzické ověření přetlakového větrání za účelem zjištění, zda zařízení dosahuje návrhových hodnot, které byly stanoveny v projektové dokumentaci. Dále bylo do scénáře zahrnuto měření fyzikálních veličin za účelem zjištění, zda zařízení je schopno plnit i aktuálně platné normativní požadavky.

Hlavním kritériem pro zvolení optimální volby scénáře bylo ověření výše popsanych měření v co nejkratším časovém intervalu, a to z důvodu, aby po co nejmenší časový úsek byla měřením omezena přístupnost této CHÚC, a aby z hlediska spotřeby energie přetlakové větrání CHÚC běželo co nejkratší dobu. Samostatné měření probíhalo v pátek 29. 4. 2022 v dopoledních hodinách během pracovní doby v budově.

Jednotlivá měření prezentovaná v následujících podkapitolách se prováděla za podmínek ustáleného stavu požárního větrání a byla dokončena v krátkém časovém intervalu ve stejný den. Tímto byl minimalizován vliv vnějších povětrnostních podmínek, např. větru a teploty. Průměrné hodnoty teploty na schodišti, budově a venku byly 25,1 °C, 26,3 °C a 13,2 °C, průměrná hodnota relativní vlhkosti (RH) v na schodišti byla 27,2 %. Konkrétní podoba zvoleného scénáře je popsána v následujících kapitolách.

10.3.1 Příprava před zahájením měření

Nejdůležitějším předpokladem pro měření bylo zapůjčení kalibrovaných měřicích zařízení ze Státního zdravotního ústavu. Těmito zařízeními byly: termický anemometr, vrtulkový anemometr, manometr, měřič síly, svinovací metr, vlhkoměr a teploměr se záznamníkem. Využití jednotlivých měřicích zařízení je popsáno v konkrétních měření fyzikálních veličin v následujících kapitolách a jejich kalibrační listy jsou uvedeny v Příloze A.

Pro přívod elektrické energie do CHÚC z důvodu napájení vybraných měřicích zařízení byly použity prodlužovací kabely, které byly vedeny přes přirozené netěsnosti dveří a tímto vedením neovlivňovaly výsledky jednotlivých měření.

Dalším předpokladem úspěšného provedení měření bylo porovnání CHÚC s projektovou dokumentací, konkrétně proběhla kontrola přívodních a odvodních prvků a následně prohlídka elektrické požární rozvodny a strojovny VZT z důvodu ověření přístupnosti manuálního ovládání požárního větrání viz *obr. 29*.

Při kontrole přívodních a odvodních prvků viz *obr. 30a obr. 31* bylo zjištěno, že odvodním prvkem je samočinně otevíratelný světlík, jehož využití v nejvyšším místě CHÚC je v rozporu s projektovou dokumentací, neboť by zde měla být samočinná přetlaková klapka, která je schopna udržet stanovenou úroveň přetlaku mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku. Dále bylo také zjištěno, kde je situována nejvýše umístěná stěnová mřížová vyústka, která se dle *obr. 27* měla nacházet ve 14. NP, avšak v současném stavu je tato CHÚC tvořena pouze 13 NP. Tato stěnová mřížová vyústka se nachází pod stropem ve 13. NP (CHÚC zde končí a dalším podlažím již neprochází).



obr. 29 - Ovládací panel požárního větrání umístěný v el. požární rozvodně



obr. 30 - Stěnová mřížová vyústka umístěná pod mezipodestou ve 3. NP



obr. 31 - Samočinně otevíratelný světlík umístěný na střeše objektu

Před samotným zahájením měření dále proběhlo uzavření všech okenních a dveřních otvorů, kterými by mohlo docházet k úniku vzduchu z prostor CHÚC. Jednotlivá měření se prováděla během pracovní doby v budově. Z tohoto důvodu proběhlo vylepení informativních cedulí na veškeré dveře ústící do CHÚC o průběhu zkoušky, aby se předešlo otevření dveří do CHÚC a úniku vzduchu do chodeb a ovlivnění výsledků měření.

Hlavním nedostatkem v této části byly chybějící dveře v 1. PP viz *obr. 32*. Tyto dveře nebylo možné zpětně osadit, neboť ve dveřní zárubni byly utržené dveřní závěsy. Z tohoto důvodu bylo nutné utěsnit dveřní otvor před začátkem zkoušky, jelikož by výsledky měření byly značně ovlivněny masivními úniky větracího vzduchu. Dveřní otvor byl utěsněn pomocí LDPE zakrývací plachtou o tloušťce 75 μm , před kterou byly v těsné blízkosti postaveny neosazené dveře, které chránili zakrývací plachtu před přímým působením větracího vzduchu a provalením folie. Průběh utěsnění dveřního otvoru a vylepení informativních cedulek o průběhu zkoušky je znázorněno na *obr. 33* a *obr. 34*.



obr. 32 - Stav dveřního otvoru před utěsněním v 1. PP



obr. 33 - Průběh utěsnění dveřního otvoru v 1. PP



obr. 34 - Vylepení informativních cedulek o průběhu zkoušky

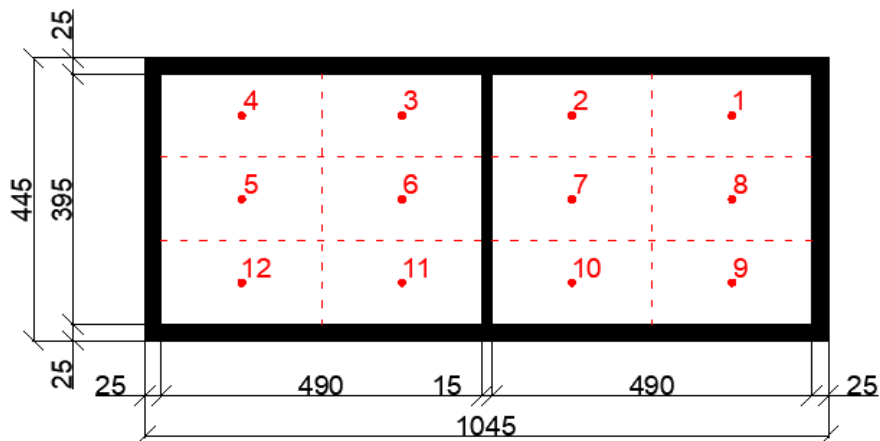
10.3.2 Ověření návrhových hodnot stanovených v projektové dokumentaci

Návrhové hodnoty pro přetlakové větrání CHÚC typu B bez požární předsíně, které byly stanoveny v projektové dokumentaci a které byly ověřovány měřením fyzikálních veličin, jsou objemový průtok přírodního vzduchu ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) a rozdíl tlaků mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku (Pa).

10.3.2.1 Objemový průtok přírodního vzduchu

Při tomto ověřování bylo zjišťováno, zda dodávaný vzduch do prostoru CHÚC odpovídá navrženému objemovému průtoku přírodního vzduchu, který je stanoven hodnotou 21 600 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Za účelem tohoto zjištění byla měřena rychlost proudění na koncovém distribučním prvku (stěnové mřížové vyústce) ve 3. NP. Objemový průtok přírodního vzduchu na této vyústce byl v projektové dokumentaci [47] stanoven hodnotou 4 320 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Pro měření rychlosti proudění byl pravoúhlý distribuční prvek rozdělen na stejné dílčí průřezy se stejnou plochou, kdy jednotlivé měřicí body se nacházely ve středu těchto dílčích ploch viz kapitola 8.1.1.1. Tímto měřením bylo v jednotlivých dílčích plochách změřeno celkem 12 měřicích bodů viz obr. 35 a jednotlivé naměřené hodnoty rychlostí proudění vzduchu jsou uvedeny v tab. 3. K měření byl použit kalibrovaný lopatkový anemometr Testo 400.



obr. 35 - Schématické rozložení měřicích bodů na stěnové vyústce (rozměry uvedeny v mm)

tab. 3 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na stěnové vyústce v jednotlivých měřicích bodech

Číslo měřicího bodu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rychlost proudění vzduchu ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	8,04	2,90	2,19	5,12	3,71	1,63	1,83	7,69	7,46	3,32	3,06	3,84

Z výše naměřených hodnot rychlosti proudění byla stanovena střední rychlost proudění vzduchu na této stěnové mřížové vyústce následovně:

- $v_x (\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ Rychlost proudění vzduchu v měřicím bodě
- $v_s (\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ Střední rychlost proudění

$$\bullet \quad v_s = \frac{\text{Celkový součet jednotlivých hodnot rychlostí proudění } v_x (\text{m}\cdot\text{s}^{-1})}{\text{Celkový počet měřicích bodů}}$$

$$\bullet \quad v_s (\text{m}\cdot\text{s}^{-1}) = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_{11} + v_{12}}{12}$$

$$\bullet \quad v_s (\text{m}\cdot\text{s}^{-1}) = \frac{8,04 + 2,90 + 2,19 + 5,12 + 3,71 + 1,63 + 1,83 + 7,69 + 7,46 + 3,32 + 3,06 + 3,84}{12}$$

$$\bullet \quad v_s = 4,2325 = \mathbf{4,23 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}}$$

Pro stanovení objemového průtoku přírodního vzduchu na této stěnové mřížové vyústce bylo dále nutné zjistit její volnou výtokovou plochu A_k (m^2). Konkrétní typ měřené stěnové vyústky se nepodařilo ze získaných dokumentací dohledat, z toho důvodu byla pro dopočítání objemového průtoku přírodního vzduchu zvolena podobná stěnová mřížová vyústka na základě geometrických rozměrů, schopnosti přivádět návrhový objemový průtok vzduchu a vzhledu. Touto zvolenou vyústkou byla stěnová mřížová vyústka MSU 25-1.0 1000x400 RAL 7035 s volnou výtokovou plochou $A_k = 0,2366 m^2$.

Stanovení objemového průtoku přírodního vzduchu po určení přibližně podobné volné výtokové plochy proběhlo následovně:

- $A_k (m^2)$ Volná výtoková plocha
- $v_s (m \cdot s^{-1})$ Střední rychlost proudění
- $Q_V (m^3 \cdot h^{-1})$ Objemový průtok přírodního vzduchu
- $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3\,600$
- $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = 0,2366 \cdot 4,2325 \cdot 3\,600 = 3\,605 m^3 \cdot h^{-1}$

Návrhový objemový průtok přírodního vzduchu na této stěnové mřížové vyústce byl stanoven hodnotou **4 320 $m^3 \cdot h^{-1}$** . Při měření rychlosti proudění vzduchu na této vyústce byla naměřena průměrná hodnota $4,23 m \cdot s^{-1}$ a po následném určení volné výtokové plochy $A_k = 0,2366 m^2$ byl dopočítán přibližný objemový průtok přírodního vzduchu o hodnotě **3 605 $m^3 \cdot h^{-1}$** . Z tohoto pohledu nebyl dodržen návrhový objemový průtok přírodního vzduchu na konkrétním distribučním prvku. Nelze však s jistotou tvrdit, že celkový objemový průtok přírodního vzduchu nesplňuje návrhové hodnoty, které byly stanoveny v projektové dokumentaci (navržený objemový průtok přírodního vzduchu = $21\,600 m^3 \cdot h^{-1}$), neboť z hlediska časových možností při měření byl měřen pouze jeden distribuční prvek přetlakového větrání.

10.3.2.2 Rozdíl tlaků mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku

Při tomto měření bylo zjišťováno, zda u přetlakového větrání CHÚC je dodržen požadovaný přetlak vůči přilehlým prostorům. Návrhové hodnoty uvedené v projektové dokumentaci viz kapitola 10.2 stanovují, že přetlak mezi CHÚC a ostatními prostory bude nejméně 25 Pa. Maximální hodnota přetlaku je omezena hodnotou 100 Pa.

Měření rozdílů tlaků mezi prostory CHÚC se zvýšeným tlakem a prostory bez zvýšeného tlaku probíhalo v 1. NP skrze levé dveře z pohledu výstupního ramene schodiště. K tomuto měření byl použit kalibrovaný manometr Testo 480, ze kterého byla vyvedena jedna hadička přes přirozenou netěsnost zavřených dveří do prostoru chodby (prostor bez zvýšeného tlaku) a druhá hadička byla vyvedena z přístroje do prostoru CHÚC (prostor se zvýšeným tlakem), ze kterého měření probíhalo. Využití snímače rozdílů tlaků viz kapitola 8.1.2 nebylo možné, neboť jí tato CHÚC nedisponuje.

Průběh měření rozdílů tlaků a použitý kalibrovaný manometr Testo 480 pro měření rozdílů tlaků jsou znázorněny na obr. 36 a obr. 37.



obr. 36 - Použitý kalibrováný manometr Testo 480 pro měření rozdílu tlaků



obr. 37 - Průběh měření rozdílu tlaků v 1. NP

Naměřený rozdíl tlaků při tomto měření byl 0,038 - 0,057 hPa (**4-6 Pa**) při absolutním tlaku 1 003,6 hPa. Tento naměřený přetlak mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku není dostatečný z pohledu návrhových hodnot, které byly uvedeny v projektové dokumentaci (25 Pa). Vzniklý přetlak nebyl dominantním jevem pro přetlakové větrání CHÚC, ale spíše odpovídal hodnotám vzniklého přetlaku, jež vznikne jako vedlejší jev u nuceného větrání CHÚC. Jako nejpravděpodobnější příčiny pro nedodržení požadovaného přetlaku hodnotím stav kouřotěsných dveří napříč celou CHÚC, kterými přes jejich netěsnosti unikalo velké množství vzduchu z prostoru CHÚC a samočinně otevíratelný světlík na střeše objektu, který není schopen udržet stanovenou úroveň přetlaku.

10.3.3 Porovnání s aktuálně platnými normativními požadavky

V této kapitole je porovnáváno přetlakové větrání CHÚC typu B bez požární předsíně s aktuálně platnými normativními požadavky, neboť tento typ požárního větrání se pro CHÚC typu B bez požární předsíně dle dnešních požadavků již nenavrhuje.

Měřením fyzikálních veličin proběhlo ověření, zda je toto větrací zařízení schopno splnit aktuálně platné normativní požadavky. Měřenými fyzikálními veličinami jsou síla potřebná k otevření dveří (N) a rychlost proudění vzduchu v otevřených dveřích ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

10.3.3.1 Měření síly potřebné k otevření dveří

Síla potřebná k otevření dveří je návrhový požadavek dle aktuálně platných normativních požadavků zavedených na základě Změny: Z3, ČSN 73 0802 [13], která je platná od února 2020. Tato síla se měří mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku a nesmí přesáhnout hodnotu 100 N.

Měření síly potřebné k otevření dveří mezi prostorem se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku proběhlo ve 3. a 4. NP, a to na obou stranách hlavní podesty schodiště. K tomuto měření byl použit kalibrováný měřič síly LUTRON FG-100KG. Jednotlivé naměřené hodnoty ze dvou měření na každých dveřích ve 3. NP a ve 4. NP jsou uvedeny v *tab. 4*.

tab. 4 - Přehled naměřených sil potřebných k otevření dveří do prostoru CHÚC v jednotlivých podlažích

Nadzemní podlaží	Číslo měření	Síla potřebná k otevření dveří (N)	
		Levé dveře	Pravé dveře
3. NP	1. měření	42,2	39,6
	2. měření	44,4	40,6
4. NP	1. měření	76,8	50,4
	2. měření	73,6	48,8

Pozn.: Orientace dveří (levé/pravé) je vztažena k pohledu z výstupního ramene na hlavní podestu schodiště v daném podlaží.

Z naměřených hodnot viz tab. 4 byla naměřena nejvyšší hodnota 44,4 N na levých a 40,6 N na pravých dveřích ve směru výstupního ramene schodiště ve 3. NP. Ve 4. NP byly naměřeny hodnoty 76,8 N na levých a 50,4 N na pravých dveřích ve směru výstupního ramene schodiště. Průběh měření síly potřebné k otevření dveří je znázorněn na obr. 38.



obr. 38 - Průběh měření síly potřebné k otevření dveří ve 3.NP

Naměřené hodnoty síly potřebné k otevření dveří splnily aktuální normativní požadavky. Nejvyšší naměřená hodnota ze dvou měření byla **76,8 N**, a to na levých dveřích z pohledu výstupního ramene schodiště. Nutno však podotknout, že zkouška probíhala pouze ve dvou podlažích a případně naměřené hodnoty v jiných podlažích by mohly přesáhnout hodnotu 100 N. Dále je nutno konstatovat, že byly naměřeny poměrně vysoké hodnoty, a to téměř bez působení přetlaku viz kapitola 10.3.2.2. Vzhledem k tomuto faktu je přinejmenším diskutabilní, zda by síla potřebná k otevření dveří, při správné funkčnosti přetlakového větrání a působení přetlaku na tyto dveře, nepřesáhla hodnotu 100 N. Takto vysoké hodnoty, které byly naměřeny téměř bez působení přetlaku, přisuzují chybnému nastavení samozavíračů u měřených dveří ústících do CHÚC.

10.3.3.2 Měření rychlosti proudění vzduchu v otevřených dveřích

Měření rychlosti proudění vzduchu v otevřených dveřích představuje druhý návrhový scénář viz kapitola 5.1, který představuje model evakuační nebo zásahové situace. Při tomto scénáři je stanoven nejpravděpodobnější počet otevřených dveří, kterými probíhá evakuace nebo zásah jednotek požární ochrany. Požadavek minimálního proudění vzduchu skrze otevřené dveře je aktuálně platným normovým požadavkem na základě Změny: Z3, ČSN 73 0802 [13], která je platná od února 2020.

Rychlost proudění vzduchu skrze otevřené dveře mezi CHÚC a prostorem s požárem byla na základě požární výšky $h = 46,8$ m dle [13] uvažována $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Ze získané dokumentace se nepodařilo zjistit, zda se v objektu vyskytují shromažďovací prostory $\geq 2 \text{ SP} / \text{VP} 3$, nebo zda jde o vnitřní zásahovou cestu. V těchto případech je kladen vyšší požadavek na rychlost proudění vzduchu skrze otevřené dveře.

Měření rychlosti proudění vzduchu v otevřených dveřích bylo prováděno mezi dveřmi oddělující prostor se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku v 1. a ve 4. NP. K tomuto měření byla sestavena měřicí síť a měření bylo provedeno v osmi stejnoměrně rozmístěných bodech ve dveřním otvoru, čímž byla zjištěna přesná rychlost proudění vzduchu viz kapitola 8.1.1.4. K měření byl použit kalibrovaný lopatkový anemometr Testo 400. Průběh měření rychlosti proudění vzduchu skrze otevřené dveře je znázorněn na obr. 39 a obr. 40.



obr. 39 - Průběh měření rychlosti proudění vzduchu skrze otevřené dveře ve 4.NP



obr. 40 - Průběh měření rychlosti proudění vzduchu skrze otevřené dveře v 1.NP

Při měření rychlosti proudění vzduchu skrze otevřené dveře mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku byly otevřeny pouze dveře, ve kterých probíhalo měření. V 1. NP byla z naměřených hodnot stanovena průměrná rychlost proudění vzduchu $0,86 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Měření ve 4. NP bylo nutné přerušit, jelikož došlo k narušení zkoušky vlivem otevření dveří v nižším podlaží a pohybu osob po této CHÚC.

Stanovená průměrná rychlost proudění vzduchu je $0,86 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a nespĺňuje dnešní normativní požadavky, jelikož na základě požární výšky $h = 46,8 \text{ m}$ je požadována hodnota rychlosti proudění vzduchu skrze otevřený otvor nejméně $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nutno však podotknout, že zkouška probíhala pouze za otevření měřeného dveřního otvoru. Pokud by byly na základě stavební dispozice a způsobu evakuace otevřeny i dveře na VP hodnota průměrné rychlosti proudění vzduchu skrze otevřené dveře by byla nižší.

10.3.4 Analýza výsledků prvního ověření funkčnosti přetlakového větrání

Měření parametrů zařízení prokázalo, že CHÚC typu B bez požární předsíně s přetlakovým větráním nespĺnila při kontrole návrhové požadavky, které byly stanoveny v projektové dokumentaci.

Objemový průtok přírodního vzduchu na měřené stěnové vyústce, který byl stanoven návrhovou hodnotou na základě požadované výměny vzduchu, byl nedostatečný. Z provedeného měření na jedné stěnové mřížové vyústce nelze s jistotou tvrdit, že celkový objemový průtok přírodního vzduchu nespĺňuje návrhové hodnoty, které byly stanoveny v projektové dokumentaci. Tímto by však musel být ostatními stěnovými vyústky kompenzován rozdíl ztráty objemového průtoku přírodního vzduchu na této měřené stěnové vyústce.

Naměřený rozdíl tlaků při tomto měření byl velice malý. Tento vzniklý přetlak mezi prostory se zvýšeným tlakem a prostory bez zvýšeného tlaku lze přirovnat k přetlaku odpovídajícímu u nuceného větrání, který vzniká jako vedlejší jev viz kapitola 4.2. Z naměřených hodnot nelze považovat toto požární větrání jako přetlakové, neboť přetlak není dominantním jevem tohoto požárního větrání. Z hlediska absence přetlaku mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku spočívá hlavní problém v konstrukcích kouřotěsných dveří napříč celou CHÚC, kterými skrze jejich vlastní netěsnosti unikalo značné množství vzduchu a v samočinně otevíratelném světlíku, který je osazen v nejvyšším místě CHÚC místo přetlakové klapky, a který není schopen udržet stanovený přetlak v návrhových hodnotách.

Dále bylo měřením parametrů zařízení prokázáno, že CHÚC typu B bez požární předsíně s přetlakovým větráním není schopna plnit aktuální normativní požadavky, avšak tyto požadavky byly měřeny pouze pro porovnání vývoje normativních požadavků v českých kmenových normách, nikoli pro ověření návrhových hodnot, které byly stanoveny v projektové dokumentaci.

Naměřené hodnoty síly potřebné k otevření dveří sice splnily aktuální normativní požadavky, neboť nejvyšší naměřená hodnota ze všech měření byla $76,8 \text{ N}$. Nutno však podotknout, že zkouška probíhala pouze ve dvou podlažích a případné naměřené hodnoty v jiných podlažích by mohli přesáhnout hodnotu 100 N . Dále je nutno konstatovat, že byly naměřeny poměrně vysoké hodnoty, a to téměř bez působení přetlaku. Vzhledem k tomuto faktu je přinejmenším diskutabilní, zda by síla potřebná pro otevření dveří, při správné funkčnosti přetlakového větrání a působení přetlaku na tyto dveře, nepřesáhla hodnotu 100 N . Takto vysoké hodnoty, které byly naměřeny téměř bez působení přetlaku, přisuzují chybnému nastavení samozavíračů u měřených dveří ústících do CHÚC.

Stanovená průměrná rychlost proudění vzduchu skrze otevřený dveřní otvor nesplňovala dnešní normativní požadavky, a to ani za příznivějšího stavu počtu otevřených dveří. Zkouška probíhala pouze za otevření měřeného dveřního otvoru. Pokud by byly na základě stavební dispozice a způsobu evakuace otevřeny i dveře na VP hodnota průměrné rychlosti proudění vzduchu skrze otevřené dveře by byla nižší, avšak ani za těchto příznivějších podmínek měření se nepodařilo dosáhnout splnění aktuálních normativních požadavků.

10.4 Druhé ověření funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC

Účelem druhého ověření funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC bylo zpřesnění a ověření výsledků, které byly stanoveny jednotlivými měřeními z prvního ověření funkčnosti přetlakového větrání, ve vybrané CHÚC viz *kapitola 10.3*. Stávající výsledky z prvního ověření byly prezentovány na základě provedení malého množství jednotlivých měření, které nebyly provedeny na všech koncových distribučních prvcích nebo v různých výškových úrovních CHÚC viz *kapitola 8*.

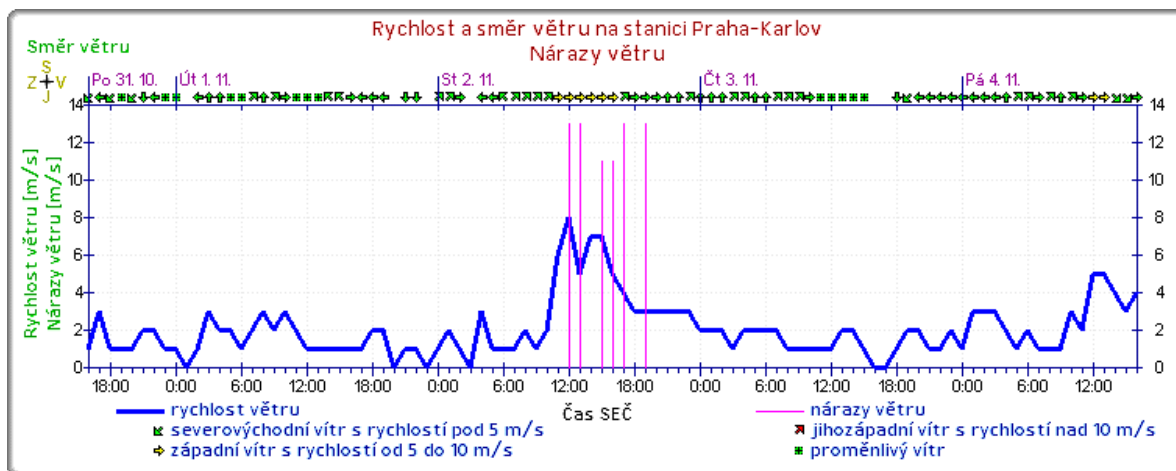
Sestavení scénáře pro fyzické ověření funkčnosti přetlakového větrání proběhlo pouze pro ověření návrhových hodnot, které byly stanoveny v projektové dokumentaci. Ověření návrhových hodnot proběhlo jednotlivými měřeními na všech koncových distribučních prvcích a v různých výškových úrovních CHÚC. Tímto ověřením vzniká vyšší časová náročnost na provedení a z tohoto důvodu nebylo do tohoto scénáře zahrnuto ověření zařízení, zda je schopno plnit i aktuálně platné normativní požadavky.

Hlavním kritériem pro zvolení této volby scénáře bylo ověření návrhových hodnot, které bylo nutné provést v co nejkratším časovém intervalu, a to z důvodu, aby po co nejmenší časový úsek byla měřením omezena přístupnost této CHÚC, a aby z hlediska spotřeby energie přetlakové větrání CHÚC běželo co nejkratší dobu. Jednotlivá měření pro ověření návrhových hodnot probíhala ve středu 2. 11. 2022 během pracovní doby v budově.

Jednotlivá měření prezentovaná v následujících podkapitolách se prováděla za podmínek ustáleného stavu požárního větrání a byla dokončena v krátkém časovém intervalu ve stejný den. Tímto byla snaha minimalizovat vliv vnějších povětrnostních podmínek, např. větru a teploty. Průměrné hodnoty teploty na schodišti, budově a venku byly 23,3 °C, 24,8 °C a 13,3 °C, průměrná hodnota relativní vlhkosti (RH) na schodišti byla 41,2 %.

Dále je nutné podotknout, že v den zkoušky, byly nepříznivé povětrnostní podmínky. Dle nejbližší profesionální stanice Českého hydrometeorologického ústavu (Praha – Karlov) [48] se rychlosti větru v čase měření (10:50 až 12:45) pohybovaly mezi 7 až 8 m·s⁻¹ s nárazy větru dosahující 13 m·s⁻¹ viz *obr. 41*.

Pokud probíhají zkoušky, kde vnější podmínky jsou ovlivňovány silným nebo nárazovým větrem, může být nemožné dosáhnout návrhových hodnot rozdílů tlaků [28].



obr. 41 – Graf rychlostí větru v průběhu měření na stanici Praha-Karlov (<https://www.chmi.cz/>)

10.4.1 Příprava před zahájením měření

Nejdůležitějším předpokladem pro měření bylo zapůjčení kalibrovaných měřicích zařízení ze Státního zdravotního ústavu. Těmito zařízeními byly: univerzální přístroje pro měření klimatických veličin, vrtulkový anemometr, manometr, měřič síly, svinovací metr, vlhkoměr a teploměr se záznamníkem. Využití jednotlivých měřicích zařízení je popsáno v konkrétních měření fyzikálních veličin v následujících kapitolách a jejich kalibrační listy jsou uvedeny v Příloze A.

Pro přívod elektrické energie do CHÚC z důvodu napájení vybraných měřicích zařízení byly použity prodlužovací kabely, které byly vedeny přes přirozené netěsnosti dveří a tímto vedením neovlivňovaly výsledky jednotlivých měření. Dále byl zajištěn přívod elektrické energie z el. požární rozvodny na střechu objektu k samočinně otevíratelnému světlíku pomocí 50 m prodlužovacího kabelu.

Stávajícím nedostatkem v této CHÚC byly neosazené dveře v 1. PP viz obr. 32. Opravení tohoto chybějícího dveřního otvoru se od prvního ověření funkčnosti přetlakového větrání nepodařilo správně objektu vyřešit. Utěsnění tohoto dveřního otvoru proběhlo stejným způsobem, jako při prvním ověření funkčnosti přetlakového větrání, a to za pomoci použití LDPE zakrývací plachty o tloušťce 75 μm viz kapitola 10.3.1.

Před samotným zahájením měření dále proběhlo uzavření všech okenních a dveřních otvorů, kterými by mohlo docházet k úniku vzduchu z prostor CHÚC. Jednotlivá měření se prováděla během pracovní doby v budově, a proto bylo nutné zajistit schodišťové dveře proti nekontrolovanému otevření uživatelem objektu. Toto nekontrolovatelné otevření dveří do CHÚC způsobí únik vzduchu do chodeb a zásadně ovlivní přesnost výsledků měření.

Na základě získaných poznatků z prvního ověření funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC (kapitola 10.3) se nelze spoléhat na použitý způsob zajištění schodišťových dveří. Dosavadní způsob zajištění dveří proti nekontrolovanému otevření uživatelem objektu spočíval pouze v podobě informativní cedulky vylepené na dveřích viz obr. 34. Tento způsob však nebyl uživateli objektu respektován viz kapitola 10.3.3.2 a otevřením dveří došlo k přerušení zkoušky. Z tohoto důvodu byl pro uživatele objektu vytvořen dotazník, jehož otázky byly zaměřeny na chování osob a respektování zákazu vstupu do schodišťového prostoru. Dotazník vyplnilo celkem 80 respondentů, úplné znění dotazníku je uvedeno v Příloze B a jeho vyhodnocení je uvedeno v Příloze C.

Dle respondentů bylo natažení výstražné pásky s nápisem „ZÁKAZ VSTUPU“ přes dveře do schodiště nejvíce preferované opatření pro zajištění dveří proti nekontrolovanému otevření uživatelem objektu. Tento respondenty nejvíce preferovaný způsob zajištění, který byl použit při druhém ověření funkčnosti přetlakového větrání CHÚC, byl dále doplněn o informativní cedulku umístěnou na dveřích oznamující průběh měření v konkrétním čase a textem zakazující vstup do schodišťového prostoru. Zajištění schodišťového prostoru proti nekontrolovanému otevření dveří je znázorněno na *obr. 42*.



obr. 42 – Zajištění schodišťového prostoru proti nekontrolovanému otevření dveří

10.4.2 Ověření návrhových hodnot stanovených v projektové dokumentaci

Návrhové hodnoty pro přetlakové větrání CHÚC typu B bez požární předsíně, které byly stanoveny v projektové dokumentaci a které byly ověřovány měřením fyzikálních veličin, jsou objemový průtok přírodního vzduchu ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) a rozdíl tlaků mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku (Pa).

10.4.2.1 Rozdíl tlaků mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku

Při tomto měření bylo zjišťováno, zda u přetlakového větrání CHÚC je dodržen požadovaný přetlak vůči přilehlým prostorám. Návrhové hodnoty uvedené v projektové dokumentaci viz *kapitola 10.2* stanovují, že přetlak mezi CHÚC a ostatními prostory bude nejméně 25 Pa. Maximální hodnota přetlaku je omezena hodnotou 100 Pa.

Měření rozdílů tlaků mezi prostory se zvýšeným tlakem a prostory bez zvýšeného tlaku probíhalo v různých výškových úrovních postupně po celé výšce budovy, a to vždy na každém lichém nadzemním podlaží (13. NP, 11. NP, 9. NP, 7. NP, 5. NP, 3.NP a 1.NP) skrze pravé dveře z pohledu výstupního ramene schodiště. K tomuto měření byl použit univerzální přístroj pro měření klimatických veličin Testo 400, který se po celou dobu měření nacházel v CHÚC, a ze kterého byla vždy vyvedena hladká silikonová hadička o vnějším průměru 7 mm přes přirozenou netěsnost dveří do prostoru chodby (prostor bez zvýšeného tlaku). Průběh měření rozdílů tlaků a použitý univerzální přístroj pro měření klimatických veličin Testo 400 jsou znázorněny na *obr. 43* a *obr. 44*.

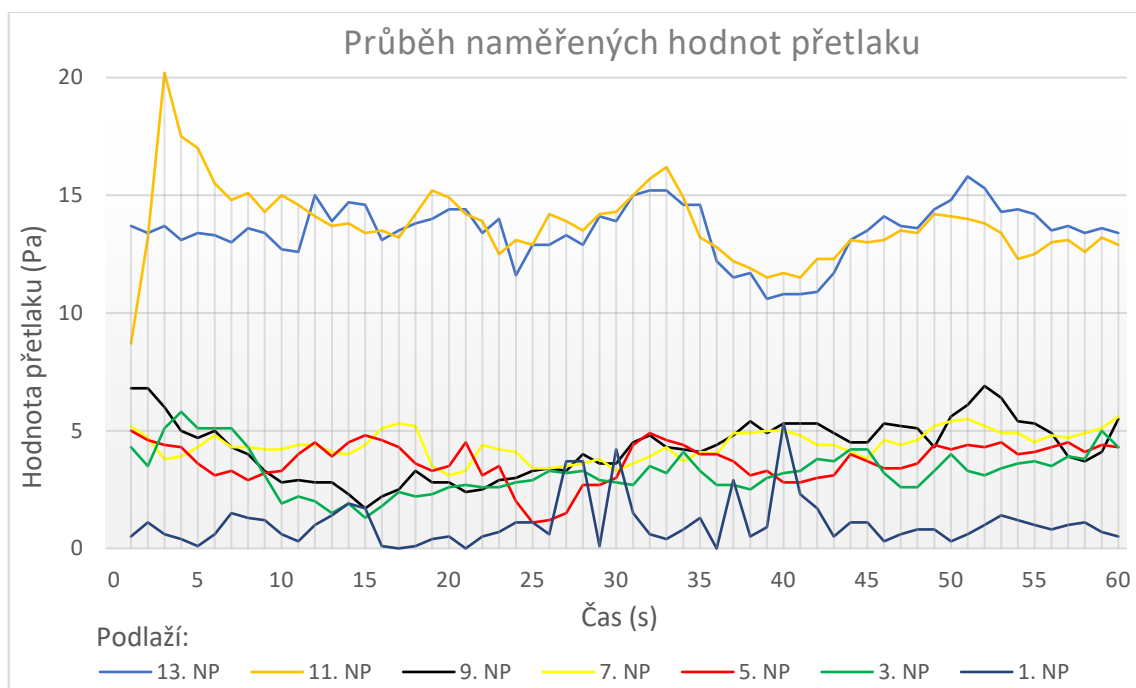


obr. 43 - Použitý univerzální přístroj pro měření klimatických veličin Testo 400



obr. 44 - Průběh měření rozdílů tlaků v 1. NP

Hodnoty rozdílů tlaků byly zaznamenávány na výše zmíněných podlažích v časovém sledu po dobu 60 sekund. Cyklus měření byl nastaven po jedné sekundě. Naměřené hodnoty rozdílů tlaků v jednotlivých podlažích během měřeného časového intervalu, při průměrném tlaku vzduchu v budově 995 hPa, jsou uvedeny v Příloze D a znázorněny na obr. 45.



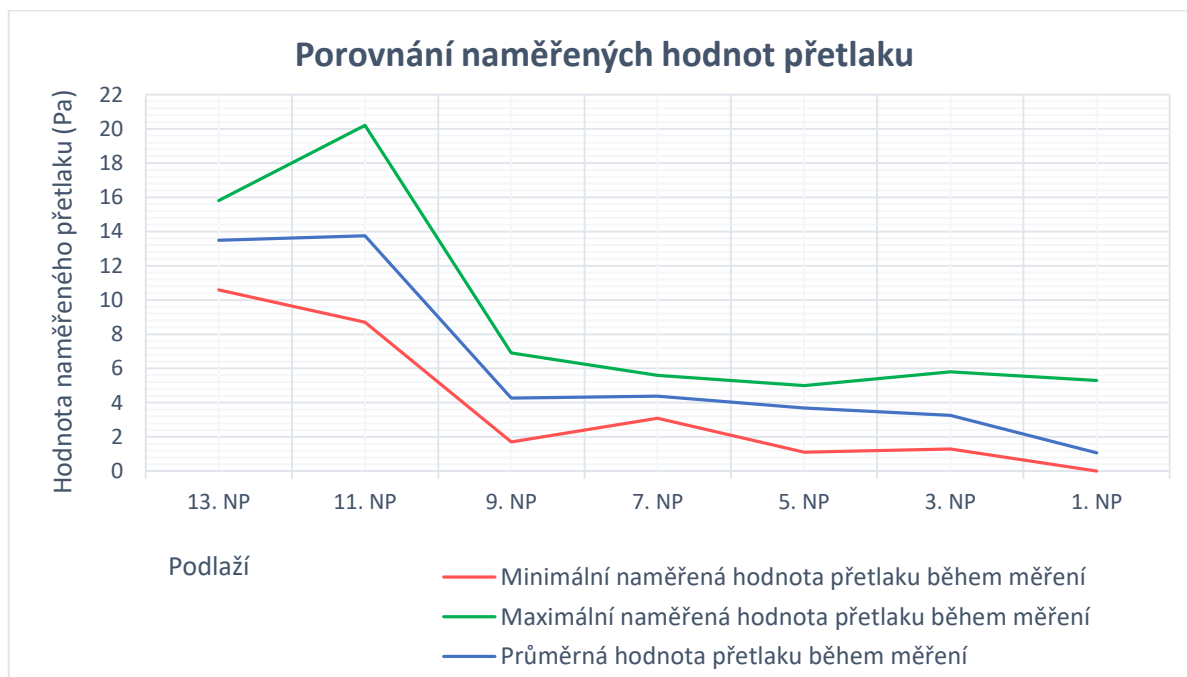
obr. 45 - Graf průběhu naměřených hodnot přetlaku v různých výškových úrovních během časového intervalu 60 sekund

Z výše uvedených hodnot je patrné, že nevyšší hodnoty přetlaku byly naměřeny v horní třetině výšky budovy. Dále lze pozorovat, že s nižší výškou, ve které bylo měření prováděno, klesaly i hodnoty naměřeného přetlaku vůči přilehlým prostorům. Dále lze pozorovat, že od 9. NP níže se hodnoty naměřeného přetlaku příliš nelišily s výjimkou 1. NP, kde byly naměřeny nejnižší hodnoty během celého měření. Přehled naměřených minimálních, maximálních a průměrných hodnot přetlaku dle měřeného podlaží je uveden v *tab. 5*.

tab. 5 - Přehled naměřených minimálních, maximálních a průměrných hodnot přetlaku dle měřeného podlaží

Minimální, maximální a průměrné hodnoty přetlaku							
Typ hodnoty přetlaku	Měřené podlaží						
	13. NP	11. NP	9. NP	7. NP	5. NP	3. NP	1. NP
Minimální hodnota přetlaku (Pa)	10,60	8,70	1,70	3,10	1,10	1,30	0,00
Maximální hodnota přetlaku (Pa)	15,80	20,20	6,90	5,60	5,00	5,80	5,30
Průměrná hodnota přetlaku (Pa)	13,50	13,75	4,26	4,39	3,70	3,27	1,07

Z výše uvedené *tab. 5* je patrné, že hodnoty naměřeného přetlaku mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku nejsou dostatečné z pohledu návrhových hodnot, které byly stanoveny v projektové dokumentaci (25 Pa). Nejbližše se k návrhovým hodnotám přiblížila maximální hodnota přetlaku naměřená v 11. NP (20,2 Pa). Naopak minimální hodnota naměřeného přetlaku byla zaznamenána v 1. NP, kde její hodnota byla rovna nule (0 Pa). Grafické porovnání naměřených minimálních, maximálních a průměrných hodnot přetlaku mezi jednotlivými podlažími je znázorněno na *obr. 46*.



obr. 46 – Grafické porovnání naměřených hodnot přetlaku mezi jednotlivými podlažími.

Při tomto měření se opět prokázalo, že naměřené hodnoty vzniklého přetlaku nebyly dostatečné z pohledu návrhových hodnot. Vzniklý přetlak nebyl s výjimkou nejvyšších podlažích dominantním jevem, ale opět spíše odpovídal hodnotám přetlaku, jež vznikne jako vedlejší jev u nuceného větrání CHÚC.

Dále se opět prokázalo, že samočinně otevíratelný světlík na střeše objektu viz *obr. 31* není schopen udržet stanovenou úroveň přetlaku. Velké množství větracího vzduchu z CHÚC také unikalo přes netěsnosti kouřotěsných dveří napříč celou CHÚC. Stav kouřotěsných dveří v současnosti neumožňuje plnit svou požadovanou funkci. Důvodem je poškozená nebo zteřelá zpěňující kouřotěsná páska, která neumožňuje úplné dovření dveří. Dalším nedostatkem je stav některých dveřních samozavíračů, kvůli kterým se dveře nedají dovřít. Nejhorší stav dveří je znázorněn v *kapitole 11.2*, ve které byla prováděna netoxická kouřová zkouška.

10.4.2.2 Objemový průtok přírodního vzduchu

Při tomto ověřování bylo zjišťováno, zda dodávaný vzduch do prostoru CHÚC odpovídá návrhovému objemovému průtoku přírodního vzduchu, který je stanoven hodnotou $21\,600\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Za účelem tohoto zjištění byly měřeny rychlosti proudění na všech koncových distribučních prvcích (stěnových vyústkách). Objemový průtok přírodního vzduchu na všech těchto vyústkách byl v projektové dokumentaci [47] stanoven shodně hodnotou $4\,320\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Pro měření rychlosti proudění byl každý pravoúhlý distribuční prvek rozdělen na stejné dílčí průřezy se stejnou plochou, kdy jednotlivé měřicí body se nacházely ve středu těchto dílčích ploch. Z takto naměřených rychlostí proudění byla dále stanovena hodnota střední rychlosti proudění vzduchu. K tomuto měření byl použit kalibrovaný lopatkový anemometr Testo 400. Průběh měření je znázorněn na *obr. 47*.



obr. 47 – Průběh měření rychlostí proudění na stěnové vyústce ve 13. NP

Následně bylo nutné stanovit přesné hodnoty volných výtokových ploch A_k (m^2) na všech stěnových vyústkách, ze kterých byl následně dopočítán objemový průtok přírodního vzduchu. Hodnoty volných výtokových ploch byly doposud neznámé a za účelem jejich zjištění bylo provedeno fyzické měření geometrických rozměrů jednotlivých vyústek. Celý postup výpočtu celkového

objemového průtoku přírodního vzduchu (včetně výpočtů středních rychlostí proudění a volných výtokových ploch) a přehled naměřených hodnot rychlostí proudění vzduchu v jednotlivých měřicích bodech na jednotlivých vyústkách je uveden v *Příloze E*.

Výpočtem uvedeným v *Příloze E* byl stanoven celkový objemový průtok přírodního vzduchu o hodnotě **5 998 m³·h⁻¹**. Touto hodnotou stanovenou na základě provedeného měření a následného výpočtu nebyl dodržen návrhový objemový průtok přírodního vzduchu v této CHÚC (navržený objemový průtok přírodního vzduchu = **21 600 m³·h⁻¹**).

Celkový objemový průtok přírodního vzduchu stanovený výpočtem uvedeným v *Příloze E* vykazuje příliš malou hodnotu objemového průtoku přírodního vzduchu (5 998 m³·h⁻¹) a její skutečnost se jeví jako velmi nepravděpodobná. Měření rychlosti proudění v distribučních prvcích probíhalo dle Metodického postupu pro ověřování funkčnosti požárního větrání [25], avšak toto měření je méně přesné, neboť zde vlivem vestavby částí distribučních prvků dochází k nepravidelnému rozložení rychlosti proudění a ovlivnění výsledků měření četnými lokálními víry. Další nesrovnalostí mohou být chybně určené hodnoty volných výtokových ploch na jednotlivých stěnových vyústkách, které byly doposud neznámé a za účelem jejich zjištění bylo provedeno fyzické měření jejich geometrických rozměrů (ve výpočtu byla uvažována volná výtoková plocha mřížky po odečtení lamel). Po detailním rozboru způsobu provedeného měření bylo zjištěno, že vrtulková sonda byla při měření umístována 20 mm od vyústky. Navíc vrtulková sonda sama o sobě je umístěna (zapuštěna) 10 mm v držáku vrtulky. To znamená, že při měření byla vlastní vrtulka umístěna 30 mm od stěnové vyústky. Proto byl navíc proveden kontrolní výpočet objemového průtoku přírodního vzduchu (viz *Příloha E, kapitola E.7*), pokud by byla uvažována celá plocha vyústky jako výtoková plocha tj. bez odečtení lamel. Tímto způsobem ovšem vychází, že by bylo přivedeno přes vyústky **25 950 m³·h⁻¹**, což je více, než bylo naměřeno na přívodu na střeše. Takže ani tato hodnota není použitelná.

Jak je vidět, určení volných výtokových ploch zásadně ovlivní hodnoty objemových průtoků přírodního vzduchu na jednotlivých stěnových vyústkách a hodnotu celkového objemového průtoku přírodního vzduchu.

Na základě nevěrohodnosti výše uvedených hodnot celkového objemového průtoku přírodního vzduchu bylo nutné provést kontrolní měření této hodnoty založené na jiném způsobu měření (měření objemového průtoku s integrovaným usměrňovačem proudění - trychtýřem). Provedení kontrolního měření návrhových parametrů je popsáno v *kapitole 10.4.3*.

10.4.2.3 Objemový průtok nasávaného vzduchu

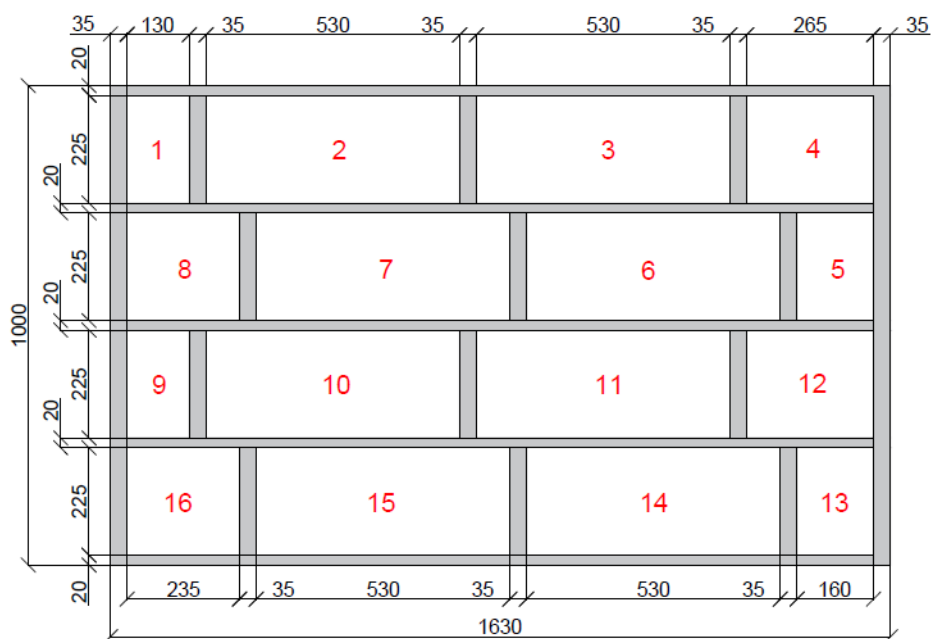
Přívod vzduchu je zajištěn radiálním ventilátorem ve venkovním provedení, umístěným na střeše objektu. Při tomto měření bylo zjišťováno, zda radiální ventilátor umístěný na střeše objektu nasává dostatečné množství vzduchu pro přetlakové větrání CHÚC.

Pro stanovení objemového průtoku nasávaného vzduchu byly měření rychlosti proudění vzduchu podrobeny jednotlivé nasávací otvory krytu venkovního ventilátoru. K tomuto měření byl použit kalibrovaný lopatkový anemometr Testo 400. Průběh měření rychlostí proudění nasávaného vzduchu je znázorněn na *obr. 48*.



obr. 48 – Průběh měření rychlosti proudění nasávaného vzduchu v nasávacím otvoru

Tímto měřením bylo změřeno celkem 16 rychlostí proudění v jednotlivých nasávacích otvorech. Schématické rozmístění jednotlivých nasávacích otvorů na krytu venkovního ventilátoru je znázorněno na obr. 49. Jednotlivé naměřené hodnoty rychlostí proudění vzduchu a stanovení objemového průtoku nasávaného vzduchu je uvedeno v tab. 6.



obr. 49 – Schématické rozmístění nasávacích otvorů na krytu ventilátoru (rozměry uvedeny v mm)

tab. 6 - Stanovení objemového průtoku nasávaného vzduchu

Objemový průtok nasávaného vzduchu			
Číslo otvoru	Rychlost proudění vzduchu ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	Plocha nasávacího otvoru (m^2)	Objemový průtok nasávaného vzduchu ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)
1	6,11	0,0293	0,1787
2	6,23	0,1193	0,7429
3	5,07	0,1193	0,6046
4	2,68	0,0596	0,1598
5	5,34	0,0360	0,1922
6	5,20	0,1193	0,6201
7	5,51	0,1193	0,6571
8	1,15	0,0529	0,0608
9	1,50	0,0293	0,0439
10	5,41	0,1193	0,6451
11	5,30	0,1193	0,6320
12	1,60	0,0596	0,0954
13	4,00	0,0360	0,1440
14	5,62	0,1193	0,6702
15	4,98	0,1193	0,5939
16	1,06	0,0529	0,0560
Celkový objemový průtok nasávaného vzduchu ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)			6,0968
Celkový objemový průtok nasávaného vzduchu ($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$)			21 948,45

Měřením rychlostí proudění nasávaného vzduchu v jednotlivých nasávacích otvorech byl stanoven objemový průtok nasávaného vzduchu o hodnotě **21 948 $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$** . Z tohoto pohledu je množství nasávaného vzduchu vzhledem k navrženému objemovému průtoku přírodního vzduchu ($21\,600\ \text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$) dostatečné.

10.4.2.4 Objemový průtok odváděného vzduchu

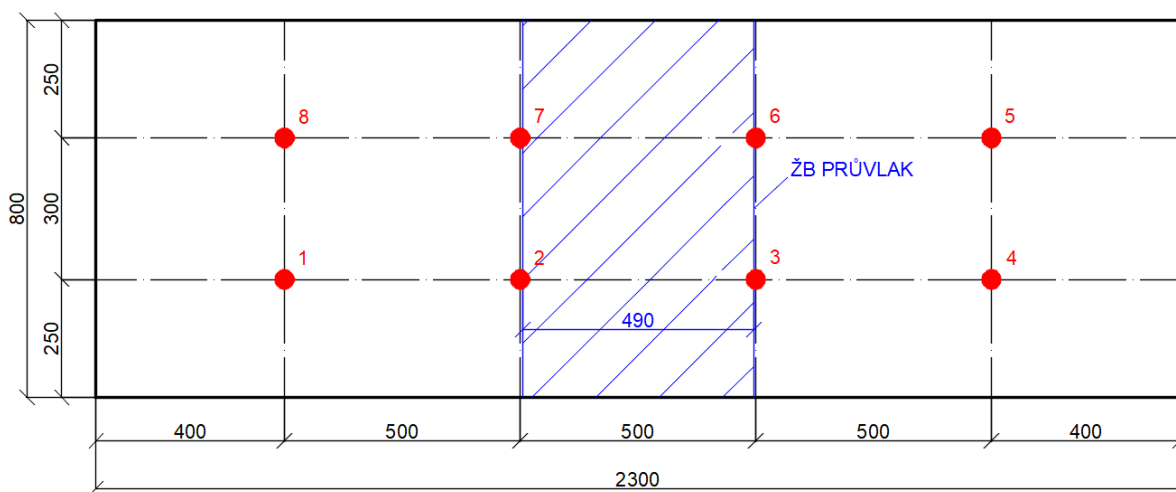
Odvodním prvkem je samočinně otevíratelný světlík, jehož využití v nejvyšším místě CHÚC je v rozporu s projektovou dokumentací, neboť by zde měla být samočinná přetlaková klapka, která je schopna udržet stanovenou úroveň přetlaku mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku.

Stanovení objemového průtoku odváděného vzduchu proběhlo za účelem zjištění množství ztrát větracího vzduchu skrze netěsnosti z prostoru se zvýšeným tlakem při zavřených dveřích. Pro toto stanovení byly měřeny rychlosti proudění na samočinně otevíratelném světlíku viz obr. 50.



obr. 50 – Otevřený samočinně otevíratelný světlík při simulaci požární situace

Pro jednotlivé rychlosti proudění, ze kterých byla stanovena střední rychlost proudění a následný objemový průtok odváděného vzduchu, byla na samočinně otevíratelném světlíku sestavena měřicí síť, na které bylo změřeno celkem 8 měřicích bodů viz obr. 51. K tomuto měření byl použit kalibrovaný lopatkový anemometr Testo 400 a jednotlivé hodnoty rychlosti proudění v měřicích bodech jsou uvedeny v tab. 7. Je nutné zmínit, že do výtokové plochy světlíku zasahuje železobetonový průvlak, který byl vzhledem k síti měřicích bodů ve stejné úrovni, a který ovlivnil naměřené rychlosti proudění vzduchu v jednotlivých bodech měření.



obr. 51 – Měřicí síť na samočinně otevíratelném světlíku (rozměry uvedeny v mm)

tab. 7 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na samočinně otevíratelném světlíku v jednotlivých měřicích bodech

Číslo měřicího bodu	1	2	3	4	5	6	7	8
Rychlost proudění vzduchu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	1,51	2,33	1,47	3,58	3,38	0,83	3,04	1,95

Z výše naměřených hodnot rychlosti proudění byla stanovena střední rychlost proudění vzduchu na tomto samočinně otevíratelném světlíku následovně:

- $v_x (m \cdot s^{-1})$ Rychlost proudění vzduchu v měřicím bodě
- $v_s (m \cdot s^{-1})$ Střední rychlost proudění
- $v_s = \frac{\text{Celkový součet jednotlivých hodnot rychlostí proudění } v_x (m \cdot s^{-1})}{\text{Celkový počet měřicích bodů}}$
- $v_s (m \cdot s^{-1}) = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_7 + v_8}{8}$
- $v_s (m \cdot s^{-1}) = \frac{1,51 + 2,33 + 1,47 + 3,58 + 3,38 + 0,83 + 3,04 + 1,95}{8} =$
- $v_s = 2,26125 = \mathbf{2,26 m \cdot s^{-1}}$

Pro stanovení objemového průtoku odváděného vzduchu na samočinně otevíratelném světlíku bylo dále nutné zjistit jeho volnou výtokovou plochu $A_k (m^2)$. Určení volné výtokové plochy vycházelo z plochy světlíku stanovené na základě geometrických rozměrů a následným odečtením plochy ŽB průvlaku, který do této plochy zasahoval viz *obr. 51* a *obr. 52*.



obr. 52 – ŽB průvlak situovaný pod samočinně otevíratelným světlíkem

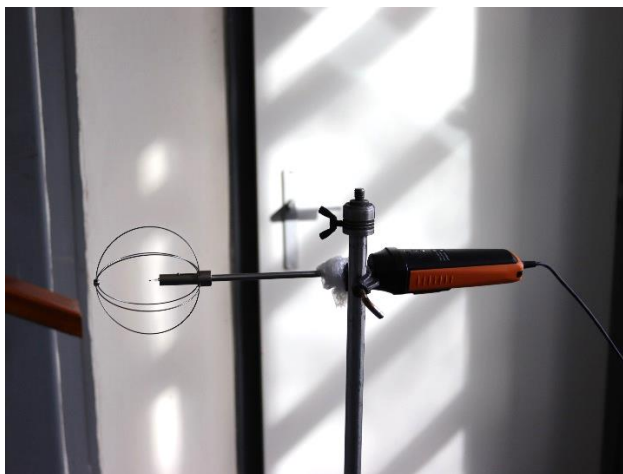
Stanovení volné výtokové plochy a objemového průtoku odváděného vzduchu proběhlo následovně:

- $A_k (m^2)$ Volná výtoková plocha
- $A_1 (m^2)$ Plocha světlíku
- $A_2 (m^2)$ Plocha ŽB průvlaku
- $Q_V (m^3 \cdot h^{-1})$ Objemový průtok odvodního vzduchu
- $A_k (m^2) = A_1 - A_2$
- $A_k (m^2) = 0,8 \cdot (2,3 - 0,49) = \mathbf{1,448 m^2}$
- $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3\,600$
- $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = 1,448 \cdot 2,26125 \cdot 3\,600 = 11\,787,444 = \mathbf{11\,787 m^3 \cdot h^{-1}}$

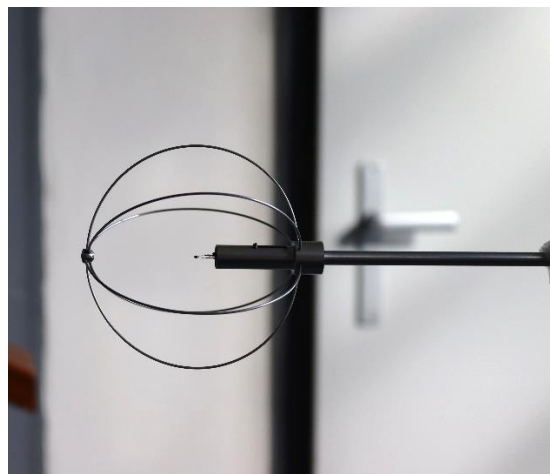
Při měření rychlostí proudění vzduchu na samočinně otevíratelném světlíku byla stanovena střední hodnota rychlosti proudění $2,26 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a po následném určení volné výtokové plochy $A_k = 1,448 \text{ m}^2$ byl dopočítán objemový průtok odváděného vzduchu o hodnotě **11 787 $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$** . Z pohledu funkčnosti přetlakového větrání se jedná o velmi vysokou hodnotu odváděného vzduchu z prostor se zvýšeným tlakem, při které lze jen stěží dodržet návrhové hodnoty rozdílu tlaků, které byly stanoveny v projektové dokumentaci.

10.4.2.5 Měření rychlosti proudění v bodě uvnitř CHÚC

Měření rychlosti proudění v bodě uvnitř CHÚC proběhlo jako doplňkové měření při druhém ověření funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC. K tomuto měření byl použit univerzální přístroj pro měření klimatických veličin Testo 400 spolu se sondou pro měření intenzity turbulence viz *obr. 53* a *obr. 54*.

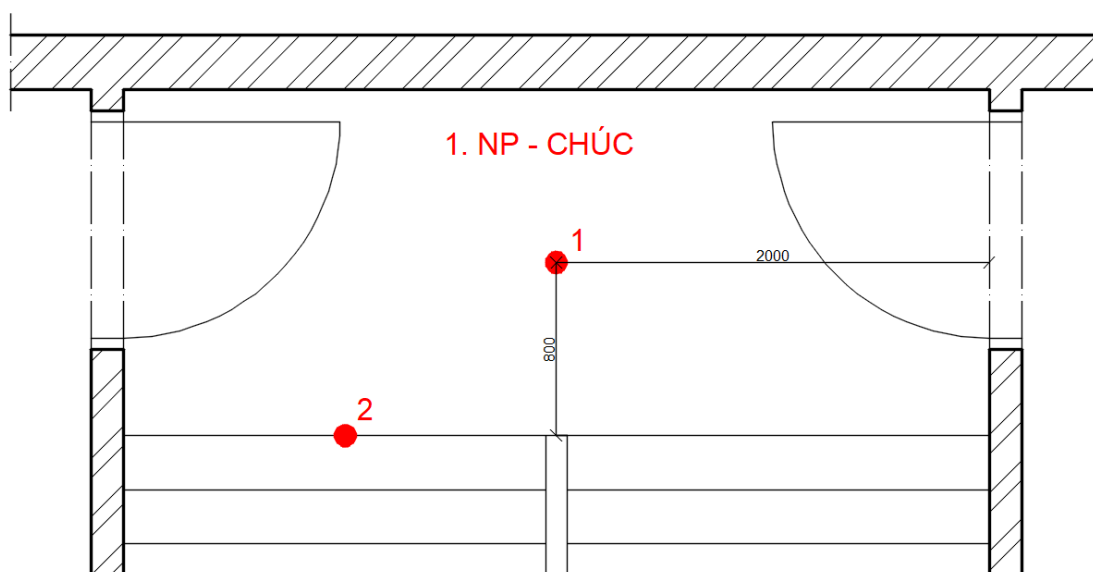


obr. 53 – Sonda pro měření intenzity turbulence



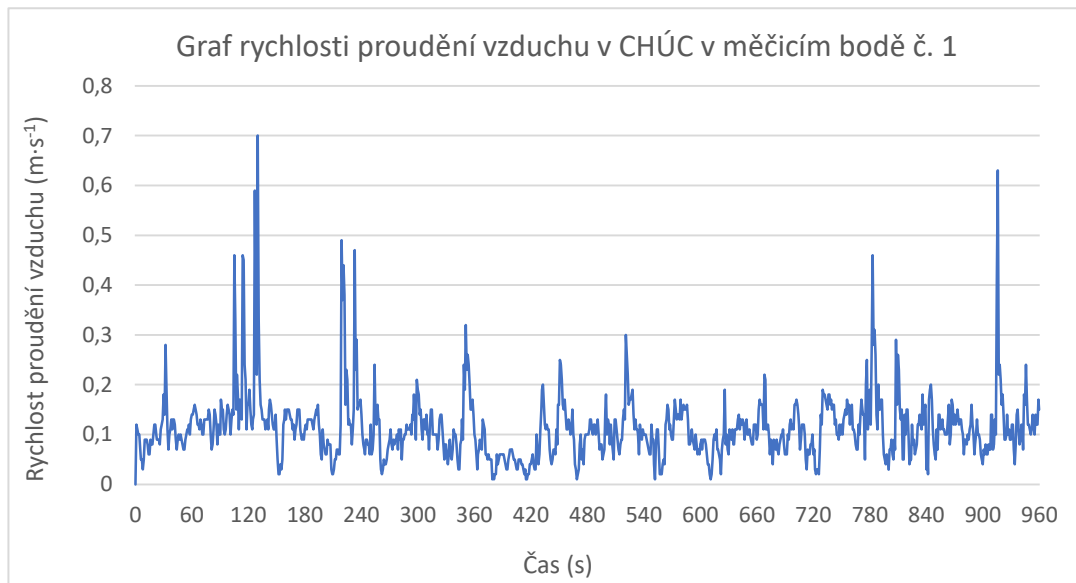
obr. 54 – Detail žhaveného drátku

Sonda byla během měření postupně umístěna ve dvou měřicích bodech v prostoru CHÚC v 1. NP, a to vždy ve výšce 1,2 m nad úrovní podlahy. Půdorysné umístění sondy v jednotlivých měřicích bodech uvnitř CHÚC je znázorněno na *obr. 55*.



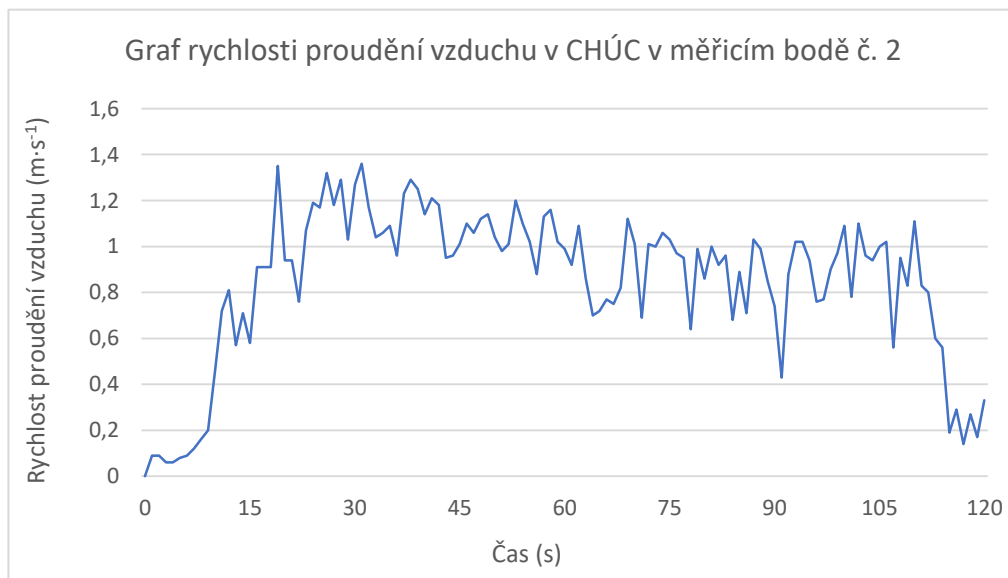
obr. 55 – Půdorysné umístění sondy pro měření intenzity turbulence v jednotlivých měřicích bodech

V měřicím bodě č. 1 sonda pro měření intenzity turbulence zaznamenávala hodnoty v časovém sledu po dobu 960 sekund (16 minut) při zapnutém přetlakovém větrání. Cyklus měření byl nastaven po jedné sekundě. Průměrná rychlost proudění vzduchu v tomto bodě během tohoto měření byla $0,113 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Graf rychlosti proudění v tomto bodě během časového sledu 960 sekund je uveden na obr. 56.



obr. 56 – Graf rychlosti proudění vzduchu v CHÚC v měřicím bodě č. 1

Po ukončení měření následoval přesun sondy pro měření intenzity turbulence do měřicího bodu č. 2. Přetlakové větrání CHÚC zůstalo v provozu. Následovalo spuštění měření s časovým odstupem 120 sekund od přemístění. Sonda pro měření intenzity turbulence zaznamenávala hodnoty v časovém sledu po dobu 120 sekund. Cyklus měření byl nastaven po jedné sekundě. Průměrná rychlost proudění vzduchu v tomto bodě během tohoto měření byla $0,857 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Graf rychlosti proudění v tomto bodě během časového sledu 120 sekund je uveden na obr. 57.



obr. 57 – Graf rychlosti proudění vzduchu v CHÚC v měřicím bodě č. 2

Z výše uvedených průměrných rychlostí proudění vzduchu v jednotlivých měřicích bodech lze usuzovat, že u měřicího bodu č. 1 je výsledek pravděpodobně ovlivněn pozicí uprostřed mezi dveřmi, kudy vzduch proudil do přilehlých chodeb. U měřicího bodu č. 2 je rychlost vyšší, jelikož sonda byla umístěna již nad hranou nástupního ramene schodiště. Z tohoto umístění lze usuzovat, že vyšší rychlosti napomáhala samotná geometrická uspořádání prostoru chodby a tedy usměrnění proudu vzduchu skrze měřicí bod. Proud vzduchu je více ustálen a nezasahuje do naměřené hodnoty tolik to, že se vzduch přes netěsnosti dveří ztrácí.

10.4.3 Kontrolní měření návrhových parametrů

Na základě nevěrohodné hodnoty celkového objemového průtoku přírodního vzduchu dopočítaného na vyústkách v CHÚC viz kapitola 10.4.2.2 bylo nutné provést kontrolní měření této hodnoty založené na jiném způsobu měření. Kontrolní měření návrhových parametrů spočívalo v provedení speciálního měření, jakožto další možnosti pro ověření funkčnosti požárního větrání a jeho podoba je popsána v následující podkapitole.

Jednotlivá kontrolní měření pro ověření návrhových hodnot objemového průtoku přírodního vzduchu probíhala v pátek 16. 12. 2022 během pracovní doby v budově. Veškerá měření probíhala za podmínek ustáleného stavu požárního větrání a byla dokončena v krátkém časovém intervalu ve stejný den. Tímto byla snaha minimalizovat vliv vnějších povětrnostních podmínek, např. větru a teploty. Průměrné hodnoty teploty na schodišti, budově a venku byly 19,6 °C, 21,3 °C a -3,2 °C, průměrná hodnota relativní vlhkosti (RH) na schodišti byla 26,8 %.

10.4.3.1 Objemový průtok přírodního vzduchu

Při tomto kontrolním měření bylo zjišťováno, zda dodávaný vzduch do prostoru CHÚC odpovídá návrhovému objemovému průtoku přírodního vzduchu, který byl v projektové dokumentaci stanoven hodnotou 21 600 m³·h⁻¹ a objemovému průtoku přírodního vzduchu stanoveného výpočtem uvedeným v Příloze E při druhém ověřování funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC.

Za účelem tohoto ověření byly objemové průtoky přírodního vzduchu z vyústek v 10. NP, 6. NP, 3. NP a 2. PP měřeny přístrojem pro měření objemového průtoku Testo 420 s integrovaným usměrňovačem proudění (trychtýřem) o rozměru 610x610 mm, který uklidňuje turbulentní proudění tak, aby se rovnoměrně rozložilo na měřicí přístroj.

Objemový průtok přírodního vzduchu z vyústky v 13. NP byl určen poměrově na základě procentuální změny objemového průtoku vyústky v 3. NP oproti její hodnotě stanovené výpočtem uvedeným v Příloze E, neboť jim při tomto výpočtu byla stanovena shodná hodnota volné výtokové plochy. Stanovení pouze přibližného objemového průtoku přírodního vzduchu na vyústce v 13. NP proběhlo z důvodu obtížné manipulace s trychtýřem ve výšce vyústky viz obr. 47.

Přístroj pro měření objemového průtoku Testo 420 s integrovaným usměrňovačem proudění je znázorněn na obr. 58.



obr. 58 – Příklad přístroje pro měření objemového průtoku Testo 420 s integrovaným usměrňovačem proudění

Vzhledem ke geometrickým rozměrům stěnových vyústek (10. NP, 6. NP a 3. NP) viz obr. 35 a rozměrům trychtýře pro usměrnění proudění vzduchu, probíhalo měření objemového průtoku přírodního vzduchu vždy nejprve na pravé polovině stěnové vyústky a následně byl změřen objemový průtok přírodního vzduchu na levé polovině stěnové vyústky.

Objemový průtok přírodního vzduchu na výše uvedených stěnových vyústkách byl dán součtem jednotlivých objemových průtoků naměřených na obou polovinách vyústky. Objemový průtok přírodního vzduchu na stěnové vyústce v 2. PP byl změřen jako celek (tzn. trychtýř pro usměrnění proudění vzduchu byl přiložen na celou plochu vyústky). Průběh měření objemových průtoků přírodního vzduchu je znázorněn na obr. 59 a naměřené hodnoty objemových průtoků přírodního vzduchu jsou uvedeny v tab. 8.



obr. 59 – Průběh měření objemového průtoku přírodního vzduchu na pravé polovině vyústky v 6. NP

tab. 8 - Přehled naměřených hodnot objemových průtoků přírodního vzduchu na jednotlivých vyústkách

Přehled naměřených hodnot objemových průtoků přírodního vzduchu				
Podlaží	10. NP	6. NP	3. NP	2. PP
Naměřená hodnota objemového průtoku přírodního vzduchu na levé polovině vyústky ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	1 955	1 349	1 297	-
Naměřená hodnota objemového průtoku přírodního vzduchu na pravé polovině vyústky ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	1 041	2 578	2 108	-
Celkový objemový průtok přírodního vzduchu stanovený součtem ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	2 996	3 927	3 405	2 654

Následně byly určeny procentuální změny objemových průtoků přírodního vzduchu oproti hodnotám objemových průtoků přírodního vzduchu stanovených výpočtem uvedeným v Příloze E. Procentuální změny objemových průtoků přírodního vzduchu jsou uvedeny v tab. 9.

tab. 9 - Procentuální změny objemových průtoků přírodního vzduchu

Procentuální změny objemových průtoků přírodního vzduchu				
Podlaží	10. NP	6. NP	3. NP	2. PP
Hodnota objemového průtoku přírodního vzduchu stanovená výpočtem uvedeným v Příloze E ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	778,427	752,392	1 749,852	613,206
Hodnota objemového průtoku přírodního vzduchu stanovená přístrojem pro měření objemového průtoku Testo 420 ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	2 996	3 927	3 405	2 654
Procentuální změna objemového průtoku přírodního vzduchu oproti hodnotě stanovené výpočtem uvedeným v Příloze E	384,88 %	521,94 %	194,59 %	432,81 %

Procentuální změna objemového průtoku přírodního vzduchu na vyústce v 3. NP zaznamenala nárůst o 194,59 % oproti hodnotě objemového průtoku přírodního vzduchu stanovené výpočtem uvedeným v Příloze E. Na základě tohoto poznatku byla určena přibližná hodnota objemového průtoku přírodního vzduchu vyústky ve 13. NP. Hodnota objemového průtoku přírodního vzduchu vyústky ve 13. NP, která byla stanovena výpočtem uvedeným v Příloze E, odpovídala hodnotě $1\,892 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a po zahrnutí 194,59% nárůstu je tato hodnota objemového průtoku přírodního vzduchu přibližně rovna **$3\,682 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$** .

Při tomto kontrolním měření byly naměřeny vyšší hodnoty objemových průtoků přírodního vzduchu v porovnání s výpočtem uvedeným v Příloze E. Hodnoty objemových průtoků přírodního vzduchu při tomto kontrolním měření byly v jednotlivých podlažích stanoveny následovně:

- Vyústka ve 13. NP – $3\,682 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- Vyústka v 10. NP – $2\,996 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- Vyústka v 6. NP – $3\,927 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- Vyústka ve 3. NP – $3\,405 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- Vyústka v 2. PP – $2\,654 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Žádná z výše uvedených hodnot objemového průtoku přírodního vzduchu na stěnové vyústce nesplnila návrhový objemový průtok přírodního vzduchu stanovený návrhovou hodnotou $4\,320\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Celkový objemový průtok přírodního vzduchu do prostor CHÚC daný součtem výše uvedených jednotlivých objemových průtoků přírodního vzduchu na stěnových vyústkách činí **$16\,664\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$** . Tato hodnota celkového objemového průtoku přírodního vzduchu tedy nesplnila návrhovou hodnotu, která byla stanovena v projektové dokumentaci ($21\,600\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$).

10.4.4 Analýza výsledků druhého ověření funkčnosti přetlakového větrání

Měřením parametrů zařízení při tomto druhém ověření funkčnosti přetlakového větrání se opět prokázalo, že CHÚC typu B bez požární předsíně nesplnila při kontrole návrhové požadavky, které byly stanoveny v projektové dokumentaci.

Naměřené hodnoty rozdílu tlaků mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku nebyly dostatečné z pohledu návrhových hodnot, které byly stanoveny v projektové dokumentaci (25 Pa). Nejbližší se k návrhovým hodnotám přiblížila maximální hodnota přetlaku naměřená v 11. NP (20,2 Pa). S nižší výškou, ve které bylo měření prováděno, klesaly i hodnoty naměřeného přetlaku vůči přilehlým prostorům. Minimální hodnota naměřeného přetlaku byla zaznamenána v 1. NP, kde její hodnota byla rovna nule (0 Pa). Vzniklý přetlak Po výšce CHÚC zde nebyl dominantním jevem, ale opět spíše odpovídal hodnotám přetlaku, jež vznikne jako vedlejší jev u nuceného větrání CHÚC.

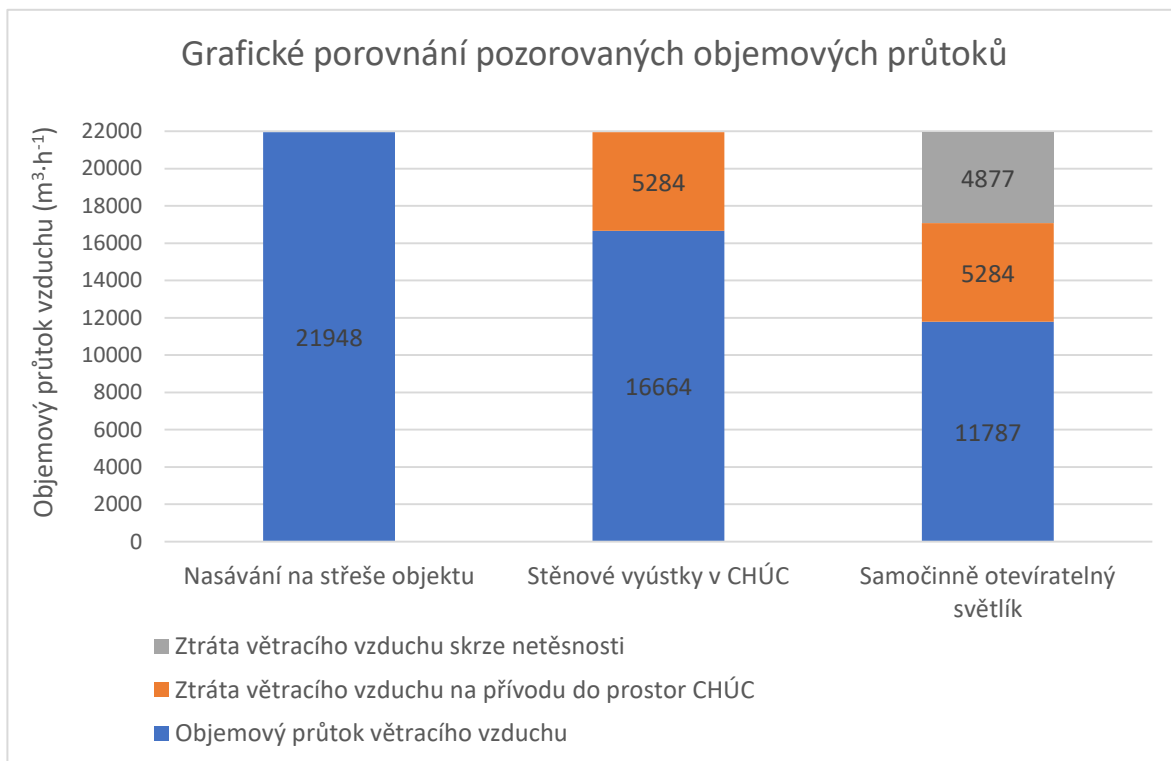
Dále se opět prokázalo, že samočinně otevíratelný světlík na střeše objektu viz *obr. 31* není schopen udržet stanovenou úroveň přetlaku. Velké množství větracího vzduchu z CHÚC také unikalo přes netěsnosti kouřotěsných dveří napříč celou CHÚC. Stav kouřotěsných dveří v současnosti neumožňuje plnit svou požadovanou funkci. Důvodem je poškozená nebo zteřelá zpěňující kouřotěsná páska, která neumožňuje úplné dovření dveří. Dalším nedostatkem je stav některých dveřních samozavíračů, kvůli kterým se dveře nedají dovřít.

Žádná z hodnot objemových průtoků přírodního vzduchu na stěnových vyústkách, které byly stanoveny kontrolním měřením, nesplnily návrhový objemový průtok přírodního vzduchu stanovený návrhovou hodnotou $4\,320\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Celkový objemový průtok přírodního vzduchu do prostor CHÚC stanovený z kontrolního měření činí $16\,664\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Tato hodnota celkového objemového průtoku přírodního vzduchu tedy nesplnila návrhovou hodnotu, která byla stanovena v projektové dokumentaci hodnotou $21\,600\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Dále bylo měřením rychlostí proudění nasávaného vzduchu v jednotlivých nasávacích otvorech a stanovením objemového průtoku nasávaného vzduchu zjištěno, že radiální ventilátor umístěný na střeše objektu nasává vzduch pro přetlakové větrání CHÚC o hodnotě $21\,948\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Z pohledu návrhových hodnot je množství nasávaného vzduchu vzhledem k navrženému objemovému průtoku přírodního vzduchu ($21\,600\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$) dostatečné.

Měřením rychlostí proudění vzduchu na samočinně otevíratelném světlíku byl stanoven objemový průtok odváděného vzduchu o hodnotě $11\,787\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Z pohledu funkčnosti přetlakového větrání se jedná o velmi vysokou hodnotu odváděného vzduchu z prostor se zvýšeným tlakem, při které lze jen stěží dodržet návrhové hodnoty rozdílu tlaků, které byly stanoveny v projektové dokumentaci.

Stanovením objemového průtoku nasávaného, přírodního a odváděného větracího vzduchu lze pozorovat množství ztrát větracího vzduchu na přívodu do prostor CHÚC a množství ztrát větracího vzduchu skrze netěsnosti z prostoru se zvýšeným tlakem při zavřených dveřích. Grafické porovnání těchto pozorovaných objemových průtoků je znázorněno na *obr. 60*.



obr. 60 – Grafické porovnání pozorovaných objemových průtoků

Z obr. 60 je patrný, pokles objemového průtoku přírodního vzduchu do prostoru CHÚC oproti objemovému průtoku nasávaného vzduchu na střeše objektu. Tento rozdíl ztráty větracího vzduchu činí $5\,284\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ (24,07 %). Z této hodnoty objemového průtoku přírodního vzduchu do prostor CHÚC skrze stěnové vyústky a hodnoty objemového průtoku odváděného vzduchu byla určena ztráta větracího vzduchu skrze netěsnosti z prostoru se zvýšeným tlakem při zavřených dveřích o hodnotě $4\,877\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ (22,22 %). K odvodnímu prvku, který by zde měl zadržet objemový průtok větracího vzduchu a na základě čehož by se v prostoru CHÚC měl vytvořit požadovaný přetlak, „doteče“ větrací vzduch o hodnotě $11\,787\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ (53,71 % z hodnoty objemového průtoku nasávaného vzduchu).

11 Provedení netoxické kouřové zkoušky ve vybrané CHÚC

V této kapitole je popsáno provedení netoxických kouřových zkoušek pro vybranou CHÚC. První provedení netoxické kouřové zkoušky se zabývalo pozorováním směru proudění kouře a postupným zlepšováním viditelnosti v prostoru CHÚC. V případě druhého provedení netoxické kouřové zkoušky byl pozorován případný průnik kouře z chodby do prostoru CHÚC.

11.1 První provedení netoxické kouřové zkoušky

První netoxická kouřová zkouška proběhla 29. 4. 2022 souběžně s fyzickým ověřením funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC viz *kapitola 10* a sloužila jako doplněk při tomto ověřování. Přípravy před provedením kouřové zkoušky odpovídají přípravám uvedeným v *kapitole 10.3.1*. Dále pro provedení zkoušky byl zapůjčen kouřový generátor z Katedry technických zařízení budov, Fakulty stavební ČVUT v Praze. Přívod elektrické energie byl zajištěn pomocí prodlužovacích kabelů, které byly vedeny přes přirozené netěsnosti dveří.

Průběh netoxické kouřové zkoušky proběhl dle Metodického postupu pro ověřování funkčnosti požárního větrání [25]. Kouřový generátor produkující netoxický kouř Hurricane 700 viz *obr. 61* a *obr. 62* s výkonem 471 W byl postupně umístěn na hlavní podestě v 1.NP a ve 4. NP, ve kterých probíhaly netoxické kouřové zkoušky.



obr. 61 - Použitý kouřový generátor Hurricane 700



obr. 62 - Netoxický kouř vyvíjený z kouřového generátoru

Před spuštěním požárního větrání produkoval kouřový generátor netoxický kouř přibližně (5-6 minut) do doby dosažení přijatelné zakouřenosti. Kritériem přijatelné zakouřenosti bylo zakouření netoxickým kouřem jednoho celého podlaží CHÚC, ve kterém byl kouřový generátor umístěn. Průběh zakouření podlaží v prostoru CHÚC je znázorněn na *obr. 63* až *obr. 65*.



obr. 63 - Koncentrace kouře po spuštění kouřového generátoru



obr. 64 - Průběh akumulace kouře v CHÚC



obr. 65 - Stav požadované koncentrace kouře v CHÚC

Následně bylo spuštěno přetlakové požární větrání. Účel vizuálního pozorování vycházel z umístění kouřového generátoru v prostoru CHÚC. Tímto umístěním byl pozorován pohyb kouře k odvodnímu prvku a postupné zlepšování viditelnosti v prostoru s následným vyhodnocením netoxické kouřové zkoušky se závěrem „vyhověl/nevyhověl“.

Průběh netoxické kouřové zkoušky, za účelem sledování pohybu kouře a postupného zlepšování viditelnosti v prostoru CHÚC byl zaznamenáván fotografiemi a monitorován videozáznamem. Na *obr. 66* lze pozorovat pohyb kouře směrem k odvodnímu prvku. Z této fotografie pořízené na mezipodestě mezi 1. a 2. NP je patrné, že kouř na nástupním rameni schodiště je úspěšně odveden a dále se pohybuje po výstupním rameni schodiště směrem k odvodnímu prvku, který je umístěn v nejvyšším místě CHÚC.



obr. 66 - Pohyb kouře směrem k odvodnímu prvku

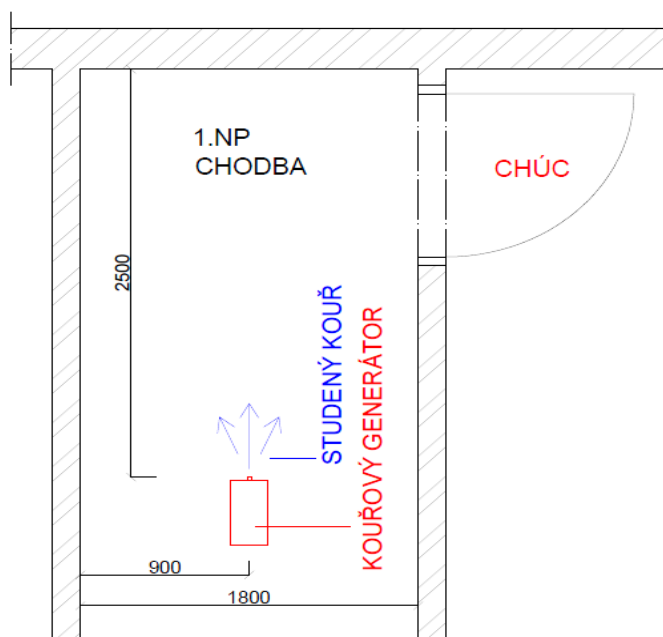
Vyhodnocení netoxické kouřové zkoušky proběhlo se závěrem „vyhověl“. Kouř se pohyboval směrem k odvodnímu prvku umístěnému v nejvyšším místě CHÚC a docházelo k postupnému zlepšování viditelnosti v prostoru. V čase 2 minut a 13 sekund po spuštění požárního větrání byl kouř zcela úspěšně odveden z daného podlaží do vyšších nadzemních podlaží.

Zajímavým pozorováním u této kouřové zkoušky byl také fakt, že značné množství kouře bylo vytlačeno z prostoru CHÚC přes velké netěsnosti dveřní sestavy v 1. NP, jehož chodba byla díky tomu zakouřena. Zde se opět projevil jeden z hlavních problémů této CHÚC, a to v konstrukcích kouřotěsných dveřních sestav napříč celou CHÚC, kterými skrze jejich vlastní netěsnosti unikalo značné množství kouře.

11.2 Druhé provedení netoxické kouřové zkoušky

Druhá netoxická kouřová zkouška proběhla 2. 11. 2022 souběžně s fyzickým ověřením funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC viz kapitola 10.4 a sloužila jako doplněk při tomto ověřování. Přípravy před provedením kouřové zkoušky odpovídají přípravám uvedeným v kapitole 10.4.1.

Průběh netoxické kouřové zkoušky proběhl dle Metodického postupu pro ověřování funkčnosti požárního větrání [25]. Kouřový generátor produkující netoxický kouř Hurricane 700 s výkonem 471 W viz kapitola 11.1 byl umístěn před vstupem do CHÚC v 1.NP viz obr. 67.



obr. 67 – Schématické umístění kouřového generátoru před vstupem do CHÚC v 1. NP (rozměry uvedeny v mm)

Tímto umístěním kouřového generátoru byl při kouřové zkoušce vizuálně sledován směr proudění kouře a schopnost větracího zařízení zajistit prostor CHÚC nezakouřený. Podlaží v 1. NP, ve kterém byla prováděna netoxická kouřová zkouška, bylo vybráno na základě dvou následujících důvodů:

- Prvním důvodem výběru tohoto podlaží bylo vhodné umístění v dolní třetině výšky objektu dle Metodického postupu pro ověřování funkčnosti požárního větrání [25].

- Druhým důvodem výběru tohoto podlaží byl fakt, že v tomto podlaží se nacházejí největší netěsnosti dveřní sestavy napříč celou CHÚC (vyjma chybějícího dveřního křídla v 1. PP) a je zde největší pravděpodobnost průniku kouře do prostoru CHÚC skrze tyto netěsnosti.

Stav kouřotěsné dveřní sestavy v 1. NP, skrze kterou byla prováděna netoxická kouřová zkouška a rozměry netěsností této dveřní sestavy jsou znázorněny na *obr. 68* až *obr. 70*.



obr. 68 – Stav kouřotěsné dveřní sestavy v 1.NP



obr. 69 - Průběh měření netěsností na kouřotěsné dveřní sestavě v 1. NP



obr. 70 – Hodnota netěsnosti 19 mm naměřená na kouřotěsné dveřní sestavě v 1. NP

Před spuštěním požárního větrání produkoval kouřový generátor netoxický kouř přibližně 7 minut do doby dosažení přijatelné zakouřenosti. Kritériem přijatelné zakouřenosti bylo zakouření prostoru chodby od vstupu do CHÚC (na konci chodby) přibližně do poloviny délky chodby. Průběh zakouření prostoru chodby v 1. NP je znázorněno na *obr. 71* až *obr. 73*.



obr. 71 - Spuštění kouřového generátoru v blízkosti před vstupem do CHÚC v 1. NP



obr. 72 - Průběh akumulace kouře na chodbě v 1. NP



obr. 73 - Stav požadované koncentrace kouře na chodbě v 1.NP

Po dosažení kritéria přijatelné zakouřenosti chodby bylo spuštěno přetlakové větrání. Kouřový generátor zůstal nadále v provozu a bylo skrze něj udržováno takové množství kouře v prostoru, které umožnilo vizuální pozorování pohybu kouře.

Účel vizuálního pozorování vycházel z umístění kouřového generátoru před vstupem do CHÚC. Tímto umístěním byl pozorován směr proudění kouře od prostoru CHÚC a zajištění nezakouřeného prostoru CHÚC s následným vyhodnocením netoxické kouřové zkoušky se závěrem „vyhověl/nevyhověl“.

Průběh netoxické kouřové zkoušky, za účelem sledování směru proudění kouře a schopnosti větracího zařízení zajistit prostor CHÚC nezakouřený byl zaznamenáván fotografiemi a monitorován videozáznamem. Na *obr. 74* lze pozorovat, že do prostoru CHÚC proniklo velmi malé množství kouře, které však bylo přiváděným vzduchem ihned rozředěno (fotografie musela být z důvodu viditelnosti graficky upravena).



obr. 74 – Průnik kouře do prostoru CHÚC (pohled na podestu a spodní hranu dveřního křídla)

Po zjištění skutečnosti, že malé množství kouře proniká do prostoru CHÚC, byl kouřový generátor z důvodu lepšího pozorování přesunut do bezprostřední blízkosti před vstup do CHÚC. Kouřový generátor byl situován přibližně v polovině šířky chodby s přímým působením kouře na vstupní dveře do CHÚC viz *obr. 75*.



obr. 75 – Poloha kouřového generátoru po přemístění do bezprostřední blízkosti před vstup do CHÚC

Po přemístění kouřového generátoru bylo lépe pozorovatelné, že přetlakové větrání není schopné zabránit průniku kouře do prostoru CHÚC viz *obr. 76*. Kouř pronikal do prostoru CHÚC ve velmi malém množství, které však bylo přiváděným vzduchem následně rozředěno. Zde je nutné podotknout, že průniku kouře do prostoru CHÚC pomohl i pohyb kouře způsobený kinetickou energií vlastním generátorem kouře. Velikost této kinetické energie však nebyla velká a při správné funkčnosti přetlakového větrání by nemělo docházet k průniku kouře do prostoru CHÚC ani s jejím působením.



obr. 76 – Průnik kouře do prostoru CHÚC po přemístění kouřového generátoru (pro lepší viditelnost vložena černá deska formátu A4 k dveřnímu křídlu)

Následně byl vizuálně pozorován i směr proudění kouře od prostoru CHÚC. Tímto pozorováním byl zjištěn pouze velmi malý pohyb kouře od prostoru CHÚC dále do chodby. Směr proudění kouře od prostoru CHÚC mohl být způsoben i geometrií chodby a umístěním kouřového generátoru, tudíž nelze s jistotou tvrdit, že proudění kouře bylo způsobeno větracím vzduchem skrze netěsnosti dveřní sestavy.

Při tomto vizuálním pozorování byla patrná pouze občasná tvorba lokálních vírů, které se tvořily v bezprostřední blízkosti před vstupem do CHÚC. Proudění kouře v bezprostřední blízkosti před vstupem do CHÚC je znázorněno na *obr. 77* a *obr. 78*.



obr. 77 – Proudění kouře v bezprostřední blízkosti před vstupem do CHÚC



obr. 78 – Proudění kouře v bezprostřední blízkosti před vstupem do CHÚC

Vyhodnocení druhé netoxické kouřové zkoušky proběhlo se závěrem „nevyhověl“. Přetlakové větrání nezabránilo průniku kouře do prostoru CHÚC a z proudění kouře směrem od prostoru CHÚC nebylo patrné, zda je způsobeno přetlakovým větráním nebo geometrií chodby a umístěním kouřového generátoru.

11.3 Sledování teploty netoxického kouře

Sledování teploty netoxického kouře produkovaného z kouřového generátoru proběhlo jako doplněk během druhého provedení netoxické kouřové zkoušky, a to z důvodu časové prodlevy pro splnění kritéria požadované koncentrace kouře v prostoru chodby.

Pro sledování teploty kouře během akumulace kouře v prostoru chodby v 1. NP byla použita termokamera Fluke Ti40 viz *obr. 79* s rozsahem -20°C až $1\,200^{\circ}\text{C}$ a citlivostí $0,08^{\circ}\text{C}$, která byla zapůjčena z Katedry technických zařízení budov, Fakulty stavební ČVUT v Praze.

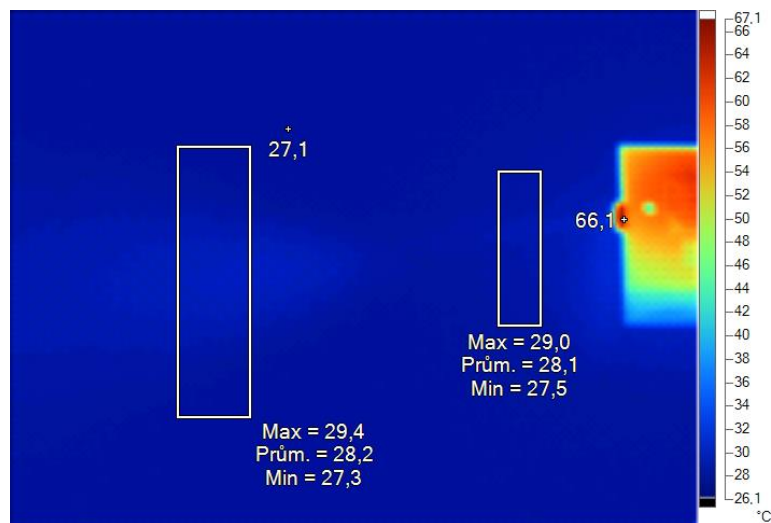
Průběh tohoto sledování a teploty netoxického kouře jsou znázorněny na *obr. 80* až *obr. 82*.



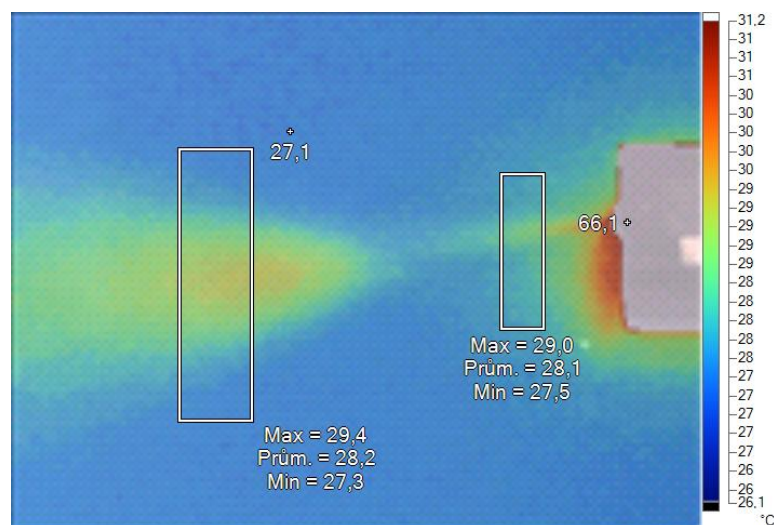
obr. 79 – Použitá termokamera Fluke Ti40



obr. 80 – Průběh sledování teploty kouře



obr. 81 – Teploty netoxického kouře a kouřového generátoru vyobrazené v rozsahu 26,1°C až 67,1°C se 100% působením infračerveného záření



obr. 82 – Teploty netoxického kouře vyobrazené v rozsahu 26,1°C až 31,2°C s 50% působením infračerveného záření

Z proběhlého pozorování lze konstatovat, že použitý kouřový generátor produkuje v ústí generátoru studený kouř o přibližné hodnotě 30 °C. S rostoucí vzdáleností docházelo k poklesu teploty kouře a ve vzdálenosti přibližně 50 cm byla již teplota srovnatelná s teplotou okolí. Nejvyšší teplota byla termokamerou zaznamenána v tělese kouřového generátoru, a to konkrétně 66,1 °C. Na základě provedeného pozorování lze tedy konstatovat, že netoxický kouř produkovaný z kouřového generátoru se značně liší oproti kouři při reálné požární situaci. Za nesrovnatelné lze tedy považovat výměnu plynů v prostoru, difference teplot, hustot a také tlak způsobený vztlakovým efektem.

12 Analýza zjištěných závad a návrh nápravných opatření

V následujících kapitolách jsou analyzovány jednotlivé zjištěné závady omezující správnou funkčnost přetlakového větrání CHÚC. Pro tyto zjištěné závady jsou dále navržena jejich nápravná opatření.

12.1 Vzduchotechnický systém

Hodnota objemového průtoku přírodního vzduchu nesplnila návrhové hodnoty, které byly stanovené v projektové dokumentaci. Celkový objemový průtok vzduchu do prostoru CHÚC, stanovený součtem jednotlivých objemových průtoků vzduchu na stěnových vyústkách, činil $16\,664\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Požadovaná hodnota objemového průtoku přírodního vzduchu byla stanovena návrhovou hodnotou $21\,600\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Měřením objemového průtoku nasávaného vzduchu na střeše objektu byl stanoven objemový průtok o hodnotě $21\,948\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. Tento rozdíl mezi objemovým průtokem nasávacího vzduchu a objemovým průtokem přiváděného vzduchu do prostor CHÚC (stanovený součtem jednotlivých objemových průtoků na stěnových vyústkách) činí ztrátu větracího vzduchu o hodnotě $5\,284\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ (24,07 %).

Vzhledem ke ztrátě větracího vzduchu mezi nasáváním umístěným na střeše objektu a jednotlivými přírodními prvky větracího vzduchu do prostor CHÚC doporučuji jako nápravné opatření provést zkoušku netěsnosti potrubí a následně přijmout konkrétní nápravné opatření. Pokud se prokáže, že netěsnosti potrubí nestojí za ztrátou větracího vzduchu mezi nasáváním a přírodními prvky, bude nutné přijmout nápravné opatření v podobě osazení výkonnějšího ventilátoru pro přetlakové větrání CHÚC na střeše objektu, který je schopen dopravit do prostoru CHÚC hodnotu požadovaného objemového průtoku vzduchu, která byla stanovena v projektové dokumentaci.

12.2 Samočinně otevíratelný světlík

Využití samočinně otevíratelného světlíku, který je osazen v nejvyšším místě CHÚC je v rozporu s projektovou dokumentací. Z pohledu funkčnosti přetlakového větrání této CHÚC se jedná o nejzásadnější problém této CHÚC. Samočinně otevíratelným světlíkem je odváděno velké množství větracího vzduchu, na základě kterého není schopen dodržet návrhové hodnoty rozdílu tlaků, které byly stanoveny v projektové dokumentaci.

Samočinně otevíratelný světlík dále nesplňuje ani normativní požadavky uvedené v ČSN 73 0802 [13] pro aerodynamickou plochu odvodního prvku. Plocha pro odvod vzduchu musí vycházet z množství přiváděného vzduchu s ohledem na doporučenou rychlost proudění vzduchu v tomto otvoru maximálně $2,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Naměřená rychlost proudění vzduchu v tomto otvoru byla vyšší viz kapitola 10.4.2.4.

Návrhem nápravného opatření pro dodržení předepsaného přetlaku je instalace samočinně přetlakové klapky místo samočinně otevíratelného světlíku, která je schopna udržet stanovenou úroveň přetlaku mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku, a která zabraňuje překročení maximální hodnoty přetlaku v CHÚC.

12.3 Dveřní sestavy

Stav kouřotěsných dveřních sestav v současné době neumožňuje plnit svou požadovanou funkci. Důvodem je poškozená nebo zteřelá zpěňující kouřotěsná páska (viz obr. 83), která neumožňuje

úplné dovření dveří. Dalším nedostatkem je stav některých dveřních samozavíračů, kvůli kterým se dveře nedají dovřít a chybějící dveřní výplň v 1. PP. Tímto zanedbaným stavem dveřních sestav vzniká značné množství netěsností, skrze které uniká velké množství větracího vzduchu z prostor CHÚC, a kvůli kterým je obtížné dosáhnout návrhových hodnot stanoveného přetlaku.



obr. 83 – Stav zpěňující kouřotěsné pásky

Dalším nedostatkem je stav a nastavení většiny samozavíračů. Při prvním ověření funkčnosti přetlakového větrání proběhlo měření síly potřebné k otevření dveří viz kapitola 10.3.3.1, které vykazovalo poměrně vysoké hodnoty a to téměř bez působení přetlaku. Na základě tohoto zjištění proběhlo měření síly potřebné k otevření dveří bez spuštění požárního větrání na všech dveřních sestavách viz obr. 84. K tomuto měření byl použit měřič síly LUTRON FG-100KG a jednotlivé naměřené hodnoty sil potřebných k otevření dveří při běžném provozu (nepožární situaci) jsou uvedeny v tab. 10.

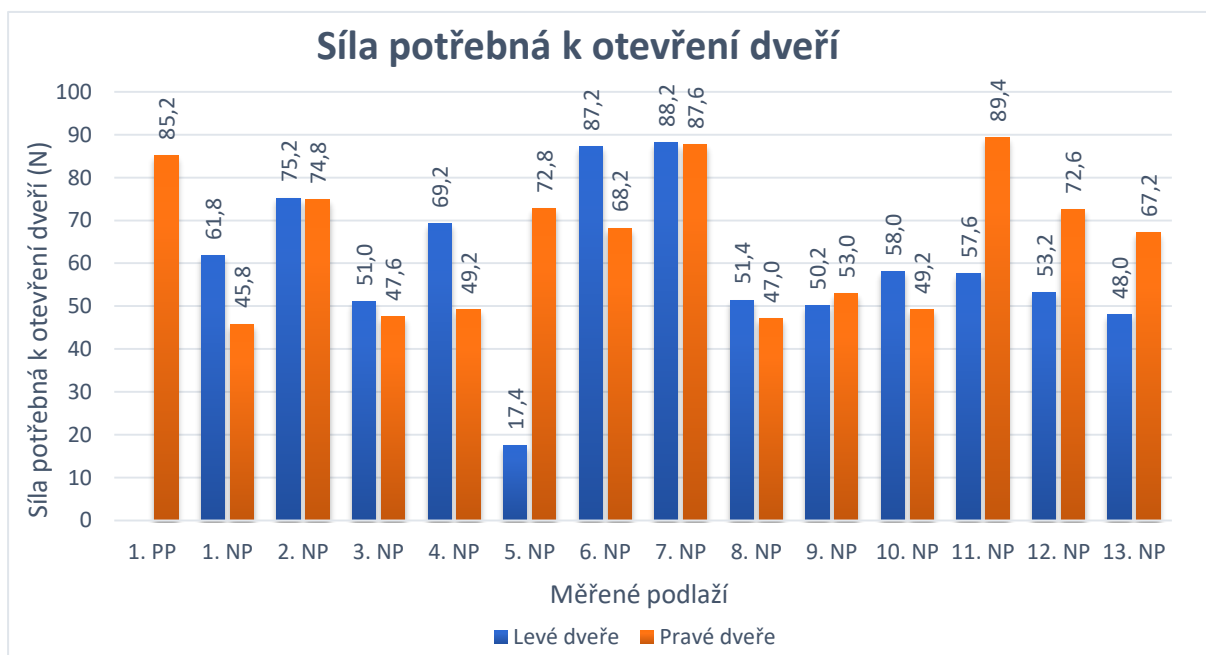


obr. 84 – Průběh měření síly potřebné k otevření dveří

tab. 10 - Hodnoty sil potřebných k otevření dveří při běžném provozu

Podlaží	Síla potřebná k otevření dveří (N)					
	Levé dveře			Pravé dveře		
	Číslo měření			Číslo měření		
	1.	2.	3.	1.	2.	3.
2. PP	-	-	-	-	-	-
1. PP	-	-	-	82,8	85,2	83,8
1. NP	59,4	61,8	60,4	43,2	44,4	45,8
2. NP	72,6	72,0	75,2	74,8	74,4	74,6
3. NP	51,0	46,6	45,4	43,4	47,0	47,6
4. NP	66,4	69,2	67,4	45,4	49,2	47,8
5. NP	17,4	16,6	15,8	72,8	72,8	72,4
6. NP	83,8	87,2	87,0	66,4	68,2	67,0
7. NP	86,6	86,8	88,2	85,6	86,4	87,6
8. NP	50,8	51,4	49,2	47,0	45,6	45,4
9. NP	46,6	50,2	46,4	51,0	53,0	52,4
10. NP	58,0	55,0	55,0	49,2	48,6	46,6
11. NP	57,2	57,6	56,8	88,4	89,4	86,8
12. NP	48,2	53,2	50,6	70,2	70,0	72,6
13. NP	46,2	47,4	48,0	66,4	65,2	67,2

Nejvyšší síla potřebná k otevření dveří byla naměřena v 11. NP na pravých dveřích z pohledu výstupního ramene schodiště o hodnotě 89,4 N. Naopak nejmenší síla potřebná k otevření dveří byla naměřena v 5. NP na levých dveřích z pohledu výstupního ramene schodiště o hodnotě 15,8 N, jejíž hodnota byla zapříčiněna vytrhnutým samozavíračem. Grafické porovnání maximálních naměřených hodnot na levých a pravých dveřích z pohledu výstupního ramene schodiště je znázorněno na obr. 85.



obr. 85 – Grafické porovnání naměřených maximálních sil pro otevření dveří

Naměřené hodnoty sil potřebných k otevření dveří vykazovaly vysoké hodnoty i bez působení přetlaku, které neodpovídají požadavkům normy ČSN EN 1154 [49].

Návrhem nápravných opatření pro dveřní sestavy je osazení chybějícího dveřního otvoru v 1.NP a dále pak revize veškerých dveřních otvorů napříč celou CHÚC, která podléhá vyhlášce č. 246/2001 Sb., v platném znění. Revizní technik zkontroluje, zda aktuální stav odpovídá předepsaným normám a pokud poukáže na výše uvedené nesrovnalosti, bude nutné provést náležité úpravy a opravy, které zajistí správný a bezpečný provoz, jako je výměna zpěňujících kouřotěsných pásek, seřízení či výměna samozavíracích zařízení, nebo případná výměna celých dveřních sestav.

12.4 Okenní křídla

Okenní křídla jsou dalším potenciálním místem pro únik větracího vzduchu z prostor CHÚC. Během příprav před zahájením jednotlivých měření pro ověření funkčnosti přetlakového větrání byly veškeré tyto okenní křídla uzavřeny. Během běžného provozu objektu však zůstávají tyto okenní křídla často otevřené viz *obr. 86*. Otevřeným okenním křídlem dochází ke ztrátě větracího vzduchu, kvůli kterému nemusí být dosaženo návrhových hodnot stanoveného přetlaku.



obr. 86 – Stav okenních křidel při běžném provozu

Jako nápravné opatření pro tyto okenní křídla lze navrhnout výměnu otvíravých částí za fixní, případně dovybavení těchto okenních křidel samouzavíracím mechanismem (lokálně či dálkově ovládaným např. z ústředny EPS), který při vzniku požáru zajistí jejich samočinné uzavření.

13 Závěr

Diplomová práce se zabývala přetlakovým větráním CHÚC. Jejím hlavním cílem bylo provést ve vybrané CHÚC s přetlakovým větráním měření parametrů zařízení za účelem zjištění, zda zařízení dosahuje návrhových hodnot, které byly stanoveny v projektové dokumentaci a provedení netoxických kouřových zkoušek za pomoci kouřového generátoru.

V první části této diplomové práce byla provedena literární rešerše požárního větrání CHÚC. V prvních kapitolách této části byly shrnuty poznatky základního dělení CHÚC a požárního větrání. Dále tato část podrobněji rozváděla přetlakové větrání z hlediska normativních požadavků, principů návrhu a shrnutí možných rizik, která mohou nastat u tohoto typu požárního větrání. V posledních kapitolách této části byly popsány jednotlivé postupy pro ověření funkčnosti přetlakového větrání a provedení doplňkové kouřové zkoušky za pomoci kouřového generátoru produkující netoxický kouř. Tato teoretická část diplomové práce sloužila jako podklad pro zpracování praktické části.

Druhá část se zabývala fyzickým ověřením funkčnosti přetlakového větrání ve vybrané CHÚC a provedením netoxických kouřových zkoušek za pomoci kouřového generátoru. Ověření proběhlo pouze na základě měření parametrů zařízení za účelem zjištění, zda dosahuje návrhových hodnot, které byly stanoveny v projektové dokumentaci. Dále bylo měřením zjišťováno, zda přetlakové větrání vybrané CHÚC je schopno plnit i aktuálně platné normativní požadavky. Při měření parametrů zařízení byly měřeny hlavní sledované fyzikální veličiny. Těmito fyzikálními veličinami byly rychlosti proudění vzduchu ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), rozdíly tlaků (Pa), objemový průtok vzduchu ($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$) a síla potřebná k otevření dveří (N).

Všechny naměřené hodnoty uvedené v této diplomové práci jsou zjištěny s určitou mírou nejistoty, která vychází z nejistoty přístrojů a postupu provedených měření. Vzhledem k využití měřicích zařízení z akreditované laboratoře Státního zdravotního ústavu jsou tyto nejistoty v diplomové práci přebírány dle „*Standardního operačního postupu 1/1.6 - Měření mikroklimatických podmínek vnitřního prostředí budov a dalších uzavřených prostor a na venkovních pracovištích*“. Vypočítané hodnoty nejistoty pro jednotlivé měřicí zařízení jsou:

- T400 anemometr - vrtulková sonda: nejistota 10,6 %
- Datalogger Comet vlhkoměr: nejistota 4 %
- Datalogger Comet teploměr: nejistota 1,4 %
- Siloměr Lutron nejistota 1,5 %

Uvedené rozšířené nejistoty měření jsou dány součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k=2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %.

Měření parametrů zařízení prokázalo, že vybraná CHÚC typu B bez požární předsíně s přetlakovým větráním nesplnila při kontrole návrhové požadavky, které byly stanoveny v projektové dokumentaci. Objemový průtok přírodního vzduchu byl v projektové dokumentaci stanoven návrhovou hodnotou $21\,600\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ na základě požadované výměny vzduchu v prostoru CHÚC. Skutečná hodnota objemového průtoku přírodního vzduchu byla stanovena součtem objemových průtoků přírodního vzduchu na jednotlivých stěnových vyústkách. Tyto objemové průtoky přírodního vzduchu byly zjišťovány fyzickým měřením za pomoci přístroje pro měření objemového průtoku Testo 420 s integrovaným usměrňovačem proudění. Výsledná hodnota skutečného objemového průtoku přírodního vzduchu činí $16\,664\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ a je tedy z pohledu návrhových hodnot nedostatečná.

Přetlak mezi CHÚC a ostatními prostory byl v projektové dokumentaci stanoven minimální návrhovou hodnotou 25 Pa. Maximální hodnota přetlaku byla omezena hodnotou 100 Pa. Pro toto zjištění probíhalo fyzické měření rozdílu tlaků mezi prostory se zvýšeným tlakem a prostory bez zvýšeného tlaku v různých výškových úrovních postupně po celé výšce budovy, a to vždy na každém lichém nadzemním podlaží (13. NP, 11. NP, 9. NP, 7. NP, 5. NP, 3. NP a 1. NP). K tomuto měření byl použit univerzální přístroj pro měření klimatických veličin Testo 400, který se po celou dobu měření nacházel v CHÚC, a ze kterého byla vždy vyvedena hladká silikonová hadička o vnějším průměru 7 mm přes přirozenou netěsnost dveří do prostoru chodby (prostor bez zvýšeného tlaku). Hodnoty naměřeného přetlaku mezi prostory se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku nebyly dostatečné z pohledu návrhových hodnot, které byly stanoveny v projektové dokumentaci. Nejbližší se k návrhovým hodnotám přiblížila maximální hodnota přetlaku naměřená v 11. NP (20,2 Pa). Naopak s nižší výškou, ve které bylo měření prováděno, klesaly i hodnoty naměřeného přetlaku vůči přilehlým prostorům. Minimální hodnota naměřeného přetlaku byla zaznamenána v 1. NP, kde její hodnota byla rovna nule (0 Pa).

Dále bylo měřením parametrů zařízení prokázáno, že CHÚC typu B bez požární předsíně s přetlakovým větráním není schopna plnit aktuální normativní požadavky, avšak tyto požadavky byly měřeny pouze pro porovnání vývoje normativních požadavků v českých kmenových normách, nikoli pro ověření návrhových hodnot. Stanovená průměrná rychlost proudění vzduchu skrze otevřený dveřní otvor činí $0,86 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a nesplňuje dnešní normativní požadavky, jelikož na základě požární výšky $h = 46,8 \text{ m}$ je požadována hodnota rychlosti proudění vzduchu skrze otevřený otvor nejméně $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. K tomuto měření byl použit kalibrovaný lopátkový anemometr Testo 400. Dále je nutné však podotknout, že zkouška probíhala pouze za otevření měřeného dveřního otvoru. Pokud by byly na základě stavební dispozice a způsobu evakuace otevřeny i dveře na VP hodnota průměrné rychlosti proudění vzduchu skrze otevřené dveře by byla nižší.

Měření síly potřebné k otevření dveří mezi prostorem se zvýšeným tlakem a bez zvýšeného tlaku proběhlo ve 3. a 4. NP, a to na obou stranách hlavní podesty schodiště. K tomuto měření byl použit kalibrovaný měřič síly LUTRON FG-100KG. Tyto naměřené hodnoty síly potřebné k otevření dveří splnily aktuální normativní požadavky. Nejvyšší naměřená hodnota ze dvou měření byla 76,8 N, a to na levých dveřích z pohledu výstupního ramene schodiště. Nutno však podotknout, že zkouška probíhala pouze ve dvou podlažích a případně naměřené hodnoty v jiných podlažích by mohly přesáhnout hodnotu 100 N. Dále je nutno konstatovat, že byly naměřeny poměrně vysoké hodnoty, a to téměř bez působení přetlaku. Na základě tohoto zjištění proběhlo měření síly potřebné k otevření dveří na všech dveřích, a to bez spuštěného požárního větrání. Nejvyšší síla potřebná k otevření dveří byla naměřena v 11. NP na pravých dveřích z pohledu výstupního ramene schodiště o hodnotě 89,4 N. Naopak nejmenší síla potřebná k otevření dveří byla naměřena v 5. NP na levých dveřích z pohledu výstupního ramene schodiště o hodnotě 15,8 N, jejíž hodnota byla zapříčiněna vytrhnutým samozavíračem. Vzhledem k takto vysokým naměřeným hodnotám je přinejmenším diskutabilní, zda by síla potřebná k otevření dveří, při správné funkčnosti přetlakového větrání a působení přetlaku na tyto dveře, nepřesáhla hodnotu 100 N.





Netoxické kouřové zkoušky proběhly ve dvou provedení. V Prvním případě byl kouřový generátor Hurricane 700 (s výkonem 471 W) produkující netoxický kouř umístěn v prostoru CHÚC pro sledování pohybu kouře směrem k odvodnímu prvku a sledování stavu viditelnosti v prostoru. Vyhodnocení této zkoušky proběhlo na základě pozorování se závěrem „vyhověl“. Kouř se pohyboval směrem k odvodnímu prvku umístěnému v nejvyšším místě CHÚC a docházelo k postupnému zlepšování viditelnosti v prostoru. V čase 2 minut a 13 sekund po spuštění požárního větrání byl kouř zcela úspěšně odveden z daného podlaží do vyšších nadzemních podlaží. V druhém případě byl totožný kouřový generátor umístěn před vstupní dveře do prostoru CHÚC pro sledování směru proudění kouře od prostoru CHÚC a schopnosti větracího zařízení zajistit

prostor CHÚC nezakouřený. Vyhodnocení této zkoušky proběhlo na základě pozorování se závěrem „nevyhověl“. Přetlakové větrání nezabránilo průniku kouře do prostoru CHÚC a z proudění kouře směrem od prostoru CHÚC nebylo patrné, zda je způsobeno přetlakovým větráním nebo geometrií chodby a umístěním kouřového generátoru. Dále lze z proběhlých zkoušek konstatovat, že netoxický kouř produkovaný z kouřového generátoru se značně liší oproti kouři při reálné požární situaci.

V závěru druhé části proběhla analýza zjištěných závad a návrh nápravných opatření pro správnou funkčnost ověřovaného přetlakového větrání ve vybrané CHÚC. Mezi zjištěné závady, které omezují správnou funkčnost přetlakového větrání v této CHÚC, a u kterých je nutné provést nápravná opatření, lze zařadit nedostatečný přívod větracího vzduchu do prostoru CHÚC, samočinně otevíratelný světlík na střeše objektu, zanedbaný stav dveřních sestav a otvíravá okenní křídla v prostoru CHÚC.

Důležitou podstatou, která z řešeného příkladu plyne, je prokázání toho, jak důležitá byla pro požární kodex změna českých kmenových norem z hlediska principu návrhu přetlakového větrání. Dalším důležitým bodem bylo poukázání na to, v jakém stavu se v dnešní době nachází nemalé množství CHÚC. V ČR i ve světě můžeme nalézt mnoho staveb, které jsou řešeny nesprávným způsobem. Tento nesprávný způsob návrhu může mít zásadní vliv na bezpečnost osob. Také je zde důležité uvést odlišnost přístupu při prokazování provozuschopnosti požárního větrání. Vzhledem ke stavu CHÚC, která byla v této diplomové práci ověřována, lze přinejmenším polemizovat o tom, jakým způsobem v dnešní době probíhají pravidelné kontroly provozuschopnosti a zda tak není činěno pouze v podobě formálního aktu.

Příloha A – Kalibrační listy měřicích zařízení

	Testo, s.r.o. - kalibrační laboratoř Jinonická 80, 158 00 Praha 5 tel.: 00420222266711 www.kalibrace.testo.cz		 K 2344
KALIBRAČNÍ LIST číslo: 2021/1663		Strana číslo: 1 / 2 <i>Site number</i>	
<i>Calibration certificate number:</i>			
Zadavatel: <i>Customer</i>	Testo, s.r.o. Jinonická 80 158 00 Praha 5	<p>Kalibrace byla provedena v souladu se zákonem o metrologii číslo 505 / 1990 v platné verzi. Tento kalibrační list je dokladem o návaznosti k národním etalonům, které realizují jednotky měření podle Mezinárodní soustavy jednotek SI (International System of Units - SI). Uživatel je povinen provádět recalibraci předmětu ve vhodných intervalech.</p> <p>Český institut pro akreditaci, o.p.s. je členem mezinárodních organizací jako je European co-operation for Accreditation (EA) a International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) pro vzájemné uznávání kalibračních listů (certifikátů).</p> <p><i>The calibration is performed in accordance with the law concerning legal metrology Nr. 505/1990 in the amended version. This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.</i></p> <p><i>The Czech Accreditation Institute, is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.</i></p>	
Uživatel: <i>User</i>	Státní zdravotní ústav Šrobárova 49/48 100 00 Praha 10		
Předmět: <i>Object</i>	Anemometr T400 Vrtulová sonda		
Výrobce: <i>Manufacturer</i>	Testo SE & Co. KGaA Testo SE & Co. KGaA		
Typ: <i>Type</i>	Přístroj/instrument 0563.4001 Sonda / probe 0635.9340		
Výrobní číslo: <i>Serial number</i>	Přístroj/instrument 00276597 Sonda / probe		
Interní číslo: <i>Internal number</i>	Přístroj/instrument 001633 Sonda / probe 001633/2		
Rozsah: <i>Scale</i>	(0,2...15)m/s Rozlišení 0,01 m/s		
Přesnost: <i>Accuracy</i>	±(0,1 m/s ±1,5 % z nam. hod.) ±1 digit		
Minulá kalibrace: <i>Last calibration</i>	09.05.2018, KL 2018/1304		
Datum kalibrace: <i>Date of calibration</i>	06.05.2021		
Další kalibrace do: <i>Next calibration to</i>	řídí se interními předpisy uživatele		
<p>Tento kalibrační list (certifikát) nesmí být reprodukován jinak, než v celkovém počtu stran s výjimkou povolení laboratoře, která jej vydala. Kalibrační list je bez podpisu neplatný.</p> <p><i>This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission the issuing laboratory. Calibration certificate without signature is not valid.</i></p> <p>Výsledky kalibrace byly získány za podmínek a s použitím postupů uvedených v tomto kalibračním listě, a vztahují se pouze ke dni a místu, ve kterých byla kalibrace provedena. Kalibrace byla provedena v místě sídla kalibrační laboratoře.</p> <p><i>Calibration results were obtained for conditions and using the procedures in this calibration certificate, and apply only to the date and place in which calibration was performed. The calibration was performed at the location of the calibration laboratory.</i></p>			
Datum přijetí: <i>Date of receipt</i>	22.04.2021 	Kalibraci provedl: <i>Person in charge</i>	Kalibrační list schválil: <i>Authorized</i>
Datum vystavení: <i>Date of issuance</i>	06.05.2021	 Bc. Jiří Sázkavský, DiS. Laborant	 Karel Zíka Vedoucí kalibrační laboratoře


KALIBRAČNÍ LIST číslo: 2021/1663
Calibration certificate number:
Strana číslo: 2 / 2
Site number

Použité etalony: ALMEMO 2590 sn.:H16121096, Sonda TH4K2 sn.:16120122, Kalibrační list: S23447 TIS
Reference standards Pitotova trubice AIRFLOW s vyhodnocovacím systémem Westenberg Engineering, Kalibrační list: 6079 Westenberg

Použité prostředky: Aerodynamický tunel - Westenberg / wind channel - Westenberg
Used equipments

Kalibrační postup: KP-05 Kalibrace číslicových anemometrů
Calibration method

Kalibrace byla provedena v souladu s interním postupem přímým srovnáním měřených hodnot kalibrovaného přístroje s referenčním materiálem nebo pracovním etalonem.

The calibration was conducted in accordance with internal method, by direct comparison of the measured values of the calibration article with the reference or working standard.

Okolní podmínky: Teplota / temperature (21,3 ± 1,5)°C
Ambiencecondition Vlhkost / humidity (31,8 ± 3)%RH
 Tlak / air pressure (979,8 ± 5)hPa

Naměřené hodnoty: Referenční hodnota* a Hodnota* jsou průměry z 10 naměřených hodnot.
Measuring results *Reference value* and Value* are the average of 10 measured values.*

Referenční hodnota* <i>Reference value</i>	Hodnota* <i>Value</i>	Odhylka <i>Deviation</i>	Nejistota <i>Uncertainty</i>
Proudění			
0,19 m/s	0,24 m/s	0,05 m/s	0,09 m/s
0,99 m/s	1,04 m/s	0,05 m/s	0,13 m/s
3,01 m/s	2,92 m/s	-0,09 m/s	0,15 m/s
6,01 m/s	5,86 m/s	-0,15 m/s	0,15 m/s
10,00 m/s	9,76 m/s	-0,24 m/s	0,18 m/s

Nejistota: Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření k=2, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %.
Uncertainty Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA - 4/02 M:2013.

The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor k = 2, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95 %.
The standard uncertainty of measurement has been determined in accordance with publication EA - 4/02 M:2013.

Poznámka:
Note

Konec kalibračního listu
End of the calibration certificate



Testo, s.r.o. - Kalibrační laboratoř

Jinonická 80, 158 00 Praha 5
tel.: 00420222266715
www.kalibrace.testo.cz

**KALIBRAČNÍ LIST číslo: 2022/1845**

Strana číslo: 1 / 2

Site number

Calibration certificate number:

Zadavatel: Testo, s.r.o.
Customer Jinonická 80
158 00 Praha 5

Uživatel: Státní zdravotní ústav
User Šrobárova 49/48
100 00 Praha 10

Předmět: Anemometr T400
Object Termická sonda

Výrobce: Testo SE & Co. KGaA
Manufacturer Testo SE & Co. KGaA

Typ: Přístroj/instrument 0563.4001
Type Sonda / probe 0635.1049

Výrobní číslo: Přístroj/instrument 00276597
Serial number Sonda / probe

Interní číslo: Přístroj/instrument 001633
Internal number Sonda / probe 001633/10

Rozsah: Sonda: (0...+10)m/s
Scale Rozlišení 0,01 m/s

Přesnost: ±(0,03 m/s ±5 % z nam. hod.)
Accuracy ±1 digit

Minulá kalibrace: 18.10.2019, KL 2019/4631*Last calibration***Datum kalibrace:** 21.04.2022*Date of calibration***Další kalibrace do:** řídí se interními předpisy uživatele*Next calibration to*

Tento kalibrační list (certifikát) nesmí být reprodukován jinak, než v celkovém počtu stran s výjimkou povolení laboratoře, která jej vydala. Kalibrační list je bez podpisu neplatný.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission the issuing laboratory. Calibration certificate without signature is not valid.

Výsledky kalibrace byly získány za podmínek a s použitím postupů uvedených v tomto kalibračním listě, a vztahují se pouze ke dni a místu, ve kterých byla kalibrace provedena. Kalibrace byla provedena v místě sídla kalibrační laboratoře.

Calibration results were obtained for conditions and using the procedures in this calibration certificate, and apply only to the date and place in which calibration was performed. The calibration was performed at the location of the calibration laboratory.

Datum přijetí: 05.04.2022*Date of receipt***Datum vystavení:** 21.04.2022*Date of issuance***Kalibraci provedl:***Person in charge*

Bc. Jiří Sázavský, DiS.
Vedoucí laborant

Kalibrační list schválil:*Authorized*

Bc. Jiří Sázavský, DiS.
Vedoucí kalibrační laboratoře


KALIBRAČNÍ LIST číslo: 2022/1845
Calibration certificate number:
Strana číslo: 2 / 2
Site number

Použité etalony: Laser Doppler Anemometer sn: 1320, Kalibrační list: 5427,D-K-21161-01-00, 2021-03 Fini GmbH
Reference standards ALMEMO 2590 sn.:H16121096, Sonda TH4K2 sn.:16120122, Kalibrační list: 6015-KL-P0759-21
 ČMI

Použité prostředky: Aerodynamický tunel - Westenberg / wind channel - Westenberg
Used equipments

Kalibrační postup: KP-05 Kalibrace číslicových anemometrů
Calibration method

Kalibrace byla provedena v souladu s interním postupem přímým srovnáním měřených hodnot kalibrovaného přístroje s referenčním materiálem nebo pracovním etalonem.

The calibration was conducted in accordance with internal method, by direct comparison of the measured values of the calibration article with the reference or working standard.

Okolní podmínky: Teplota / *temperature* (21,6 ±1,5)°C
Ambiencecondition Vlhkost / *humidity* (35,9 ±3)%RH
 Tlak / *air pressure* (980,2 ±5)hPa

Naměřené hodnoty: Referenční hodnota* a Hodnota* jsou průměry z 10 naměřených hodnot.
Measuring results *Reference value* and Value* are the average of 10 measured values.*

Referenční hodnota* <i>Reference value</i>	Hodnota* <i>Value</i>	Odhylka <i>Deviation</i>	Nejistota <i>Uncertainty</i>
Proudění			
0,20 m/s	0,23 m/s	0,03 m/s	0,09 m/s
1,00 m/s	0,84 m/s	-0,16 m/s	0,13 m/s
3,00 m/s	2,50 m/s	-0,50 m/s	0,15 m/s

Nejistota: Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k=2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %.
Uncertainty Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA - 4/02 M:2013.

The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor $k = 2$, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95 %.
The standard uncertainty of measurement has been determined in accordance with publication EA - 4/02 M:2013.

Poznámka:
Note

Konec kalibračního listu
End of the calibration certificate



Jinonická 80, 158 00 Praha 5
tel.: 00420222266711
www.kalibrace.testo.cz



KALIBRAČNÍ LIST číslo: 2020/4815

Strana číslo: 1 / 2
Site number

Calibration certificate number:

Zadavatel: Testo, s.r.o.
Customer Jinonická 80
158 00 Praha 5

Uživatel: Státní zdravotní ústav
User Šrobárova 49/48
100 00 Praha 10

Předmět: Vlhkoměr Comet - záznamník
Object

Výrobce: Comet
Manufacturer

Typ: Přístroj/instrument S3120
Type Sonda / probe

Výrobní číslo: Přístroj/instrument 04931423
Serial number Sonda / probe

Interní číslo: Přístroj/instrument SZU-76860
Internal number Sonda / probe

Rozsah: (0...100)%RH
Scale Rozlišení 0,1 %RH

Přesnost: ±2,5 %RH
Accuracy ±1 digit

Minulá kalibrace:
Last calibration

Datum kalibrace: 12.11.2020
Date of calibration

Další kalibrace do: řídí se interními předpisy uživatele
Next calibration to

Tento kalibrační list (certifikát) nesmí být reprodukován jinak, než v celkovém počtu stran s výjimkou povolení laboratoře, která jej vydala. Kalibrační list je bez podpisu neplatný.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission the issuing laboratory. Calibration certificate without signature is not valid.

Výsledky kalibrace byly získány za podmínek a s použitím postupů uvedených v tomto kalibračním listě, a vztahují se pouze ke dni a místu, ve kterých byla kalibrace provedena.

Calibration results were obtained for conditions and using the procedures in this calibration certificate, and apply only to the date and place in which calibration was performed.

Kalibrace byla provedena v souladu se zákonem o metrologii číslo 505 / 1990 v platné verzi.

Tento kalibrační list je dokladem o návaznosti k národním etalonům, které realizují jednotky měření podle Mezinárodní soustavy jednotek SI (International System of Units - SI). Uživatel je povinen provádět recalibraci předmětu ve vhodných intervalech.

Český institut pro akreditaci, o.p.s. je členem mezinárodních organizací jako je European co-operation for Accreditation (EA) a International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) pro vzájemné uznávání kalibračních listů (certifikátů).

The calibration is performed in accordance with the law concerning legal metrology Nr. 505/1990 in the amended version. This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).


The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

The Czech Accreditation Institute, is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.

Datum přijetí: 10.11.2020
Date of receipt

Datum vystavení: 18.11.2020
Date of issuance

Kalibraci provedl:
Person in charge


Bc. Jiří Sázkavský, DiS.
Laborant

Kalibrační list schválil:
Authorized


Karel Zíka
Vedoucí kalibrační laboratoře


KALIBRAČNÍ LIST číslo: 2020/4815
Calibration certificate number:
Strana číslo: 2 / 2
Site number
Použité etalony: Rosnobodový vlhkoměr MBW, sn: 20-0114 Kal.list: 7706MBW2020

Reference standards
Použité prostředky: Klimatizovaná komora / conditioned chamber

Used equipments
Kalibrační postup: KP-04 Kalibrace číslicových vlhkoměrů

Calibration method

Kalibrace byla provedena v souladu s interním postupem přímým srovnáním měřených hodnot kalibrovaného přístroje s referenčním materiálem nebo pracovním etalonem.

The calibration was conducted in accordance with internal method, by direct comparison of the measured values of the calibration article with the reference or working standard.

Okolní podmínky: Teplota / temperature (21,4 ±3)°C
Ambiencecondition Vlhkost / humidity (37,2 ±3)%RH
 Tlak / air pressure (996,1 ±5)hPa

Naměřené hodnoty: * Průměr z 10 hodnot naměřených v intervalu po 60 sekundách

Measuring results *Average of 10 individual measurements at intervals of 60 seconds each*

Referenční hodnota* <i>Reference value</i>	Hodnota * <i>Value</i>	Odchylka <i>Deviation</i>	Nejistota <i>Uncertainty</i>
Vlhkost			
30,0 %RH	30,4 %RH	0,4 %RH	1,5 %RH
40,0 %RH	39,8 %RH	-0,2 %RH	1,5 %RH
60,0 %RH	58,7 %RH	-1,3 %RH	1,5 %RH

Nejistota: Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření k=2, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95%.

Uncertainty

Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA - 4/02 M:2013.

*The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor k = 2, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95%.
 The standard uncertainty of measurement has been determined in accordance with publication EA - 4/02 M:2013.*

Poznámka: Kalibrace byla provedena při teplotě (+25 ±0,3)°C.

Note
Konec kalibračního listu
End of the calibration certificate



Jinonická 80, 158 00 Praha 5
tel.: 00420222266711
www.kalibrace.testo.cz

**KALIBRAČNÍ LIST číslo: 2020/4814**

Strana číslo: 1 / 2
Site number

Calibration certificate number:

Zadavatel: Testo, s.r.o.
Customer Jinonická 80
158 00 Praha 5

Uživatel: Státní zdravotní ústav
User Šrobárova 49/48
100 00 Praha 10

Předmět: Teploměr Comet - záznamník
Object

Výrobce: Comet
Manufacturer

Typ: Přístroj/instrument S3120
Type Sonda / probe

Výrobní číslo: Přístroj/instrument 04931423
Serial number Sonda / probe

Interní číslo: Přístroj/instrument SZU-76860
Internal number Sonda / probe

Rozsah: (-30...+70)°C
Scale Rozlišení 0,1 °C

Přesnost: ±0,4 °C ±1 digit
Accuracy

Minulá kalibrace:
Last calibration

Datum kalibrace: 12.11.2020
Date of calibration

Další kalibrace do: řídí se interními předpisy uživatele
Next calibration to

Tento kalibrační list (certifikát) nesmí být reprodukován jinak, než v celkovém počtu stran s výjimkou povolení laboratoře, která jej vydala. Kalibrační list je bez podpisu neplatný.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission the issuing laboratory. Calibration certificate without signature is not valid.

Výsledky kalibrace byly získány za podmínek a s použitím postupů uvedených v tomto kalibračním listě, a vztahují se pouze ke dni a místu, ve kterých byla kalibrace provedena.

Calibration results were obtained for conditions and using the procedures in this calibration certificate, and apply only to the date and place in which calibration was performed.

Kalibrace byla provedena v souladu se zákonem o metrologii číslo 505 / 1990 v platné verzi.

Tento kalibrační list je dokladem o návaznosti k národním etalonům, které realizují jednotky měření podle Mezinárodní soustavy jednotek SI (International System of Units - SI). Uživatel je povinen provádět rekalibraci předmětu ve vhodných intervalech.

Český institut pro akreditaci, o.p.s. je členem mezinárodních organizací jako je European co-operation for Accreditation (EA) a International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) pro vzájemné uznávání kalibračních listů (certifikátů).

The calibration is performed in accordance with the law concerning legal metrology Nr. 505/1990 in the amended version. This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).


The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

The Czech Accreditation Institute, is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.

Datum přijetí: 10.11.2020
Date of receipt

Datum vystavení: 18.11.2020
Date of issuance

Kalibraci provedl:
Person in charge


Bc. Jiří Sázkavský, DiS.
Laborant

Kalibrační list schválil:
Authorized


Karel Zíka
Vedoucí kalibrační laboratoře


KALIBRAČNÍ LIST číslo: 2020/4814
Calibration certificate number:
Strana číslo: 2 / 2
Site number
Použité etalony: Hlavní etalon laboratoře F500-A-6 sn: 018312/04, Kalibrační list: 6036-KL-E0275-20 ČMI

Reference standards
Použité prostředky: Teplotní komora / temperature chamber

Used equipments
Kalibrační postup: KP-01 Kalibrace číslicových teploměrů

Calibration method

Kalibrace byla provedena v souladu s interním postupem přímým srovnáním měřených hodnot kalibrovaného přístroje s referenčním materiálem nebo pracovním etalonem.

The calibration was conducted in accordance with internal method, by direct comparison of the measured values of the calibration article with the reference or working standard.

Okolní podmínky: Teplota / temperature (21,4 ±3)°C
Ambiencecondition Vlhkost / humidity (37,2 ±3)%RH
 Tlak / air pressure (996,1 ±5)hPa

Naměřené hodnoty: * Průměr z 10 hodnot naměřených v intervalu po 60 sekundách

Measuring results *Average of 10 individual measurements at intervals of 60 seconds each*

Referenční hodnota* <i>Reference value</i>	Hodnota * <i>Value</i>	Odchylka <i>Deviation</i>	Nejistota <i>Uncertainty</i>
Teplota			
10,0 °C	9,7 °C	-0,3 °C	0,30 °C
20,0 °C	19,7 °C	-0,3 °C	0,30 °C
25,0 °C	24,7 °C	-0,3 °C	0,30 °C
30,0 °C	29,8 °C	-0,2 °C	0,30 °C

Nejistota: Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k=2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95%.

Uncertainty

Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA - 4/02 M:2013.

*The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor $k = 2$, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95%.
 The standard uncertainty of measurement has been determined in accordance with publication EA - 4/02 M:2013.*

Poznámka:
Note
Konec kalibračního listu
End of the calibration certificate

KALIST AKL s.r.o., Kalibrační laboratoř
 Validace, kalibrace, servis a prodej měřidel
 Třebětice 8, 769 01 Holešov
 www.kalist.cz, kalist@kalist.cz, tel. 577 700 004, 778 489 783



KALIBRAČNÍ LIST

Strana 1 z 1

Číslo kalibračního listu: **KLD - 21K - 013**
 Datum vystavení: 22.1.2021
 Kalibrační list schválil: Ing. Gabriela Adamcová, vedoucí laboratoře *GA*

Zákazník: Státní zdravotní ústav
 Šrobárova 49/48, 100 00 Praha 10

Kalibrované měřidlo: metr svinovací

typ-označení: 8m
 výrobce: TRI-MATIC
 výrobní / evidenční číslo: - / 7
 měřicí rozsah: 0 až 8 m

Uložení: volně

Umístění měřidla: Státní zdravotní ústav - provoz

Použité etalony: Měřítka ploché typ B, DIN 866 B, Kalibrační list 6033-KL-K0214-12, platnost kalibrace do 27.2.2022
 Lupa měřicí Brinellova, kalibrační list 144/2012, platnost kalibrace do 26.1.2022

Kalibrační postup: KP-09

Místo měření: KALIST AKL s.r.o., Třebětice 8, 769 01 Holešov

Podmínky při měření: teplota vzduchu: 22,5 °C ± 0,5°C

Naměřené hodnoty.:

hodnota etalonu (cm)	hodnota měřidla (cm)	odchylka (cm)	Poznámka	nejistota měření (k=2) (mm)
100	100,0	0,0		1,0
500	500,0	0,0		
800	800,0	0,0		

Chyba měřidla je hodnota měřidla minus hodnota etalonu.

Rozšířená nejistota uvedená v tabulce naměřených hodnot je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$. Pro normální rozdělení odpovídá pokrytí přibližně 95% pravděpodobnosti. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02 M:2013.

Datum kalibrace: 22.1.2021

--- Konec kalibračního listu ---

Tento dokument nesmí být bez písemného schválení laboratoře rozmnožován jinak, než celý a beze změn. Naměřené údaje a hodnoty se vztahují ke dni a místu, ve kterých byla kalibrace provedena.



IČ: 27614654 DIČ: CZ 27614654
OR MS Praha, oddíl C, vložka 119032

ZÁZNAM O BEZPEČNOSTNĚ TECHNICKÉ KONTROLE			
Objednatel: SZÚ Praha		Dodavatel: GETA Centrum s.r.o. Podhajská pole 755/5 Praha 8	
Předmět BTK, vyr. číslo, seznam dodaných dílů:		Digitální tenzometr DTI/DT2 včetně příslušenství - FG 100 v.č. B34799, snímač MC v.č. I57818, I97770	
Datum zahájení BTK:	10.5.2022	Datum ukončení BTK:	10.5.2022

Popis kontrolních činností:

- Kontrola všech mechanických částí a příslušenství
- Funkční kontrola přístroje FG 100
- Ověření přesnosti měření se zátěží 20 a 40 kilogramů
- Zpracování závěrečné zprávy

Výsledek kontroly:

Při zachování současného stavu je přístroj schopen bezpečného provozu.

Následující pravidelnou bezpečnostně technickou kontrolu provést do: 10.11.2023

Doporučení:

Při přepravě a uložení přístroje odpojit měřicí celu od přístroje z důvodu možného přelomení přívodního kabelu.

V Praze 10.5.2022



Ing. Jiří Doubrava

GETA Centrum s.r.o.





IČ: 27614654 DIČ: CZ 27614654
OR MS Praha, oddíl C, vložka 119032

**FUNKČNÍ KONTROLA PŘÍSTROJE - TENZOMETR
OVĚŘENÍ PŘESNOSTI MĚŘENÍ TAŽNÝCH A TLAČNÝCH SIL**

Datum: 10.5.2022

Zařízení: FG-100 v.č. B34799, měřicí snímač v.č. I57818, I97770

Výrobce: firma Lutron

Provozovatel: SZÚ Praha

Použité přístroje: Závaží 20 kg v.č. 25 a 45

Podmínky měření: Teplota: 24 °C Vlhkost: 71 % Atm. tlak: 1023 hPa
Nadmořská výška: 250 m.n.m. Konstanta $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$

***Celkový posudek:* Veškeré funkce přístroje pracují bezchybně a naměřené údaje jsou v mezích určených výrobcem.
Zařízení je schopno provozu při zachování současného stavu.**

***Následující pravidelnou kontrolu provést do:* 10.11.2023**

Počet stran : 4

Rozdělovník : 1 x provozovatel
1 x společnost GETA Centrum s.r.o.

1. Popis zařízení

Přístroj je určen pro měření tažných a tlačných sil do 100 kg. Elektronika přístroje řízená mikroprocesorem zobrazuje na 5ti místném displeji sílu, která je vyvozována na externí tenzometrický snímač. Digitální údaj je zároveň zaslán na sériové rozhraní, které je přímo popojitelné se sériovým portem osobního počítače.

Při měření s přístrojem lze zvolit, zda má být zobrazovaná síla uváděna v kilogramech, newtonech nebo librách. Přístroj dále umožňuje vybrat režim průběžného zobrazení měřených sil nebo režim zachytávání maximální hodnoty. Samozřejmostí je funkce přizpůsobení nuly v rámci celého měřicího rozsahu a volba mezi rychlým a pomalým zobrazováním údajů.

2. Technická dokumentace

Technická dokumentace a postup kontroly jsou uloženy u GETA Centrum s.r.o., Nad Spádem 9, Praha 4.

3. Měření

3.1 Funkční a optická kontrola

1. Při optické prohlídce nebyly na přístroji a na snímači shledány viditelné stopy poškození.
2. Čitelnost kontrolovaných nápisů na předním panelu je dobrá.
3. Displej zobrazuje správně.
4. Tlačítka a přepínače fungují bezchybně.
5. Funkce Fast/Slow, Inverze displeje, Zero, Peak Hold pracují bezchybně.
6. Předávání dat na sériové rozhraní probíhá správně.

3.2 Ověření přesnosti měření tažných a tlačných sil

Kontrola přesnosti měření je prováděna pro tah i tlak se zátěží 20 a 40 kilogramů. Ověřování je prováděno pro všechny zobrazované jednotky - kilogramy [kg], newtony [N], libry [lb].

Výrobce udává přesnost je $\pm (0,5 \% + 2 \text{ digits})$ při $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. To při zátěži 20 kg odpovídá rozsahu zobrazené hodnoty 19,8 až 20,2 kg, neboť rozlišení je 0,05 kg (1 digit).

Tabulka naměřených hodnot

Snímač v.č.: I57818

Měření v tahu						
jednotky	zátěž	naměřené hodnoty	povolený interval	zátěž	naměřené hodnoty	povolený interval
kg	20,00	20,10	19,80 - 20,20	40,00	40,25	39,70 - 40,30
N	196,13	197,50	194,75 - 197,51	392,27	394,60	389,91 - 394,63
lb	44,09	44,40	43,77 - 44,41	88,18	88,55	87,64 - 88,72
Měření v tlaku						
jednotky	zátěž	naměřené hodnoty	povolený interval	zátěž	naměřené hodnoty	povolený interval
kg	20,00	20,10	19,80 - 20,20	40,00	40,20	39,70 - 40,30
N	196,13	197,20	194,75 - 197,51	392,27	394,30	389,91 - 394,63
lb	44,09	44,30	43,77 - 44,41	88,18	88,65	87,64 - 88,72

Snímač v.č.: I97770

Měření v tahu						
jednotky	zátěž	naměřené hodnoty	povolený interval	zátěž	naměřené hodnoty	povolený interval
kg	20,00	20,10	19,80 - 20,20	40,00	40,15	39,70 - 40,30
N	196,13	197,00	194,75 - 197,51	392,27	394,00	389,91 - 394,63
lb	44,09	44,30	43,77 - 44,41	88,18	88,30	87,64 - 88,72
Měření v tlaku						
jednotky	zátěž	naměřené hodnoty	povolený interval	zátěž	naměřené hodnoty	povolený interval
kg	20,00	20,10	19,80 - 20,20	40,00	40,10	39,70 - 40,30
N	196,13	197,20	194,75 - 197,51	392,27	394,40	389,91 - 394,63
lb	44,09	44,30	43,77 - 44,41	88,18	88,65	87,64 - 88,72



Závěr: Naměřené hodnoty jsou v mezích určených výrobcem.

4. Kontrolní zjištění

Naměřené údaje jsou v mezích určených výrobcem.
Zařízení je v dobrém technickém stavu.

5. Doporučení

Udržovat zařízení v dobrém technickém stavu a provozovat jej v souladu s návodem k obsluze.

Zpracoval: 

Ing. Jiří Doubrava



MĚŘIČ SÍLY FG-5000 A FG-20KG FG-100KG 5 digit LUTRON



Digitální měřič síly FG-5000 má měřicí rozsah 5000g s rozlišením 1g. FG-5000 může měřit oběma směry (tah - tlak), činnost obvodu je kontrolována vestavěným mikroprocesorem, je napájen 6 x 1,5 V baterií.

Digitální měřič síly FG-20kg má měřicí rozsah 20 kg a tomu odpovídající rozlišení, jinak je jeho konstrukce stejná jako u typu FG-5000

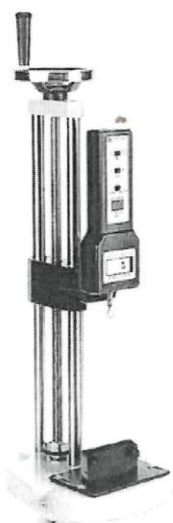
Digitální měřič síly FG-100KG má měřicí rozsah 100 kg/ 220 lb / 1.0 N s rozlišením 0,10 kg / 0,20 lb / 1.0 N FG-100KG může měřit oběma směry (tah - tlak), činnost obvodu je řízena vestavěným mikroprocesorem. Má oddělený senzor, na objednávku rozhraní RS 232. Disponuje funkcemi PEAK HOLD (přidržení špiček), nastavení nuly pro běžné měření i PEAK HOLD, možnost nastavení TARE, pomalé nebo rychlé nastavení časové odezvy a možnosti volby pozitivního nebo reverzního smyslu zobrazení. Je napájen 6 x 1,5 V baterií, má nízký odběr přibl. 24 mA.

Uplatnění přístroje naleznou především v elektrotechnice, obchodě, chemickém a strojírenském průmyslu a v ostatních odvětvích při mechanických měřeních komponentů (testování ovíjených spojů, měření pevnosti spojů u keramických částí, konektorů a spínačů, mechanické testování komponentů PC, měření v automobilovém, chemickém a potravinářském průmyslu, v kinotechnice, apod.).

TECHNICKÉ ÚDAJE

	FG -5000 A	FG- 20kg	FG-100 kg
měřicí rozsah	5000g	20 k	100 kg / 220 lb /1,0 N
rozlišení	1g/ displej 3g	0,01 kg	0,10 kg/ 0,20 lb / 1,0 N
přesnost	±(0,4% + 1dig)	± (0,5 + 2dg)	(0,5 % + 2 dg)
přetížení	7 kg	30 kg	150 kg
funkce	tahová / tlaková síla, PEAK HOLD		
displej	5 digit LCD, 10 mm vysoký		
napájení	6 x 1,5 V baterie / 24 mA nebo adaptér 12 V (option)		
rozměry	227 x 83 x 39 mm		130 x 51 x 18mm
vlhkost	max. 80 % RH		
hmotnost	0,551 kg		měřič 450 g, senzory 380 g
doba obnovení	FAST (rychlá) - přibl. 0,2 s SLOW (pomalá) - přibl. 0,6 s		
Průslušenství na objednávku	rozhraní RS-232, adaptér 9 V software pro Windows SW-U801-WIN		

TESTOVACÍ STOJÁNEK FS-1001 LUTRON



Testovací stojánek pro měřiče síly řady FG jako příslušenství na zvláštní objednávku. Umožňuje, aby se celý systém mohl použít pro komplexní materiálovou analýzu tahem a tlakem. Pro přidržení testovaného materiálu na základně FS-1001 lze objednat úchyt WG-01 a nainstalovat jej.

TECHNICKÉ ÚDAJE

Rozměry	630 x 250 x 230 mm
Hmotnost	7,02 kg
Příslušenství na objednávku	úchyt materiálu WG-01

Příloha B – Dotazník

Dotazník – respektování zákazu vstupu

Vážení respondenti, jsem studentem posledního ročníku ve studijním programu integrální bezpečnosti staveb a rád bych Vás požádal o vyplnění mého dotazníku pro mou diplomovou práci, která se zabývá přetlakovým větráním chráněných únikových cest. Otázky v dotazníku jsou zaměřeny na chování osob a respektování zákazu vstupu do schodišťového prostoru, který je potřeba zajistit před vstupem nežádoucích osob, jež by mohli narušit celý průběh zkoušky. Dotazník je zcela anonymní. Předem Vám moc děkuji za ochotu a Váš čas, Lukáš Jordán.

1) Jak důkladně znáte budovy XXX?

1 2 3 4 5 (1 = nejméně, 5 = nejvíce)

2) Víte, co je to evakuační plán?

Ano Ne

3) Víte, kde je v budově A umístěn evakuační plán?

Ano Ne

4) Kolik je v budově A schodišť?

1 2 3 4

5) Pokud bude jedno ze schodišť v budově A uzavřeno, víte jakým jiným způsobem se dostat ven z objektu?

Ano Ne

6) Čtete informativní cedulky umístěné na dveřích?

Ano Ne Občas

7) Jakou barvu textu byste použili na informativní ceduli, pro zvýraznění upozornění?

Červenou Žlutou Jinou (prosím dopište)

8) Pokud bude na dveřích umístěna informativní cedule s barevným výstražným nápisem „POZOR“, přečtete si ji?

Ano Ne Pouze když budu mít čas

9) Z informativní cedulky umístěné na dveřích do schodiště zjistíte, že ve schodišti probíhá zkouška a jste požádáni, abyste do tohoto schodiště nevstupovali. Vstoupíte přesto do tohoto schodišťového prostoru?

::: Ano ::: Ne ::: Pouze když budu pospíchat

10) Pokud bude před vstupem do schodišťového prostoru natažena červeno-bílá výstražná páska „ZÁKAZ VSTUPU“, využili byste toto schodiště?

::: ANO ::: NE ::: Vyzkoušel/a bych, zda je přístupné.

11) Jakou barvu výstražné pásky s textem „ZÁKAZ VSTUPU“ byste použili pro zvýraznění upozornění?

::: Červeno-bílou ::: Žluto-černou ::: Jinou (prosím dopište)

12) Co by Vás více přimělo respektovat „ZÁKAZ VSTUPU“ a nevstupovat do schodišťového prostoru?

::: Cedulka na dveřích

::: Cedulka na stojanu 1m před dveřmi

::: Výstražná páska „ZÁKAZ VSTUPU“ přes dveře

::: Výstražná páska „ZÁKAZ VSTUPU“ přes celou šířku chodby

13) Co by vás vedlo k porušení zákazu a vstupu do schodišťového prostoru?

::: Nedostatek času (pospíchám)

::: Lenost (využití jiné cesty)

::: Nezájem/nepovažuji to za důležité

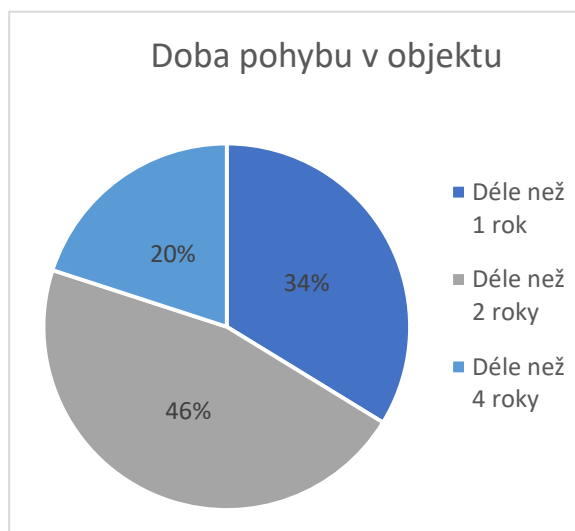
Příloha C – Vyhodnocení dotazníku

Pro sběr dat dotazníku zaměřeného na chování osob a respektování zákazu vstupu do schodišťového prostoru byli vyplněním dotazníku osloveni respondenti, kteří se v objektu běžně pohybují. Dotazník byl respondentům poskytnut během pracovní doby objektu v písemné podobě. Sběr dat probíhal ve dnech od 7. 10. 2022 do 13. 10. 2022 a poskytl data celkem od 80 respondentů.

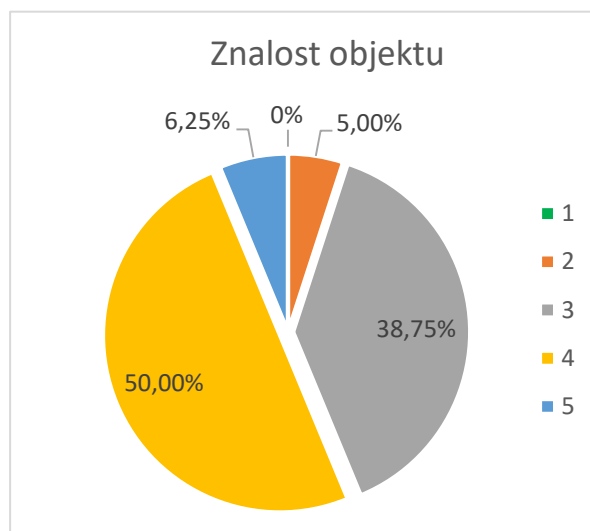
Samotný dotazník začíná krátkou promluvou k respondentům, kde představují svou osobu, téma diplomové práce a samotné důvody k realizaci dotazníku. Dále je v dotazníku upozorňováno především na anonymitu. První část dotazníku se zabývá obecnými znalostmi o celém objektu a konkrétní budově, které se diplomová práce věnuje. Druhá část dotazníku se věnuje vnímáním respondentů na možná upozornění/zákazy a osobnímu přístupu k jejich následnému respektování. Poslední část dotazníku je zaměřena na respondenty preferovaném opatření, jehož realizaci by využili pro zajištění dveří proti nekontrolovanému otevření uživatelem objektu. Analýza vybraných odpovědí je popsána níže, úplné znění dotazníku je uvedeno v *Příloze B*.

Z vyplněných 80 dotazníků bylo složení respondentů rozděleno na základě doby, po kterou se v objektu doposud pohybují. 27 respondentů se v objektu pohybuje déle než jeden rok, 37 respondentů se v objektu pohybuje déle než 2 roky a 16 respondentů se v objektu pohybuje déle než 4 roky. Procentuální rozdělení respondentů na základě doby znalosti objektu je znázorněno na *obr. 87*.

Následně byla analyzována odpověď jejich znalosti objektu na základě osobního pocitu. Hodnocení v této otázce probíhalo pomocí pětibodové číselné stupnice (1-5), kdy číslo 1 představovalo nejmenší znalost objektu a číslo 5 nejvyšší znalost objektu. Procentuální rozdělení respondentů na základě znalosti objektu je znázorněno na *obr. 88*.



obr. 87 – Rozdělení respondentů na základě doby, po kterou se již v objektu pohybují



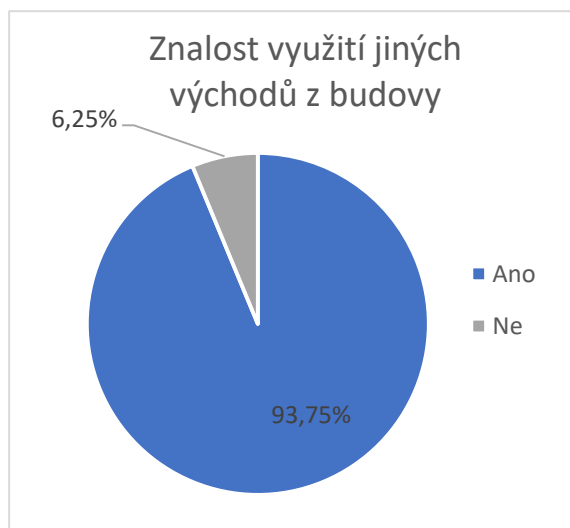
obr. 88 – Rozdělení respondentů na základě vlastní znalosti objektu

Z *obr. 88* lze pozorovat, že pouhých 5 % respondentů je méně znalých objektu a 38,75 % respondentů se považuje za středně znalé objektu. Naopak polovina respondentů uvádí, že se považuje za znalé objektu a 6,25 % za velmi znalé.

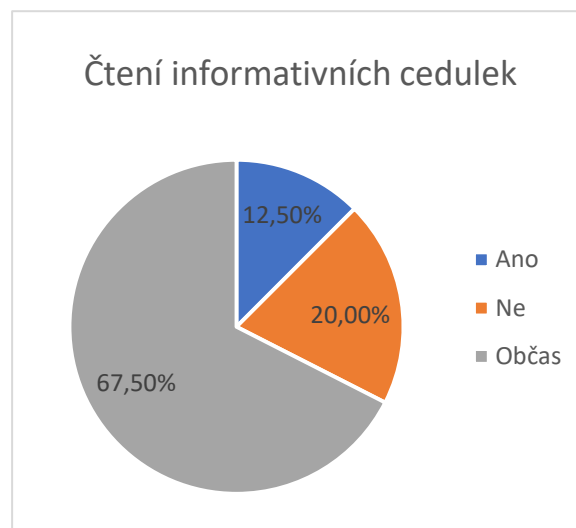
Pro ověření znalosti konkrétní budovy objektu, ve které budou probíhat jednotlivá měření, byla položena následující otázka: „Pokud bude jedno ze schodišť v budově A uzavřeno, víte jakým

jiným způsobem se dostat ven z objektu?“. Procentuální vyhodnocení této otázky s odpovědí „Ano/Ne“ je znázorněno na obr. 89.

Z obr. 89 vyplývá, že na základě osobní znalosti objektu a doby, po kterou se již v objektu pohybují, je schopno 93,75 % respondentů využít v případě uzavření schodiště jiný východ z budovy. Pro správné zajištění schodišťového prostoru bylo další částí dotazníku nejprve analyzováno vnímání respondentů na upozornění zákazu vstupu do schodišťového prostoru.



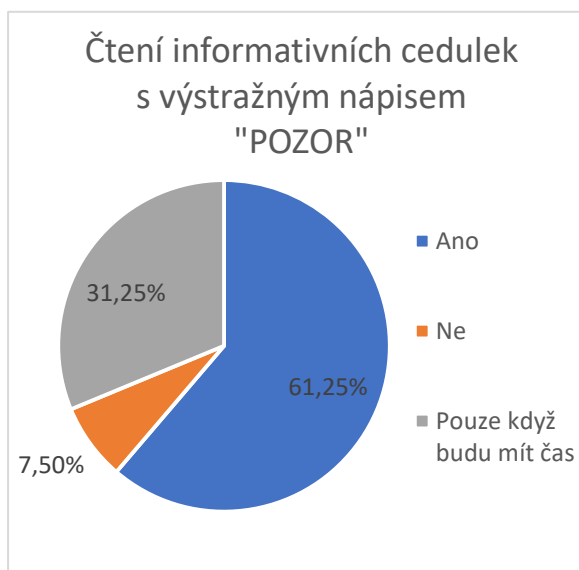
obr. 89 – Znalost využití jiných východů z budovy



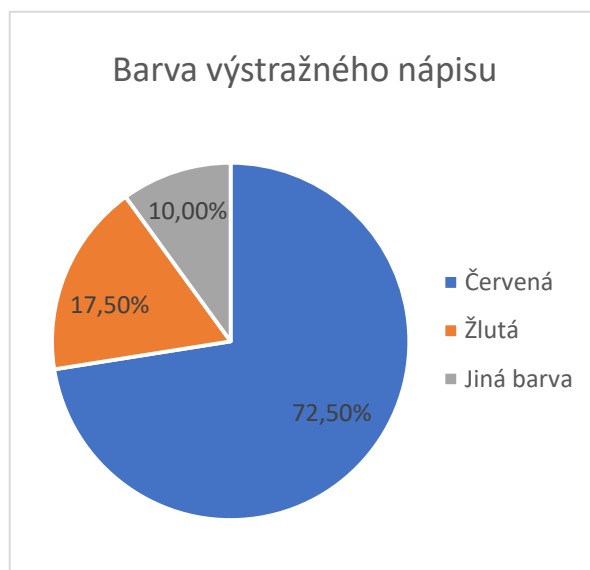
obr. 90 – Čtení informativních cedulek

V druhé části dotazníku byla nejprve ověřována základní informace, která analyzovala, zda si respondenti všimají a čtou informativní cedulky umístěné na dveřích. Procentuální vyhodnocení o tom, zda respondenti čtou informativní cedulky na dveřích je znázorněno na obr. 90.

Z obr. 90 vyplývá, že informativní cedulku umístěnou na dveřích si s jistotou přečte pouhých 12,5 % respondentů. Pro zjištění, zda bylo zajištění schodiště proti nekontrolovanému otevření dostatečné, byly položeny následující otázky. První otázkou bylo zjišťováno, zda by si respondenti informativní cedulku přečetli, pokud by na ní byl umístěn výstražný nápis „POZOR“. Druhou otázkou bylo zjišťováno, jakou barvou textu by respondenti použily pro nápis ke zvýraznění upozornění. Procentuální vyhodnocení těchto dvou otázek je znázorněno na obr. 91 a obr. 92.



obr. 91 – Čtení informativních cedulek s výstražným nápisem "POZOR"

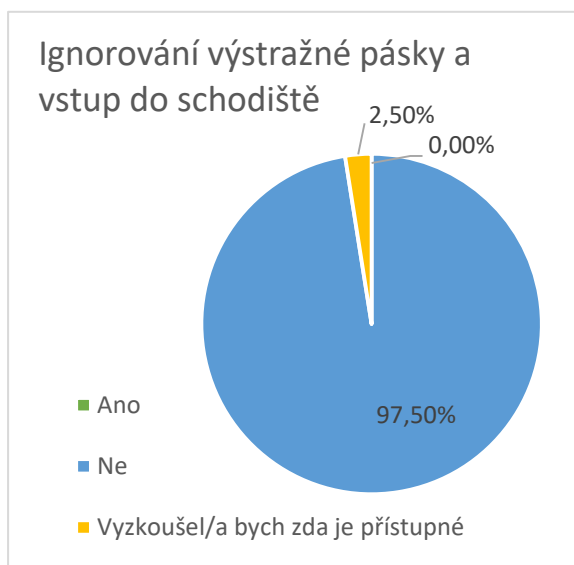


obr. 92 – Barva výstražného nápisu

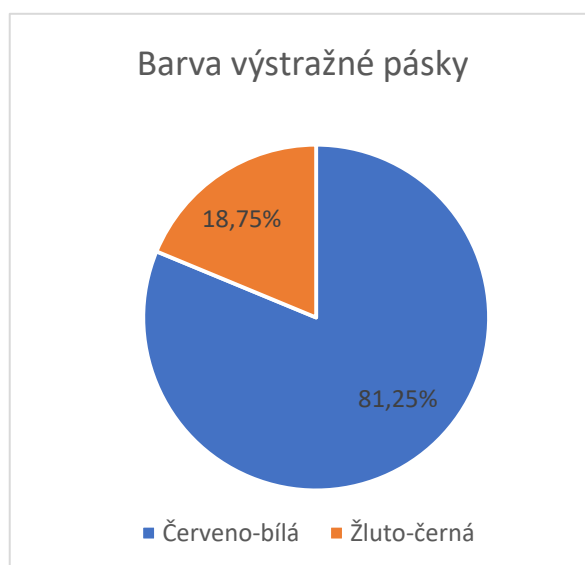
Z obr. 92 bylo zjištěno, že 72,5 % respondentů by zvolilo pro zvýraznění upozornění červenou barvu textu. Tato barva textu byla použita při prvním ověření funkčnosti přetlakového větrání CHÚC viz obr. 34. Dále byla tato informativní cedulka doplněna o časovou informaci průběhu měření a textem zakazující vstup do schodišťového prostoru.

Informativní cedulku, která byla použita při prvním dni měření, by si na základě obr. 91 přečetlo pouze 61,25 % respondentů. Z tohoto důvodu se dosavadní způsob zajištění schodišťového prostoru proti nekontrolovanému otevření jeví jako nedostatečný a vzniká zde velké množství potenciálních osob, které si informativní cedulku nepřečtou a vstoupí do schodišťového prostoru.

Další částí dotazníku byla ověřována možnost využití výstražné pásky pro zajištění schodišťového prostoru. Pro ověření této možnosti byly respondentům položeny následující otázky. První otázkou bylo zjišťováno, zda by respondenti vstoupili do schodišťového prostoru, pokud by před ním byla natažena výstražná páska s nápisem „ZÁKAZ VSTUPU“. Druhou otázkou bylo zjišťováno, jakou barvou výstražné pásky by respondenti osobně použili. Procentuální vyhodnocení těchto dvou otázek je znázorněno na obr. 93 a obr. 94.



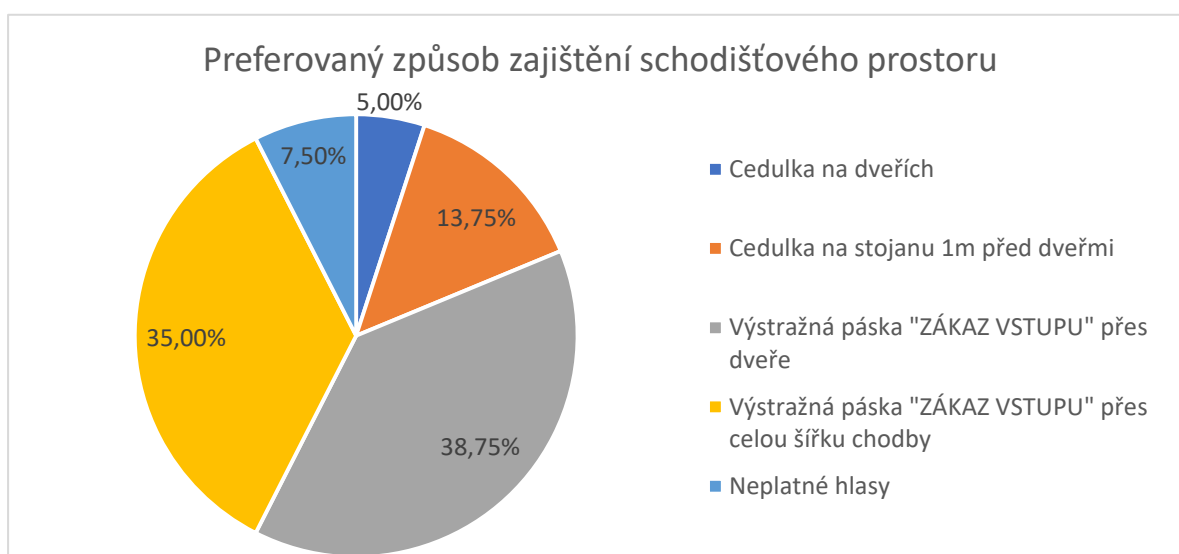
obr. 93 – Ignorování natažené výstražné pásky s nápisem „ZÁKAZ VSTUPU“ a vstup do schodiště



obr. 94 – Barva výstražné pásky

Z obr. 93 vyplývá, že zajištění schodišťového prostoru proti nekontrolovanému otevření dveří v podobě výstražné pásky s nápisem „ZÁKAZ VSTUPU“ se jeví jako dostatečné a 97,5 % respondentů uvedlo, že by do tohoto schodiště nevstoupilo. Tímto opatřením se tedy zásadně sníží počet potenciálních osob, které si informativní cedulku nepřečtou a vstoupí do schodišťového prostoru.

Poslední část dotazníku byla zaměřena na respondenty preferovaném opatření, jehož realizaci by využili pro zajištění dveří proti nekontrolovanému otevření uživatelem objektu. Možnostmi, mezi kterými respondenti mohli volit možné způsoby zajištění schodišťového prostoru, byly: informativní cedulka umístěná na dveřích do schodiště, informativní cedulka umístěná na stojanu 1 m před dveřmi, výstražná páska s nápisem „ZÁKAZ VSTUPU“ natažená přes dveře a výstražná páska s nápisem „ZÁKAZ VSTUPU“ natažená přes celou šířku chodby. Procentuální vyhodnocení respondenty preferovaném opatření je znázorněno na obr. 95.



obr. 95 – Preferovaný způsob zajištění schodišťového prostoru

Dle respondentů bylo natažení výstražné pásky s nápisem „ZÁKAZ VSTUPU“ přes dveře do schodiště nejvíce preferované opatření pro zajištění dveří proti nekontrolovanému otevření uživatelem objektu viz *obr. 95*. Tento nejvíce preferovaný způsob zajištění zvolený respondenty byl použit při druhém ověření funkčnosti přetlakového větrání CHÚC a dále byl doplněn informativní cedulkou s časovou informací o průběhu měření a textem zakazující vstup do schodišťového prostoru. Mezi neplatné hlasy bylo zahrnuto zvolení více různých odpovědí, případně zanechání této otázky bez odpovědi. Zajištění schodišťového prostoru proti nekontrolovanému otevření dveří znázorňuje *obr. 42*.

Příloha D – Naměřené hodnoty rozdílu tlaků

Obecné informace:

Verze aplikace	Název měřicího programu	Datum měření
V 14.41.6.58442	Diferenční tlak (ΔP)	02.11.2022 11:01

Přístroje:

Jméno	Sériové číslo	Verze firmwaru	Měřené veličiny
testo 400	63322954	V 1.1.4	Tlak
testo 400	63322954	V 1.1.4	Diferenční tlak

Parametry měření:

Režim měření	Cyklus měření	Čas spuštění	Čas ukončení	Doba trvání
časový sled	1 s	02.11.2022 10:50	02.11.2022 11:01	0 d 0 Hod. 10 min. 13 s

tab. 11 - Naměřené hodnoty rozdílu tlaků v jednotlivých podlažích během měřeného časového intervalu

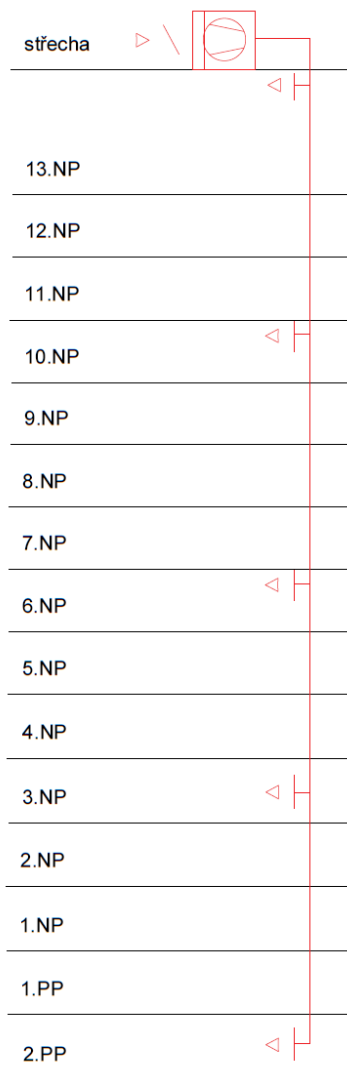
Naměřené hodnoty rozdílu tlaků (Pa)							
Podlaží	13. NP	11. NP	9. NP	7. NP	5. NP	3. NP	1. NP
Čas (s)	-	-	-	-	-	-	-
1	13,7	8,7	6,8	5,2	5	4,3	0,5
2	13,4	13,2	6,8	4,7	4,6	3,5	1,1
3	13,7	20,2	6	3,8	4,4	5,1	0,6
4	13,1	17,5	5	3,9	4,3	5,8	0,4
5	13,4	17	4,7	4,3	3,6	5,1	0,1
6	13,3	15,5	5	4,8	3,1	5,1	0,6
7	13	14,8	4,3	4,3	3,3	5,1	1,5
8	13,6	15,1	4	4,3	2,9	4,3	1,3
9	13,4	14,3	3,3	4,2	3,2	3,1	1,2
10	12,7	15	2,8	4,2	3,3	1,9	0,6
11	12,6	14,6	2,9	4,4	4	2,2	0,3
12	15	14,1	2,8	4,4	4,5	2	1
13	13,9	13,7	2,8	4,1	3,9	1,5	1,4
14	14,7	13,8	2,3	4	4,5	1,9	1,9
15	14,6	13,4	1,7	4,4	4,8	1,3	1,7
16	13,1	13,5	2,2	5,1	4,6	1,8	0,1
17	13,5	13,2	2,5	5,3	4,3	2,4	0
18	13,8	14,2	3,3	5,2	3,6	2,2	0,1
19	14	15,2	2,8	3,5	3,3	2,3	0,4
20	14,4	14,9	2,8	3,1	3,5	2,6	0,5
21	14,4	14,2	2,4	3,3	4,5	2,7	0
22	13,4	13,9	2,5	4,4	3,1	2,6	0,5
23	14	12,5	2,9	4,2	3,5	2,6	0,7
24	11,6	13,1	3	4,1	2	2,8	1,1
25	12,9	12,9	3,3	3,4	1,1	2,9	1,1

26	12,9	14,2	3,4	3,4	1,2	3,3	0,6
27	13,3	13,9	3,3	3,5	1,5	3,2	3,7
28	12,9	13,5	4	3,6	2,7	3,3	3,7
29	14,1	14,2	3,6	3,8	2,7	2,9	0,1
30	13,9	14,3	3,6	3,3	3	2,8	4,2
31	15	15	4,5	3,6	4,4	2,7	1,5
32	15,2	15,7	4,8	3,9	4,9	3,5	0,6
33	15,2	16,2	4,3	4,3	4,6	3,2	0,4
34	14,6	14,9	4,2	3,7	4,4	4,1	0,8
35	14,6	13,2	4,1	4,1	4	3,3	1,3
36	12,2	12,8	4,4	4	4	2,7	0
37	11,5	12,2	4,8	4,9	3,7	2,7	2,9
38	11,7	11,9	5,4	4,9	3,1	2,5	0,5
39	10,6	11,5	4,9	5	3,3	3	0,9
40	10,8	11,7	5,3	5	2,8	3,2	5,3
41	10,8	11,5	5,3	4,8	2,8	3,3	2,3
42	10,9	12,3	5,3	4,4	3	3,8	1,7
43	11,7	12,3	4,9	4,4	3,1	3,7	0,5
44	13,1	13,1	4,5	4,1	4	4,2	1,1
45	13,5	13	4,5	3,8	3,7	4,2	1,1
46	14,1	13,1	5,3	4,6	3,4	3,2	0,3
47	13,7	13,5	5,2	4,4	3,4	2,6	0,6
48	13,6	13,4	5,1	4,6	3,6	2,6	0,8
49	14,4	14,2	4,3	5,2	4,4	3,3	0,8
50	14,8	14,1	5,6	5,4	4,2	4	0,3
51	15,8	14	6,1	5,5	4,4	3,3	0,6
52	15,3	13,8	6,9	5,2	4,3	3,1	1
53	14,3	13,4	6,4	4,9	4,5	3,4	1,4
54	14,4	12,3	5,4	4,9	4	3,6	1,2
55	14,2	12,5	5,3	4,5	4,1	3,7	1
56	13,5	13	4,9	4,8	4,3	3,5	0,8
57	13,7	13,1	3,9	4,7	4,5	3,9	1
58	13,4	12,6	3,7	4,9	4,1	3,8	1,1
59	13,6	13,2	4,1	5,1	4,4	5	0,7
60	13,4	12,9	5,5	5,6	4,3	4,3	0,5
Průměrná hodnota přetlaku (Pa)	13,50	13,75	4,26	4,39	3,70	3,27	1,07

Příloha E – Výpočet objemového průtoku přívodního vzduchu

E.1 Rozmístění a typy stěnových mřížových vyústek

Pro přetlakové větrání této CHÚC je zřízen ventilátor nasávající venkovní vzduch nad střechou objektu, který větrací vzduch dopravuje svislým potrubím do CHÚC, kde je vyfukován přes stěnové mřížové vyústky (distribuční prvek - místo přívodu vzduchu). Jednotlivé stěnové mřížové vyústky jsou rozmístěny ve 2. PP, 3. NP, 6. NP, 10. NP a 13. NP. Tímto rozmístěním po výšce schodiště by mělo docházet k co nejrovnoměrnějšímu rozložení přetlaku ve schodišti. Schéma rozmístění stěnových mřížových vyústek po výšce schodiště je znázorněno na *obr. 96*.

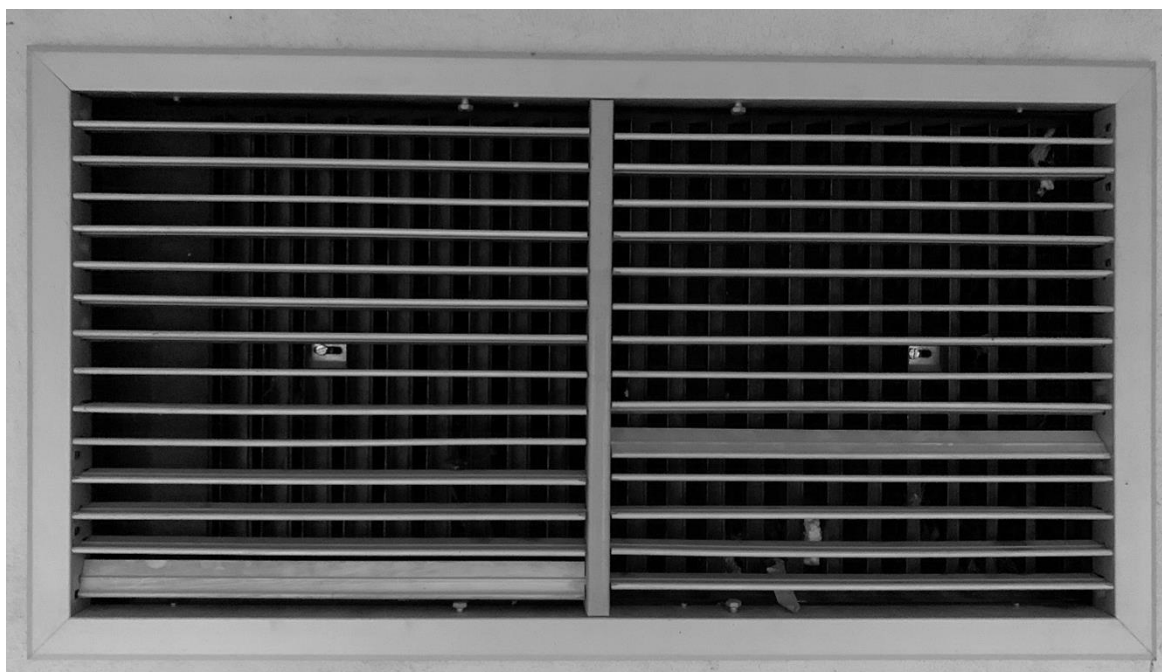


obr. 96 – Schéma rozmístění vyústek po výšce schodiště

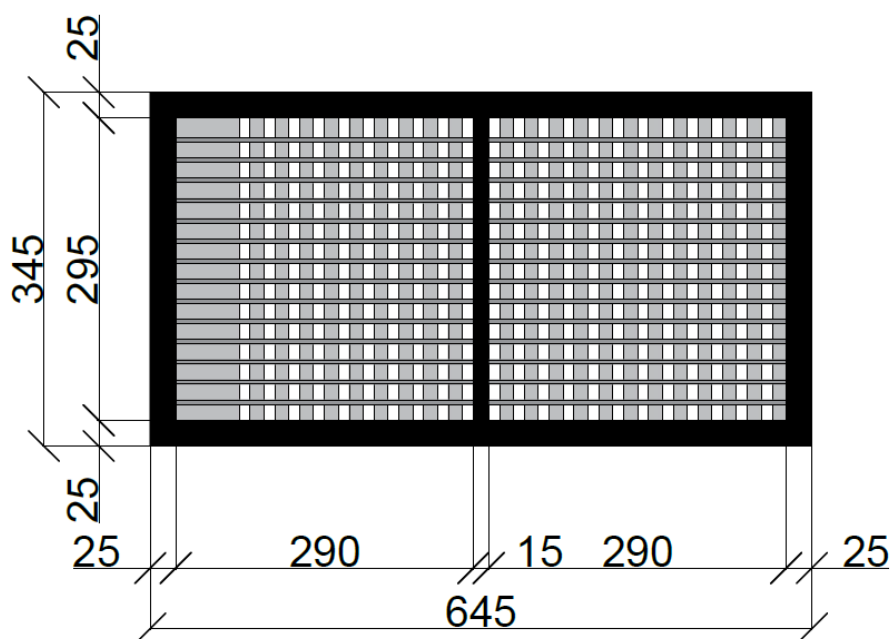
Obdélníkové stěnové mřížové vyústky jsou provedeny ve dvou velikostech s dvouřadým uspořádáním lamel. Nastavitelné přední lamely jsou provedené v horizontálním uspořádání, pevné zadní lamely jsou provedené ve vertikálním uspořádání. Schématické uspořádání stěnových mřížových vyústek znázorněné na *obr. 98*, *obr. 100*, *obr. 103* a *obr. 105* odpovídá skutečnosti. Bílá barva na těchto obrázcích znázorňuje volnou výtokovou plochu, šedá barva konstrukci mřížky sestavené z horizontálních a vertikálních lamel. Veškeré rozměry na těchto jsou uvedeny v mm.

Pro potřeby výpočtu bylo u obou typů stěnových mřížových výústek provedeno fyzické měření geometrických rozměrů. Na základě tohoto měření byly stěnové mřížové vyústky rozděleny dle velikostí následovně:

- **Typ A** – Stěnová mřížová vyústka ve 2. PP



obr. 97 – Fotografie stěnové mřížové vyústky ve 2. PP

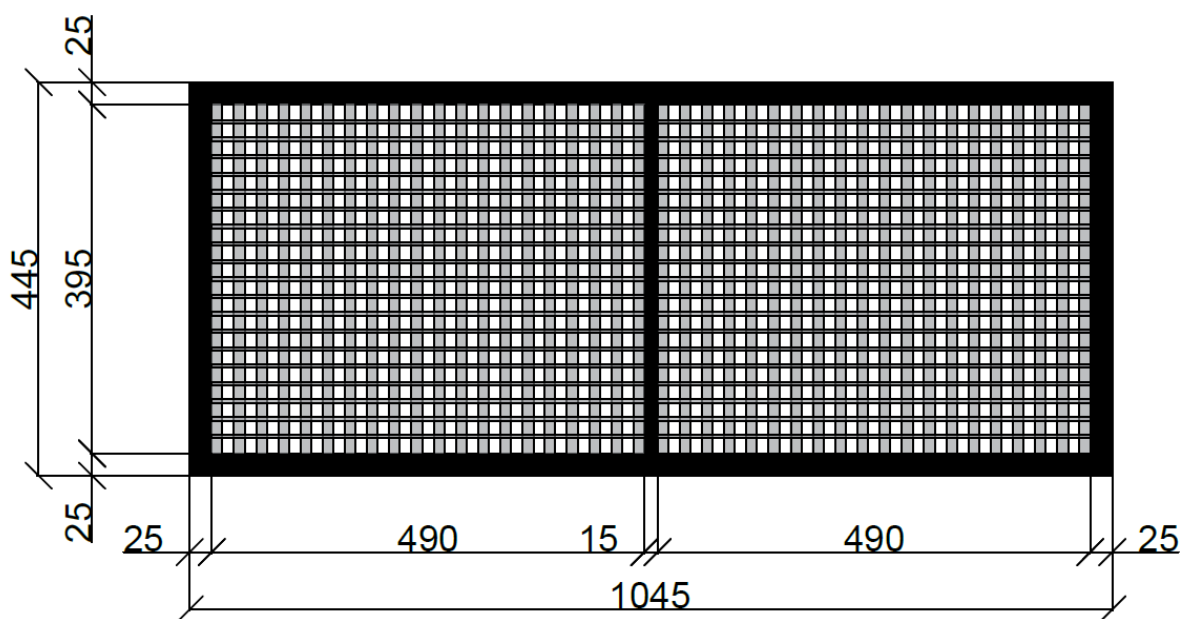


obr. 98 – Schéma stěnové mřížové vyústky Typu A (rozměry uvedeny v mm)

- **Typ B** – Stěnová mřížová vyústka ve 3. NP, 6. NP, 10. NP a 13. NP



obr. 99 – Fotografie stěnové mřížové vyústky ve 13. NP



obr. 100 – Schéma stěnové mřížové vyústky Typu B (rozměry uvedeny v mm)

E.2 Vertikální uspořádání lamel

U vertikálního uspořádání lamel byla zjišťována šířka vertikální výtokové plochy (b_v) v poli mezi jednotlivými vertikálními lamelami. Toto měření probíhalo pomocí posuvného měřítka u obou typů lamel. Dále bylo zjišťováno, kolik těchto ploch ve vertikálním směru vyústky obsahují a následně proběhlo stanovení výtokové plochy mezi lamelami ve vertikálním směru ($A_{k,v}$).

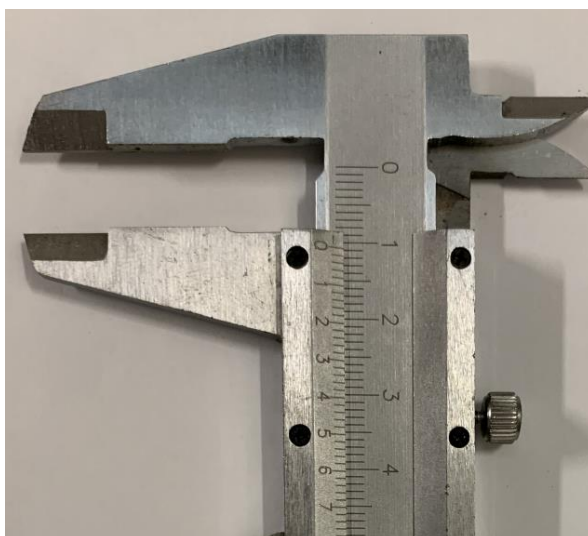
E.2.1 Vertikální uspořádání lamel – vyústka typu A

E.2.1.1 Stanovení šířky výtokové plochy b_v mezi jednotlivými lamelami

Šířka výtokové plochy mezi jednotlivými lamelami byla měřením na posuvném měřítku stanovena na hodnotu **10,7 mm**. Průběh měření a hodnota zaznamenaná na posuvném měřítku jsou zobrazeny na *obr. 101* a *obr. 102*.



obr. 101 – Průběh měření šířky výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním na vyústce typu A



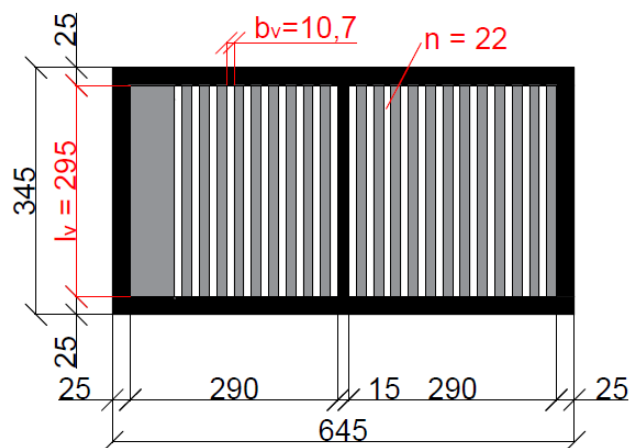
obr. 102 – Hodnota šířky výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním na vyústce typu A, která byla naměřena na posuvném měřítku

E.2.1.2 Stanovení výtokové plochy $A_{k,v}$ mezi lamelami s vertikálním uspořádáním

Výpočet $A_{k,v}$ (m^2):

- 1) Šířka výtokové plochy $b_v = 10,7$ mm
- 2) Délka výtokové plochy $l_v = 295$ mm
- 3) Počet výtokových ploch $n = 22$

$$A_{k,v} = b_v \cdot l_v \cdot n = 10,7 \cdot 295 \cdot 22 = 69\,443 \text{ mm}^2 = \mathbf{0,069443 \text{ m}^2}$$



obr. 103 – Schéma uspořádání vertikálních lamel na vyústce typu A (rozměry uvedeny v mm)

E.2.2 Vertikální uspořádání lamel – vyústka typu B

E.2.2.1 Stanovení šířky výtokové plochy b_v mezi jednotlivými lamelami

Šířka výtokové plochy mezi jednotlivými lamelami byla měřena stejným způsobem jako u vyústky typu A. Měřením na posuvném měřítku byla stanovena hodnota šířky **13,0 mm**. Hodnota zaznamenaná při měření na posuvném měřítku je zobrazena na *obr. 104*.



obr. 104 – Hodnota šířky výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním na vyústce typu B, která byla naměřena na posuvném měřítku

E.2.2.2 Stanovení výtokové plochy $A_{k,v}$ mezi lamelami s vertikálním uspořádáním

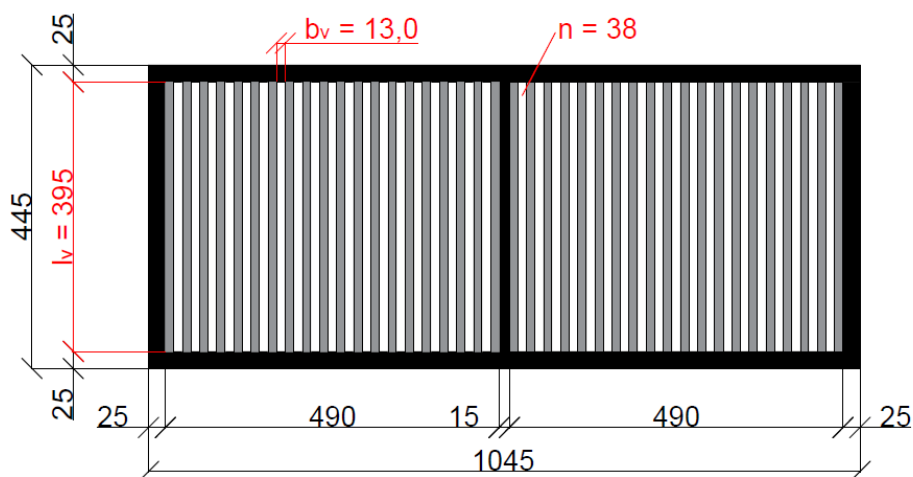
Výpočet $A_{k,v}$ (m²):

1) Šířka výtokové plochy $b_v = 13,0$ mm

2) Délka výtokové plochy $l_v = 395$ mm

3) Počet výtokových ploch $n = 38$

$$A_{k,v} = b_v \cdot l_v \cdot n = 13,0 \cdot 395 \cdot 38 = \\ = 195\,130 \text{ mm}^2 = \mathbf{0,19513 \text{ m}^2}$$



obr. 105 – Schéma uspořádání vertikálních lamel na vyústce typu B (rozměry uvedeny v mm)

E.3 Horizontální uspořádání lamel

U horizontálně uspořádaných lamel byly zjišťovány jejich konkrétní šířky (b_h) pro stanovení horizontální plochy ($A_{k,h}$) zasahující do výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním ($A_{k,v}$). Odečtením této plochy ($A_{k,h}$) od výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním ($A_{k,v}$) získáme volnou výtokovou plochu konkrétní stěnové mřížové vyústky.

Měření šířek horizontálních lamel probíhalo pomocí posuvného měřítka u obou typů stěnové mřížové vyústky. Šířka horizontálních lamel (v kolmém směru na rovinu vyústky) byla u obou typů vyústek shodná a na posuvném měřítku byla stanovena hodnotou **4,0 mm**. Průběh měření a hodnota zaznamenaná na posuvném měřítku jsou zobrazeny na *obr. 106* a *obr. 107*.



obr. 106 – Průběh měření šířky horizontálních lamel natočených v kolmém směru na rovinu vyústky



obr. 107 – Hodnota šířky horizontální lamely natočené v kolmém směru na rovinu vyústky

Zjištěným nedostatkem u horizontálně uspořádaných lamel byla skutečnost, že některé z nich jsou vlivem fyzického poškození natočeny v různých směrech na rovinu vyústky viz *obr. 106*. Z tohoto důvodu byla stanovena také maximální šířka lamely zasahující do volné výtokové plochy přívodní mřížky pomocí posuvného měřítka. Šířka horizontálních lamel (v rovnoběžném směru s rovinou vyústky) byla u obou typů vyústek shodná a na posuvném měřítku byla stanovena hodnotou **22,0 mm**. Průběh měření a hodnota zaznamenaná na posuvném měřítku jsou zobrazeny na *obr. 108* a *obr. 109*.



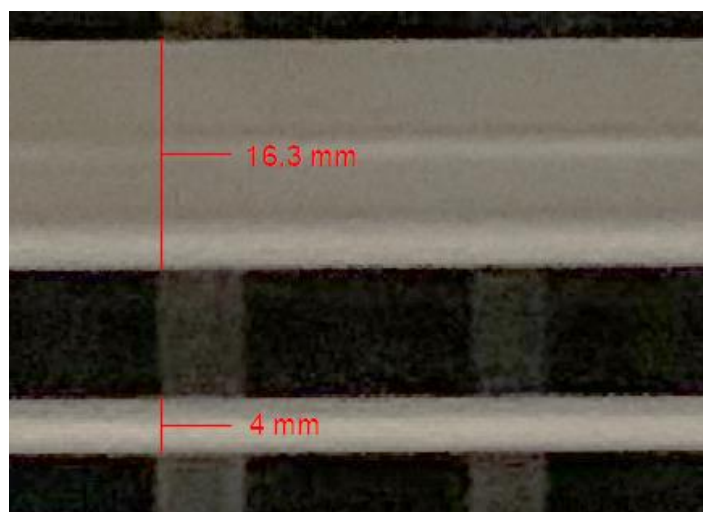
obr. 108 – Průběh měření šířky horizontálních lamel natočených v rovnoběžném směru s rovinou vyústky



obr. 109 – Hodnota šířky horizontální lamely natočené v rovnoběžném směru s rovinou vyústky

Stanovení ostatních šířek lamel uspořádaných v horizontálním směru fyzickým měřením nebylo možné. Při fyzickém měření geometrických rozměrů lamel natočených v různých směrech vzniká možnost nechtěného natočení ostatních lamel a ovlivnění výsledků měření. Změnou natočení lamel se mění i volná výtoková plocha dané stěnové mřížové vyústky a hodnota jejího objemového průtoku. Z tohoto důvodu byly bezprostředně po ukončení měření pořízeny fotografie jednotlivých stěnových mřížových vyústek a jednotlivé šířky horizontálních lamel (b_h) byly dopočítány z fotografií pomocí měřítka v softwarovém programu Autodesk AutoCAD 2023.

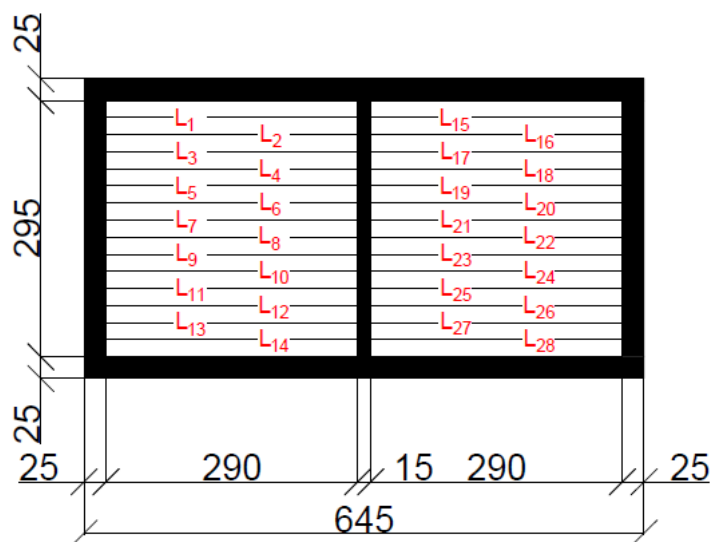
Přepočet šířky lamel uspořádaných v horizontálním směru pomocí měřítka v programu Autodesk AutoCAD 2023 je znázorněn na obr. 110.



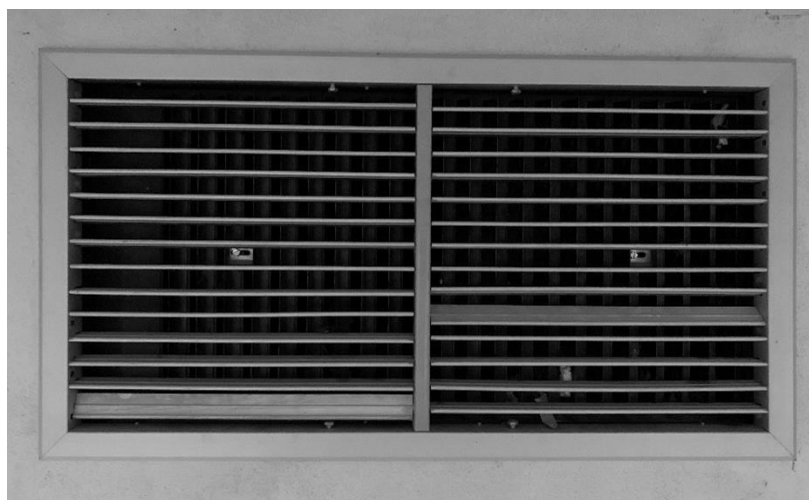
obr. 110 – Přepočet šířky horizontálních lamel pomocí měřítka v programu Autodesk AutoCAD 2023

E.3.1 Stanovení šířek horizontálně uspořádaných lamel – vyústka typu A

Vyústka typu A se nachází pouze ve 2. PP a čítá celkem 28 horizontálně uspořádaných lamel (14 lamel v jednom poli). Schématické rozložení a značení jednotlivých lamel je zobrazeno na *obr. 111*. Fotografie vyústky, ze které proběhl přepočítání šířky vybraných lamel pomocí měřítka je znázorněna na *obr. 112* a jednotlivé hodnoty šířek lamel jsou uvedeny v *tab. 12*.



obr. 111 – Schématické rozložení a značení jednotlivých lamel na vyústce typu A (rozměry uvedeny v mm)



obr. 112 – Použitá fotografie vyústky z 2. PP pro přepočítání šířek pomocí měřítka

tab. 12 - Šířky horizontálně uspořádaných lamel – 2. PP

Šířky horizontálních lamel							
Lamela	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₈	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃	L ₁₄
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	20,2
Lamela	L ₁₅	L ₁₆	L ₁₇	L ₁₈	L ₁₉	L ₂₀	L ₂₁
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₂₂	L ₂₃	L ₂₄	L ₂₅	L ₂₆	L ₂₇	L ₂₈
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	6,9	16,3	4,0	4,0	4,0	4,0

Celková šířka horizontálně uspořádaných lamel ($b_{h,c}$) zasahující do výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním byla stanovena součtem šířek jednotlivých horizontálně uspořádaných lamel následovně:

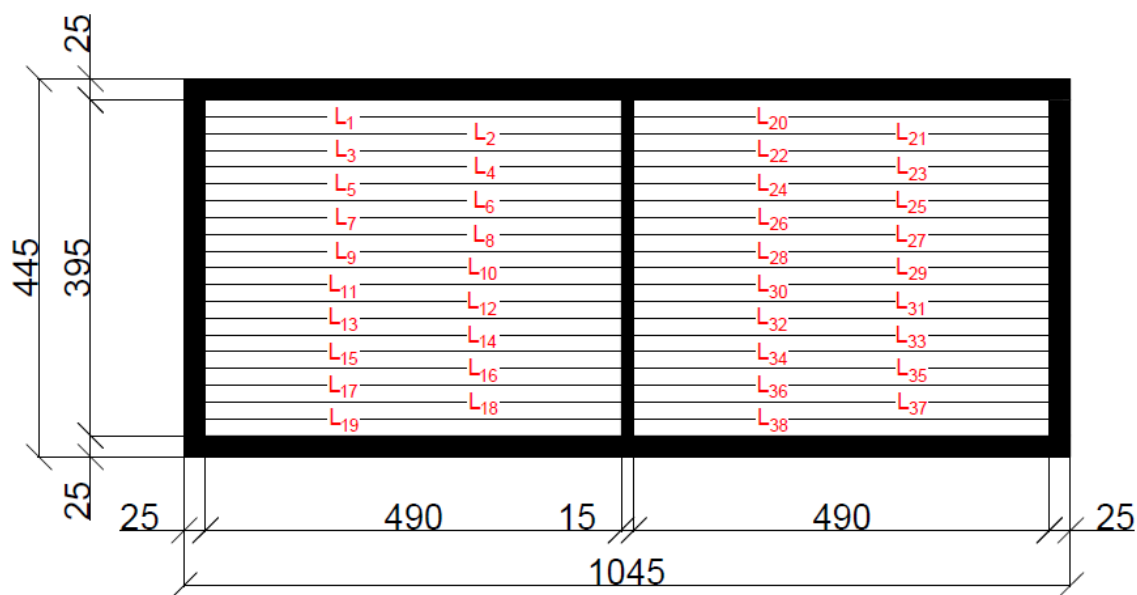
$$b_{h,c} \text{ (mm)} = b_{h(L_1)} + b_{h(L_2)} + b_{h(L_3)} + \dots + b_{h(L_{27})} + b_{h(L_{28})}$$

$$b_{h,c} \text{ (mm)} = 4,0 + 20,2 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 6,9 + 16,3 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 = 143,4 \text{ mm}$$

$$b_{h,c} \text{ (m)} = 0,1434 \text{ m}$$

E.3.2 Stanovení šířek horizontálně uspořádaných lamel – vyústka typu B

Vyústka typu B se nachází ve 13. NP, 10. NP, 6. NP a 3 NP a čítá celkem 38 horizontálně uspořádaných lamel (19 lamel v jednom poli). Schématické rozložení a značení jednotlivých lamel je zobrazeno na obr. 113.



obr. 113 – Schématické rozložení a značení jednotlivých lamel na vyústce typu B (rozměry uvedeny v mm)

E.3.2.1 Vyústka typu B – 13. NP

Fotografie vyústky situované ve 13. NP je znázorněna na *obr. 114*. Z této fotografie je patrné, že všechny horizontálně uspořádané lamely jsou natočeny v kolmém směru na rovinu vyústky. Z tohoto důvodu neproběhl přepočet šířky lamel pomocí měřítka a veškeré jednotlivé šířky lamel jsou rovny hodnotě 4,0 mm. Hodnoty šířek lamel jsou uvedeny v *tab. 13*.



obr. 114 – Fotografie vyústky ve 13. NP

tab. 13 - Šířky horizontálně uspořádaných lamel – 13. NP

Šířky horizontálních lamel								
Lamela	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃	L ₁₄	L ₁₅	L ₁₆
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₁₇	L ₁₈	L ₁₉	L ₂₀	L ₂₁	L ₂₂	L ₂₃	L ₂₄
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₂₅	L ₂₆	L ₂₇	L ₂₈	L ₂₉	L ₃₀	L ₃₁	L ₃₂
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₃₃	L ₃₄	L ₃₅	L ₃₆	L ₃₇	L ₃₈	-	-
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	-	-

Celková šířka horizontálně uspořádaných lamel ($b_{h,c}$) zasahující do výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním byla stanovena součtem šířek jednotlivých horizontálně uspořádaných lamel následovně:

$$b_{h,c} \text{ (mm)} = b_{h(L_1)} + b_{h(L_2)} + b_{h(L_3)} + \dots + b_{h(L_{37})} + b_{h(L_{38})}$$

$$\begin{aligned} b_{h,c} \text{ (mm)} &= 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + \\ & 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + \\ & 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + \\ & 4,0 + 4,0 = 152,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b_{h,c} \text{ (m)} = 0,152 \text{ m}$$

E.3.2.2 Vyústka typu B – 10. NP

Fotografie vyústky situované v 10. NP, ze které proběhl přepočet šířky vybraných lamel pomocí měřítka je znázorněna na *obr. 115* a jednotlivé hodnoty šířek lamel jsou uvedeny v *tab. 14*.



obr. 115 – Použitá fotografie vyústky z 10. NP pro přepočet šířek pomocí měřítka

tab. 14 - Šířky horizontálně uspořádaných lamel – 10. NP

Šířky horizontálních lamel								
Lamela	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	22,0	11,6	4,0
Lamela	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃	L ₁₄	L ₁₅	L ₁₆
Šířka lamely b _h (mm)	7,4	9,7	6,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₁₇	L ₁₈	L ₁₉	L ₂₀	L ₂₁	L ₂₂	L ₂₃	L ₂₄
Šířka lamely b _h (mm)	15,8	9,5	10,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₂₅	L ₂₆	L ₂₇	L ₂₈	L ₂₉	L ₃₀	L ₃₁	L ₃₂
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	16,5	4,0	22,0
Lamela	L ₃₃	L ₃₄	L ₃₅	L ₃₆	L ₃₇	L ₃₈	-	-
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	17,1	7,8	-	-

Celková šířka horizontálně uspořádaných lamel ($b_{h,c}$) zasahující do výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním byla stanovena součtem šířek jednotlivých horizontálně uspořádaných lamel následovně:

$$b_{h,c} \text{ (mm)} = b_{h(L_1)} + b_{h(L_2)} + b_{h(L_3)} + \dots + b_{h(L_{37})} + b_{h(L_{38})}$$

$$b_{h,c} \text{ (mm)} = 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 22,0 + 11,6 + 4,0 + 7,4 + 9,7 + 6,1 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 15,8 + 9,5 + 10,5 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 16,5 + 4,0 + 22,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 17,1 + 7,8 = 260,0 \text{ mm}$$

$$b_{h,c} \text{ (m)} = 0,260 \text{ m}$$

E.3.2.3 Vyústka typu B – 6. NP

Fotografie vyústky situované v 6. NP, ze které proběhl přepočet šířky vybraných lamel pomocí měřítka je znázorněna na *obr. 116* a jednotlivé hodnoty šířek lamel jsou uvedeny v *tab. 15*.



obr. 116 – Použitá fotografie vyústky z 6. NP pro přepočet šířek pomocí měřítka

tab. 15 - Šířky horizontálně uspořádaných lamel – 6. NP

Šířky horizontálních lamel								
Lamela	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	9,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃	L ₁₄	L ₁₅	L ₁₆
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₁₇	L ₁₈	L ₁₉	L ₂₀	L ₂₁	L ₂₂	L ₂₃	L ₂₄
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	4,0	11,8	13,8	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₂₅	L ₂₆	L ₂₇	L ₂₈	L ₂₉	L ₃₀	L ₃₁	L ₃₂
Šířka lamely b _h (mm)	4,0	4,0	17,9	4,0	14,4	9,6	19,7	11,3
Lamela	L ₃₃	L ₃₄	L ₃₅	L ₃₆	L ₃₇	L ₃₈	-	-
Šířka lamely b _h (mm)	19,9	16,3	22,0	14,1	12,0	4,0	-	-

Celková šířka horizontálně uspořádaných lamel ($b_{h,c}$) zasahující do výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním byla stanovena součtem šířek jednotlivých horizontálně uspořádaných lamel následovně:

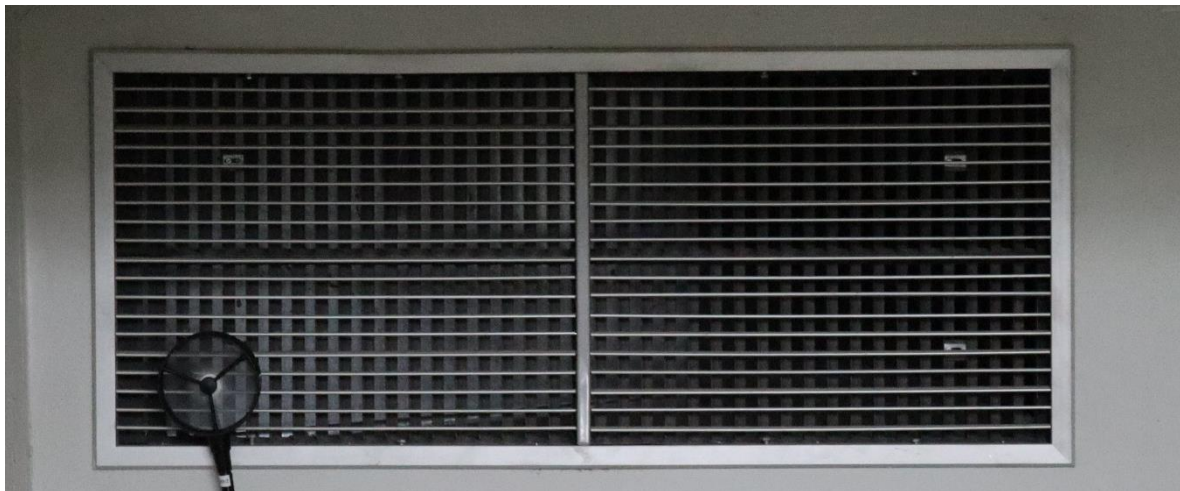
$$b_{h,c} \text{ (mm)} = b_{h(L_1)} + b_{h(L_2)} + b_{h(L_3)} + \dots + b_{h(L_{37})} + b_{h(L_{38})}$$

$$b_{h,c} \text{ (mm)} = 4,0 + 9,2 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 11,8 + 13,8 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 17,9 + 4,0 + 14,4 + 9,6 + 19,7 + 11,3 + 19,9 + 16,3 + 22,0 + 14,1 + 12,0 + 4,0 = 292,0 \text{ mm}$$

$$b_{h,c} \text{ (m)} = 0,292 \text{ m}$$

E.3.2.4 Vyústka typu B – 3. NP

Fotografie vyústky situované ve 3. NP je znázorněna na *obr. 117*. Z této fotografie je patrné, že všechny horizontálně uspořádané lamely jsou natočeny v kolmém směru na rovinu vyústky. Z tohoto důvodu neproběhl přepočet šířky lamel pomocí měřítka a veškeré jednotlivé šířky lamel jsou rovny hodnotě 4,0 mm. Hodnoty šířek lamel jsou uvedeny v *tab. 16*.



obr. 117 – Fotografie vyústky ve 3. NP

tab. 16 - Šířky horizontálně uspořádaných lamel – 3. NP

Šířky horizontálních lamel								
Lamela	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈
Šířka lamely b_h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃	L ₁₄	L ₁₅	L ₁₆
Šířka lamely b_h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₁₇	L ₁₈	L ₁₉	L ₂₀	L ₂₁	L ₂₂	L ₂₃	L ₂₄
Šířka lamely b_h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₂₅	L ₂₆	L ₂₇	L ₂₈	L ₂₉	L ₃₀	L ₃₁	L ₃₂
Šířka lamely b_h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Lamela	L ₃₃	L ₃₄	L ₃₅	L ₃₆	L ₃₇	L ₃₈	-	-
Šířka lamely b_h (mm)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	-	-

Celková šířka horizontálně uspořádaných lamel ($b_{h,c}$) zasahující do výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním byla stanovena součtem šířek jednotlivých horizontálně uspořádaných lamel následovně:

$$b_{h,c} \text{ (mm)} = b_{h(L_1)} + b_{h(L_2)} + b_{h(L_3)} + \dots + b_{h(L_{37})} + b_{h(L_{38})}$$

$$\begin{aligned} b_{h,c} \text{ (mm)} = & 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + \\ & 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + \\ & 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + 4,0 + \\ & 4,0 + 4,0 = 152,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b_{h,c} \text{ (m)} = 0,152 \text{ m}$$

E.4 Stanovení volné výtokové plochy jednotlivých vyústek

V této kapitole jsou výpočtem stanoveny volné výtokové plochy jednotlivých stěnových mřížových vyústek. Volná výtoková plocha konkrétní vyústky (A_k) je dána rozdílem výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním ($A_{k,v}$) a horizontální plochou ($A_{k,h}$) zasahující do této výtokové plochy. Postup výpočtu a hodnoty volných výtokových ploch jednotlivých vyústek jsou popsány níže.

E.4.1 Výpočet volné výtokové plochy jednotlivých vyústek

E.4.1.1 Vstupní data

$A_{k,v}$ (m ²)	Výtoková plocha mezi lamelami s vertikálním uspořádáním <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vyústka typu A - $A_{k,v} = 0,069443$ m² (2. PP) ▪ Vyústka typu B - $A_{k,v} = 0,19513$ m² (13. NP, 10. NP, 6. NP, 3. NP)
n (-)	Počet vertikálních výtokových ploch <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vyústka typu A - $n = 22$ (2. PP) ▪ Vyústka typu B - $n = 38$ (13. NP, 10. NP, 6. NP, 3. NP)
b_v (m)	Šířka vertikální výtokové plochy <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vyústka typu A - $b_v = 0,0107$ m (2. PP) ▪ Vyústka typu B - $b_v = 0,013$ m (13. NP, 10. NP, 6. NP, 3. NP)
$b_{h,c}$ (m)	Celková šířka horizontálně uspořádaných lamel <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vyústka ve 13. NP - $b_{h,c} = 0,152$ m ▪ Vyústka v 10. NP - $b_{h,c} = 0,260$ m ▪ Vyústka v 6. NP - $b_{h,c} = 0,292$ m ▪ Vyústka ve 3. NP - $b_{h,c} = 0,152$ m ▪ Vyústka ve 2. PP - $b_{h,c} = 0,1434$ m

E.4.1.2 Vzorce pro výpočet

A_k (m ²)	Volná výtoková plocha <ul style="list-style-type: none"> ▪ $A_k(m^2) = A_{k,v} - A_{k,h}$
$A_{k,h}$ (m ²)	Horizontální plocha zasahující do výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním <ul style="list-style-type: none"> ▪ $A_{k,h}(m^2) = b_{h,c} \cdot n \cdot b_v$

E.4.1.3 Volná výtoková plocha – vyústka 13. NP

$$\text{Horizontální plocha } (A_{k,h}): \quad A_{k,h}(m^2) = b_{h,c} \cdot n \cdot b_v = 0,152 \cdot 38 \cdot 0,013 = 0,075088 \text{ m}^2$$

$$\text{Volná výtoková plocha } (A_k): \quad A_k(m^2) = A_{k,v} - A_{k,h} = 0,19513 - 0,075088 = \mathbf{0,120042 \text{ m}^2}$$

E.4.1.4 Volná výtoková plocha – vyústka 10. NP

$$\text{Horizontální plocha } (A_{k,h}): \quad A_{k,h}(m^2) = b_{h,c} \cdot n \cdot b_v = 0,260 \cdot 38 \cdot 0,013 = 0,12844 \text{ m}^2$$

$$\text{Volná výtoková plocha } (A_k): \quad A_k(m^2) = A_{k,v} - A_{k,h} = 0,19513 - 0,12844 = \mathbf{0,06669 \text{ m}^2}$$

E.4.1.5 Volná výtoková plocha – vyústka 6. NP

$$\text{Horizontální plocha } (A_{k,h}): \quad A_{k,h}(m^2) = b_{h,c} \cdot n \cdot b_v = 0,292 \cdot 38 \cdot 0,013 = 0,144248 \text{ m}^2$$

$$\text{Volná výtoková plocha } (A_k): \quad A_k(m^2) = A_{k,v} - A_{k,h} = 0,19513 - 0,144248 = \mathbf{0,050882 \text{ m}^2}$$

E.4.1.6 Volná výtoková plocha – vyústka 3. NP

$$\text{Horizontální plocha } (A_{k,h}): \quad A_{k,h}(m^2) = b_{h,c} \cdot n \cdot b_v = 0,152 \cdot 38 \cdot 0,013 = 0,075088 \text{ m}^2$$

$$\text{Volná výtoková plocha } (A_k): \quad A_k(m^2) = A_{k,v} - A_{k,h} = 0,19513 - 0,075088 = \mathbf{0,120042 \text{ m}^2}$$

E.4.1.6 Volná výtoková plocha – vyústka 2. PP

$$\text{Horizontální plocha } (A_{k,h}): \quad A_{k,h}(m^2) = b_{h,c} \cdot n \cdot b_v = 0,1434 \cdot 22 \cdot 0,0107 = 0,03375636 \text{ m}^2$$

$$\text{Volná výtoková plocha } (A_k): \quad A_k(m^2) = A_{k,v} - A_{k,h} = 0,069443 - 0,04296264 = \\ = \mathbf{0,03568664 \text{ m}^2}$$

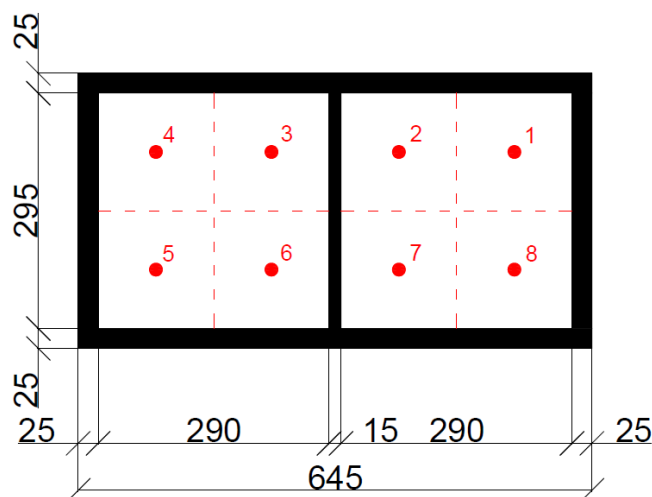
E.5 Stanovení středních rychlostí proudění

Pro měření rychlosti proudění byl pravoúhlý distribuční prvek rozdělen na stejné dílčí průřezy se stejnou plochou, kdy jednotlivé měřicí body se nacházely ve středu těchto dílčích ploch viz kapitola 8.1.1.1.

Tímto měřením bylo v jednotlivých dílčích průřezech změřeno:

- Vyústka typu B - celkem 12 měřicích bodů viz obr. 35
- Vyústka typu A - celkem 8 měřicích bodů viz obr. 118.

K měření jednotlivých rychlostí proudění byl použit kalibrovaný lopatkový anemometr Testo 400 a jednotlivé naměřené hodnoty jsou uvedeny v tab. 17 až tab. 21.



obr. 118 – Schématické rozložení měřicích bodů na stěnové vyústce typu A

Ze všech naměřených rychlostí proudění v dílčích průřezech byla stanovena střední rychlost proudění na jednotlivých vyústkách následovně:

$v_x (m \cdot s^{-1})$ Rychlost proudění vzduchu v měřicím bodě

$v_s (m \cdot s^{-1})$ Střední rychlost proudění

- $v_s (m \cdot s^{-1}) = \frac{\text{Součet jednotlivých hodnot rychlostí proudění } v_x (m \cdot s^{-1})}{\text{Celkový počet měřicích bodů}}$
- Vyústka typu A: $v_s (m \cdot s^{-1}) = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_7 + v_8}{8}$
- Vyústka typu B: $v_s (m \cdot s^{-1}) = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_{11} + v_{12}}{12}$

E.5.1 Střední rychlost proudění – vyústka 13. NP

tab. 17 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na stěnové vyústce ve 13. NP

Číslo měřicího bodu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rychlost proudění vzduchu ($m \cdot s^{-1}$)	2,68	1,34	0,53	7,94	8,74	4,68	1,01	3,34	4,63	2,19	6,17	9,29

Z výše naměřených hodnot rychlosti proudění byla stanovena střední rychlost proudění vzduchu na této stěnové mřížové vyústce následovně:

$$v_s (m \cdot s^{-1}) = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_{11} + v_{12}}{12} =$$

$$= \frac{2,68 + 1,34 + 0,53 + 7,94 + 8,74 + 4,68 + 1,01 + 3,34 + 4,63 + 2,19 + 6,17 + 9,29}{12} = 4,38 m \cdot s^{-1}$$

E.5.2 Střední rychlost proudění – vyústka 10. NP

tab. 18 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na stěnové vyústce v 10. NP

Číslo měřicího bodu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rychlost proudění vzduchu (m·s⁻¹)	3,08	3,18	2,46	5,21	5,60	3,75	1,90	1,37	2,08	1,79	4,18	4,31

Z výše naměřených hodnot rychlosti proudění byla stanovena střední rychlost proudění vzduchu na této stěnové mřížové vyústce následovně:

$$v_s(\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_{11} + v_{12}}{12} =$$

$$= \frac{3,08 + 3,18 + 2,46 + 5,21 + 5,60 + 3,75 + 1,90 + 1,37 + 2,08 + 1,79 + 4,18 + 4,31}{12} = 3,24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

E.5.3 Střední rychlost proudění – vyústka 6. NP

tab. 19 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na stěnové vyústce v 6. NP

Číslo měřicího bodu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rychlost proudění vzduchu (m·s⁻¹)	10,23	9,41	5,10	1,89	1,72	2,93	1,45	2,65	5,88	2,72	3,19	2,12

Z výše naměřených hodnot rychlosti proudění byla stanovena střední rychlost proudění vzduchu na této stěnové mřížové vyústce následovně:

$$v_s(\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_{11} + v_{12}}{12} =$$

$$= \frac{10,23 + 9,41 + 5,10 + 1,89 + 1,72 + 2,93 + 1,45 + 2,65 + 5,88 + 2,72 + 3,19 + 2,12}{12} = 4,11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

E.5.4 Střední rychlost proudění – vyústka 3. NP

tab. 20 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na stěnové vyústce ve 3. NP

Číslo měřicího bodu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rychlost proudění vzduchu (m·s⁻¹)	8,85	2,93	2,23	4,99	3,83	1,55	1,33	6,30	6,61	3,35	2,92	3,70

Z výše naměřených hodnot rychlosti proudění byla stanovena střední rychlost proudění vzduchu na této stěnové mřížové vyústce následovně:

$$v_s(\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_{11} + v_{12}}{12} =$$

$$= \frac{8,85 + 2,93 + 2,23 + 4,99 + 3,83 + 1,55 + 1,33 + 6,30 + 6,61 + 3,35 + 2,92 + 3,70}{12} = 4,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

E.5.5 Střední rychlost proudění – vyústka 2. PP

tab. 21 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na stěnové vyústce ve 2. PP

Číslo měřicího bodu	1	2	3	4	5	6	7	8
Rychlost proudění vzduchu (m·s⁻¹)	8,21	7,73	7,36	6,15	6,20	5,65	5,02	5,16

Z výše naměřených hodnot rychlosti proudění byla stanovena střední rychlost proudění vzduchu na této stěnové mřížové vyústce následovně:

$$v_s (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_7 + v_8}{8} =$$

$$= \frac{8,21 + 7,73 + 7,36 + 6,15 + 6,20 + 5,65 + 5,02 + 5,16}{8} = 6,43 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

E.6 Stanovení objemového průtoků přírodního vzduchu

E.6.1 Vstupní data

$v_s (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$ Střední rychlost proudění

- Vyústka ve 13. NP - $v_s = 4,38 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Vyústka v 10. NP - $v_s = 3,24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Vyústka v 6. NP - $v_s = 4,11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Vyústka ve 3. NP - $v_s = 4,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Vyústka ve 2. PP - $v_s = 6,43 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$A_k (\text{m}^2)$ Volná výtoková plocha

- Vyústka ve 13. NP - $A_k = 0,120042 \text{ m}^2$
- Vyústka v 10. NP - $A_k = 0,066669 \text{ m}^2$
- Vyústka v 6. NP - $A_k = 0,050882 \text{ m}^2$
- Vyústka ve 3. NP - $A_k = 0,120042 \text{ m}^2$
- Vyústka ve 2. PP - $A_k = 0,03568664 \text{ m}^2$

E.6.2 Výpočet objemových průtoků přírodního vzduchu na jednotlivých vyústkách

Stanovení objemového průtoku přírodního vzduchu na jednotlivé stěnové vyústce je dáno následujícím vztahem:

$Q_V (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$ Objemový průtok přírodního vzduchu

$$Q_V (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3600$$

- Vyústka ve 13. NP:

- $Q_V (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3600 = 0,120042 \cdot 4,38 \cdot 3600 = 1892 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

- Vyústka v 10. NP:
 - $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3600 = 0,06669 \cdot 3,24 \cdot 3600 = 778 m^3 \cdot h^{-1}$
- Vyústka v 6. NP:
 - $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3600 = 0,050882 \cdot 4,11 \cdot 3600 = 752 m^3 \cdot h^{-1}$
- Vyústka ve 3. NP:
 - $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3600 = 0,120042 \cdot 4,05 \cdot 3600 = 1750 m^3 \cdot h^{-1}$
- Vyústka ve 2. PP:
 - $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3600 = 0,03568664 \cdot 6,43 \cdot 3600 = 826 m^3 \cdot h^{-1}$

E.6.2 Výpočet objemového průtoku přívodního vzduchu

Stanovení celkového objemového průtoku přívodního vzduchu na stěnových vyústkách je dáno součtem jednotlivých průtoků:

$Q_{V,CELK} (m^3 \cdot h^{-1})$	Celkový objemový průtok přívodního vzduchu
$Q_{V,X,NP} (m^3 \cdot h^{-1})$	Objemový průtok přívodního vzduchu na konkrétní vyústce

$$Q_{V,CELK} (m^3 \cdot h^{-1}) = Q_{V,13.NP} + Q_{V,10.NP} + Q_{V,6.NP} + Q_{V,3.NP} + Q_{V,2.PP}$$

$$Q_{V,CELK} (m^3 \cdot h^{-1}) = 1892 + 778 + 752 + 1750 + 826$$

$$Q_{V,CELK} (m^3 \cdot h^{-1}) = 5998 m^3 \cdot h^{-1}$$

E.7 Kontrolní výpočet objemového průtoků přívodního vzduchu

Vypočtený objemový průtok přívodního vzduchu vykazuje příliš malou hodnotu ($5\,998 m^3 \cdot h^{-1}$) a její skutečnost se jeví jako velmi nepravděpodobná. Proto byl proveden kontrolní výpočet průtoku vzduchu, pokud by byla uvažována celá plocha vyústky jako výtoková plocha tj. bez odečtení lamel.

Stanovení celkového objemového průtoku přívodního vzduchu pro kontrolní výpočet je dáno součtem jednotlivých průtoků vzduchu na stěnových vyústkách. Geometrické rozměry stěnových vyústek pro určení výtokové plochy bez odečtení lamel a hodnoty středních rychlostí proudění byly převzaty z výše uvedených hodnot této přílohy. Kontrolní výpočet objemového průtoku přívodního vzduchu bez odečtení plochy lamel ve volné výtokové ploše byl stanoven následujícími vztahy:

$b_v (m)$	Vnitřní šířka vyústky v jednom poli (tj. šířka uvažovaná bez rámečku vyústky)
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vyústka ve 13. NP, 10. NP, 6. NP a 3. NP – $b_v = 0,49 m$ ▪ Vyústka ve 2. PP – $b_v = 0,29 m$

h_v (m)	<p>Vnitřní výška vyústky (tj. výška uvažovaná bez rámečku vyústky)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vyústka ve 13. NP, 10. NP, 6. NP a 3. NP – $h_v = \mathbf{0,395\ m}$ ▪ Vyústka ve 2. PP – $h_v = \mathbf{0,295\ m}$
A_k (m ²)	<p>Volná výtoková plocha (stanovená celou plochou vyústky tj. bez odečtení lamel)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $A_k(m^2) = (b_v + b_v) \cdot h_v$ ▪ Vyústka ve 13. NP, 10. NP, 6. NP a 3. NP <ul style="list-style-type: none"> ○ $A_k(m^2) = (b_v + b_v) \cdot h_v$ ○ $A_k = (0,49 + 0,49) \cdot 0,395 = \mathbf{0,3871\ m^2}$ ▪ Vyústka ve 2. PP <ul style="list-style-type: none"> ○ $A_k(m^2) = (b_v + b_v) \cdot h_v$ ○ $A_k = (0,29 + 0,29) \cdot 0,295 = \mathbf{0,1711\ m^2}$
v_s (m·s ⁻¹)	<p>Střední rychlost proudění</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vyústka ve 13. NP – $v_s = \mathbf{4,38\ m \cdot s^{-1}}$ ▪ Vyústka v 10. NP – $v_s = \mathbf{3,24\ m \cdot s^{-1}}$ ▪ Vyústka v 6. NP – $v_s = \mathbf{4,11\ m \cdot s^{-1}}$ ▪ Vyústka ve 3. NP – $v_s = \mathbf{4,05\ m \cdot s^{-1}}$ ▪ Vyústka ve 2. PP – $v_s = \mathbf{6,43\ m \cdot s^{-1}}$
Q_V (m ³ ·h ⁻¹)	<p>Objemový průtok přívodního vzduchu</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3\ 600$ <ul style="list-style-type: none"> • Vyústka ve 13. NP: <ul style="list-style-type: none"> ○ $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3\ 600 = 0,3871 \cdot 4,37833 \cdot 3\ 600 = \mathbf{6\ 102\ m^3 \cdot h^{-1}}$ • Vyústka v 10. NP: <ul style="list-style-type: none"> ○ $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3\ 600 = 0,3871 \cdot 3,2425 \cdot 3\ 600 = \mathbf{4\ 519\ m^3 \cdot h^{-1}}$ • Vyústka v 6. NP: <ul style="list-style-type: none"> ○ $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3\ 600 = 0,3871 \cdot 4,1075 \cdot 3\ 600 = \mathbf{5\ 724\ m^3 \cdot h^{-1}}$ • Vyústka ve 3. NP: <ul style="list-style-type: none"> ○ $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3\ 600 = 0,3871 \cdot 4,04916 \cdot 3\ 600 = \mathbf{5\ 643\ m^3 \cdot h^{-1}}$ • Vyústka ve 2. PP: <ul style="list-style-type: none"> ○ $Q_V (m^3 \cdot h^{-1}) = A_k \cdot v_s \cdot 3\ 600 = 0,1711 \cdot 6,4325 \cdot 3\ 600 = \mathbf{3\ 962\ m^3 \cdot h^{-1}}$

$Q_{V,CELK} (m^3 \cdot h^{-1})$

Celkový objemový průtok přírodního vzduchu

 $Q_{V,X,NP} (m^3 \cdot h^{-1})$

Objemový průtok přírodního vzduchu na konkrétní vyústce

- $Q_{V,CELK} (m^3 \cdot h^{-1}) = Q_{V,13.NP} + Q_{V,10.NP} + Q_{V,6.NP} + Q_{V,3.NP} + Q_{V,2.PP}$
- $Q_{V,CELK} (m^3 \cdot h^{-1}) = 6\ 102 + 4\ 519 + 5\ 724 + 5\ 643 + 3\ 962$
- $Q_{V,CELK} (m^3 \cdot h^{-1}) = \mathbf{25\ 950\ m^3 \cdot h^{-1}}$

Seznam obrázků

obr. 1 - Graf statistiky počtu požárů v ČR (2017-2021) [9, 10].....	4
obr. 2 – Graf statistiky počtu usmrcených osob v přímé souvislosti s požárem v ČR (2017-2021) [9,10].....	4
obr. 3 - Rozdělení požárního větrání [23]	9
obr. 4 - Systém s jedním místem přívodu vzduchu (graficky upraveno dle [34])	20
obr. 5 - Systém s více místy přívodu vzduchu (graficky upraveno dle [34])	20
obr. 6 – Přetlakové větrání schodiště s obtokem kolem přívodního ventilátoru (graficky upraveno dle [31]).....	21
obr. 7 – Odlehčení přetlaku pomocí barometrické klapky (graficky upraveno dle [31]).....	22
obr. 8 – Zónový přetlakový systém s uspořádáním nad obslužným prostorem (graficky upraveno dle [35]).....	25
obr. 9 – Schématické umístění přetlakových ventilátorů v požárně izolovaném východu (graficky upraveno dle [35])	27
obr. 10 - Rozdělení pravoúhlého vzduchovodu na dílčí plochy o stejné velikosti [25].....	34
obr. 11 - Termoanemometr s teleskopickým držadlem (https://cz.trotec.com/)	34
obr. 12 - Rozdělení kruhového vzduchovodu na stejnoplochá mezikruží [25]	35
obr. 13 - Rastrovací metoda měření rychlosti lopatkovým anemometrem [25]	35
obr. 14 - Lopatkový anemometr (https://www.testo.com/).....	35
obr. 15 - Měření rychlosti ve dveřích lopatkovým anemometrem [25].....	36
obr. 16 - Princip metody měření rozdílu tlaků [25]	37
obr. 17 - Schéma snímače rozdílu tlaků [25].....	37
obr. 18 - Manometr pro měření diferenčního tlaku (https://www.testo.com/)	37
obr. 19 - Doporučené označení snímače rozdílu tlaků [25]	38
obr. 20 - Digitální siloměr (https://www.conrad.cz/).....	39
obr. 21 - Pružinový siloměr (https://www.conrad.cz/)	39
obr. 22 - Kouřový generátor (https://www.mall.cz/)	40
obr. 23 – Graf poklesu teploty a rychlosti kouře vyvíjeného kouřovým generátorem [24]	41
obr. 24 – Graf srovnání tlakových diferencí vyvolaných vztlakem při požární situaci a zkoušce s generátorem kouře [24]	41
obr. 25 - Umístění kouřového generátoru v prostoru CHÚC [25]	42
obr. 26 - Umístění kouřového generátoru v těsné blízkosti před vstupem do předsíně CHÚC [25]	42
obr. 27 - Schéma přetlakového větrání (A2) ve vybrané CHÚC v [47]	45
obr. 28 - Půdorys vybrané CHÚC ve 2. NP [46]	45
obr. 29 - Ovládací panel požárního větrání umístěný v el. požární rozvodně.....	46
obr. 30 - Stěnová mřížová vyústka umístěná pod mezipodestou ve 3. NP	46
obr. 31 - Samočinně otevíratelný světlík umístěný na střeše objektu.....	46
obr. 32 - Stav dveřního otvoru před utěsněním v 1. PP.....	47
obr. 33 - Průběh utěsnění dveřního otvoru v 1. PP	47
obr. 34 - Vylepení informativních cedulek o průběhu zkoušky	47

obr. 35 - Schématické rozložení měřicích bodů na stěnové vyústce (rozměry uvedeny v mm) ...	48
obr. 36 - Použitý kalibrovaný manometr Testo 480 pro měření rozdílu tlaků.....	50
obr. 37 - Průběh měření rozdílu tlaků v 1. NP	50
obr. 38 - Průběh měření síly potřebné k otevření dveří ve 3.NP	51
obr. 39 - Průběh měření rychlosti proudění vzduchu skrze otevřené dveře ve 4.NP	52
obr. 40 - Průběh měření rychlosti proudění vzduchu skrze otevřené dveře v 1.NP	52
obr. 41 – Graf rychlostí větru v průběhu měření na stanici Praha-Karlov (https://www.chmi.cz/)	55
obr. 42 – Zajištění schodišťového prostoru proti nekontrolovanému otevření dveří.....	56
obr. 43 - Použitý univerzální přístroj pro měření klimatických veličin Testo 400	57
obr. 44 - Průběh měření rozdílu tlaků v 1. NP	57
obr. 45 - Graf průběhu naměřených hodnot přetlaku v různých výškových úrovní během časového intervalu 60 sekund.....	57
obr. 46 – Grafické porovnání naměřených hodnot přetlaku mezi jednotlivými podlažími.....	58
obr. 47 – Průběh měření rychlostí proudění na stěnové vyústce ve 13. NP	59
obr. 48 – Průběh měření rychlosti proudění nasávaného vzduchu v nasávacím otvoru	61
obr. 49 – Schématické rozmístění nasávacích otvorů na krytu ventilátoru (rozměry uvedeny v mm)	61
obr. 50 – Otevřený samočinně otevíratelný světlík při simulaci požární situace.....	63
obr. 51 – Měřicí síť na samočinně otevíratelném světlíku (rozměry uvedeny v mm).....	63
obr. 52 – ŽB průvlak situovaný pod samočinně otevíratelným světlíkem.....	64
obr. 53 – Sonda pro měření intenzity turbulence	65
obr. 54 – Detail žhaveného drátku	65
obr. 55 – Půdorysné umístění sondy pro měření intenzity turbulence v jednotlivých měřicích bodech.....	65
obr. 56 – Graf rychlosti proudění vzduchu v CHÚC v měřicím bodě č. 1	66
obr. 57 – Graf rychlosti proudění vzduchu v CHÚC v měřicím bodě č. 2	66
obr. 58 – Přístroj pro měření objemového průtoku Testo 420 s integrovaným usměrňovačem proudění.....	68
obr. 59 – Průběh měření objemového průtoku přívodního vzduchu na pravé polovině vyústky v 6. NP.....	68
obr. 60 – Grafické porovnání pozorovaných objemových průtoků	71
obr. 61 - Použitý kouřový generátor Hurricane 700.....	72
obr. 62 - Netoxický kouř vyvíjený z kouřového generátoru	72
obr. 63 - Koncentrace kouře po spuštění kouřového generátoru	73
obr. 64 - Průběh akumulace kouře v CHÚC.....	73
obr. 65 - Stav požadované koncentrace kouře v CHÚC.....	73
obr. 66 - Pohyb kouře směrem k odvodnímu prvku.....	73
obr. 67 – Schématické umístění kouřového generátoru před vstupem do CHÚC v 1. NP (rozměry uvedeny v mm).....	74
obr. 68 – Stav kouřotěsné dveřní sestavy v 1.NP	75

obr. 69 - Průběh měření netěsností na kouřotěsné dveřní sestavě v 1. NP.....	75
obr. 70 – Hodnota netěsnosti 19 mm naměřená na kouřotěsné dveřní sestavě v 1. NP	75
obr. 71 - Spuštění kouřového generátoru v blízkosti před vstupem do CHÚC v 1. NP	75
obr. 72 - Průběh akumulace kouře na chodbě v 1. NP.....	75
obr. 73 - Stav požadované koncentrace kouře na chodbě v 1.NP.....	75
obr. 74 – Průnik kouře do prostoru CHÚC (pohled na podestu a spodní hranu dveřního křídla)	76
obr. 75 – Poloha kouřového generátoru po přemístění do bezprostřední blízkosti před vstup do CHÚC	77
obr. 76 – Průnik kouře do prostoru CHÚC po přemístění kouřového generátoru (pro lepší viditelnost vložena černá deska formátu A4 k dveřnímu křídlu).....	77
obr. 77 – Proudění kouře v bezprostřední blízkosti před vstupem do CHÚC	78
obr. 78 – Proudění kouře v bezprostřední blízkosti před vstupem do CHÚC	78
obr. 79 – Použitá termokamera Fluke Ti40	79
obr. 80 – Průběh sledování teploty kouře	79
obr. 81 – Teploty netoxického kouře a kouřového generátoru vyobrazené v rozsahu 26,1°C až 67,1°C se 100% působením infračerveného záření.....	79
obr. 82 – Teploty netoxického kouře vyobrazené v rozsahu 26,1°C až 31,2°C s 50% působením infračerveného záření.....	79
obr. 83 – Stav zpěňující kouřotěsné pásky.....	82
obr. 84 – Průběh měření síly potřebné k otevření dveří.....	82
obr. 85 – Grafické porovnání naměřených maximálních sil pro otevření dveří.....	83
obr. 86 – Stav okenních křídel při běžném provozu	84
obr. 87 – Rozdělení respondentů na základě doby, po kterou se již v objektu pohybují.....	105
obr. 88 – Rozdělení respondentů na základě vlastní znalosti objektu	105
obr. 89 – Znalost využití jiných východů z budovy.....	106
obr. 90 – Čtení informativních cedulek	106
obr. 91 – Čtení informativních cedulek s výstražným nápisem “POZOR”	107
obr. 92 – Barva výstražného nápisu	107
obr. 93 – Ignorování natažené výstražné pásky s nápisem “ZÁKAZ VSTUPU” a vstup do schodiště	108
obr. 94 – Barva výstražné pásky	108
obr. 95 – Preferovaný způsob zajištění schodišťového prostoru.....	108
obr. 96 – Schéma rozmístění vyústek po výšce schodiště	112
obr. 97 – Fotografie stěnové mřížové vyústky ve 2. PP	113
obr. 98 – Schéma stěnové mřížové vyústky Typu A (rozměry uvedeny v mm)	113
obr. 99 – Fotografie stěnové mřížové vyústky ve 13. NP	114
obr. 100 – Schéma stěnové mřížové vyústky Typu B (rozměry uvedeny v mm).....	114
obr. 101 – Průběh měření šířky výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním na vyústce typu A.....	115
obr. 102 – Hodnota šířky výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním na vyústce typu A, která byla naměřena na posuvném měřítku.....	115

obr. 103 – Schéma uspořádání vertikálních lamel na vyústce typu A (rozměry uvedeny v mm)	115
obr. 104 – Hodnota šířky výtokové plochy mezi lamelami s vertikálním uspořádáním na vyústce typu B, která byla naměřena na posuvném měřítku	116
obr. 105 – Schéma uspořádání vertikálních lamel na vyústce typu B (rozměry uvedeny v mm)	116
obr. 106 – Průběh měření šířky horizontálních lamel natočených v kolmém směru na rovinu vyústky	117
obr. 107 – Hodnota šířky horizontální lamely natočené v kolmém směru na rovinu vyústky	117
obr. 108 – Průběh měření šířky horizontálních lamel natočených v rovnoběžném směru s rovinou vyústky	118
obr. 109 – Hodnota šířky horizontální lamely natočené v rovnoběžném směru s rovinou vyústky	118
obr. 110 – Přepočítání šířky horizontálních lamel pomocí měřítka v programu Autodesk AutoCAD 2023	118
obr. 111 – Schématické rozložení a značení jednotlivých lamel na vyústce typu A (rozměry uvedeny v mm)	119
obr. 112 – Použitá fotografie vyústky z 2. PP pro přepočítání šířek pomocí měřítka	119
obr. 113 – Schématické rozložení a značení jednotlivých lamel na vyústce typu B (rozměry uvedeny v mm)	120
obr. 114 – Fotografie vyústky ve 13. NP	121
obr. 115 – Použitá fotografie vyústky z 10. NP pro přepočítání šířek pomocí měřítka	122
obr. 116 – Použitá fotografie vyústky z 6. NP pro přepočítání šířek pomocí měřítka	123
obr. 117 – Fotografie vyústky ve 3. NP	124
obr. 118 – Schématické rozložení měřicích bodů na stěnové vyústce typu A	127

Seznam tabulek

tab. 1 - Minimální návrhové tlakové rozdíly mezi kouřovými bariérami dle NFPA 92 [31]	19
tab. 2 - Přehled sledovaných a měřených fyzikálních veličin pro přetlakové větrání CHÚC (graficky upraveno dle [25])	33
tab. 3 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na stěnové vyústce v jednotlivých měřicích bodech.....	48
tab. 4 - Přehled naměřených sil potřebných k otevření dveří do prostoru CHÚC v jednotlivých podlažích	51
tab. 5 - Přehled naměřených minimálních, maximálních a průměrných hodnot přetlaku dle měřeného podlaží.....	58
tab. 6 - Stanovení objemového průtoku nasávaného vzduchu	62
tab. 7 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na samočinně otevíratelném světlíku v jednotlivých měřicích bodech.....	63
tab. 8 - Přehled naměřených hodnot objemových průtoků přírodního vzduchu na jednotlivých vyústkách	69
tab. 9 - Procentuální změny objemových průtoků přírodního vzduchu	69
tab. 10 - Hodnoty sil potřebných k otevření dveří při běžném provozu	83
tab. 11 - Naměřené hodnoty rozdílu tlaků v jednotlivých podlažích během měřeného časového intervalu	110
tab. 12 - Šířky horizontálně uspořádaných lamel – 2. PP.....	120
tab. 13 - Šířky horizontálně uspořádaných lamel – 13. NP	121
tab. 14 - Šířky horizontálně uspořádaných lamel – 10. NP	122
tab. 15 - Šířky horizontálně uspořádaných lamel – 6. NP	123
tab. 16 - Šířky horizontálně uspořádaných lamel – 3. NP	124
tab. 17 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na stěnové vyústce ve 13. NP	127
tab. 18 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na stěnové vyústce v 10. NP.....	128
tab. 19 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na stěnové vyústce v 6. NP	128
tab. 20 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na stěnové vyústce ve 3. NP	128
tab. 21 - Přehled naměřených rychlostí proudění vzduchu na stěnové vyústce ve 2. PP.....	129

Literatura

- [1] PURSER, David A. Combustion Toxicity. In: Morgan J. HURLEY, Daniel GOTTUK, John R. HALL, Kazunori HARADA, Erica KULIGOWSKI, Milosh PUCHOVSKY, José TORERO, John M. WATTS a Christopher WIECZOREK, ed. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* [online]. New York, NY: Springer New York, 2016, s. 2207–2307. ISBN 978-1-4939-2565-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4939-2565-0_62
- [2] STEC, Anna A. Fire toxicity – The elephant in the room? *Fire Safety Science: Proceedings of the 12th International Symposium* [online]. 2017, 91, 79–90. ISSN 0379-7112. Dostupné z: doi:10.1016/j.firesaf.2017.05.003
- [3] GIEBUŁTOWICZ, Joanna, Monika RUŻYCKA, Piotr WROCZYŃSKI, David A. PURSER a Anna A. STEC. Analysis of fire deaths in Poland and influence of smoke toxicity. *Forensic Science International* [online]. 2017, 277, 77–87. ISSN 0379-0738. Dostupné z: doi:10.1016/j.forsciint.2017.05.018
- [4] PURSER, David A. a Jamie L. MCALLISTER. Assessment of Hazards to Occupants from Smoke, Toxic Gases, and Heat. In: Morgan J. HURLEY, Daniel GOTTUK, John R. HALL, Kazunori HARADA, Erica KULIGOWSKI, Milosh PUCHOVSKY, José TORERO, John M. WATTS a Christopher WIECZOREK, ed. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* [online]. New York, NY: Springer New York, 2016, s. 2308–2428. ISBN 978-1-4939-2565-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4939-2565-0_63
- [5] EINHORN, I.N. a M.L. GRUNNET. Physiological and toxicological aspects of combustion of natural and synthetic materials: Past, present and future. *Fire Safety Journal* [online]. 1978, 1(3), 143–169. ISSN 0379-7112. Dostupné z: doi:10.1016/0379-7112(78)90002-4
- [6] DEMLING, Robert H. Smoke inhalation lung injury: an update. *Eplasty*. 2008, 8, e27–e27. ISSN 1937-5719.
- [7] BRADÁČOVÁ, Isabela. Požární bezpečnost panelových bytových domů. *TZB-info* [online]. 29. květen 2006 [vid. 2022-04-13]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarnibezpecnost-staveb/3321-pozarni-bezpecnost-panelovych-bytovych-domu>
- [8] POKORNY, Jiri. Zplodiny hoření, jejich tvorba, vliv na bezpečnost osob a alternativní metoda posuzování. In: *Červený kohout 2003* [online]. 2003, s. 16-25. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/274736394_Zplodiny_horeni_jejich_tvorba_vliv_na_bezpecnost_osob_a_alternativni_metoda_posuzovani
- [9] *STATISTICKÁ ROČENKA 2001–2020* [online]. Praha: Ministerstvo vnitra-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2021 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/soubor/rocenka-2001-2020-pdf.aspx>
- [10] *STATISTICKÁ ROČENKA HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY 2021. Časopis 112* [online]. Praha: MV-GR HZS ČR, 2022, XXI(5/2022) [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/soubor/informacni-servis-statistiky-rocenka-2021-pdf.aspx>
- [11] TOMAN, Stanislav. Požární větrání chráněných únikových cest, navrhování a některé problémy. *TZB-info* [online]. 18.4.2016 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/7575-pozarni-vetrani-chranenych-unikovych-cest-navrhovani-a-nektere-problemy>
- [12] *ČSN 73 0804 ed. 2 - Požární bezpečnost staveb - Výrobní objekty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
- [13] *ČSN 73 0802 ed. 2 - Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.

- [14] ČSN 73 0834 - *Požární bezpečnost staveb - Změny staveb*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [15] POKORNÝ, Marek a Petr HEJTMÁNEK. *Požární bezpečnost staveb: sylabus pro praktickou výuku*. 3. přepracované vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2021. ISBN 978-80-01-06839-7.
- [16] ČSN 73 0810 - *Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [17] *Vyhláška č. 23/2008 Sb. Vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb*. Praha: Ministerstvo vnitra, 2008.
- [18] HEJTMÁNEK, Petr, Hana NAJMANOVÁ a Marek POKORNÝ. *Únikové cesty*. *TZB-info* [online]. 25.3.2016 [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13656-unikove-cesty>
- [19] KRATOCHVÍL, Václav, Šárka NAVAROVÁ a Michal KRATOCHVÍL. *Požárně bezpečnostní zařízení ve stavbách: stručná encyklopedie pro jednotky PO, požární prevenci a odbornou veřejnost*. II. doplněné a upravené vydání. Praha: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2021. ISBN 978-80-7385-238-2.
- [20] ČSN EN 1838 - *Světlo a osvětlení – Nouzové osvětlení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [21] ČSN ISO 3864-1 - *Grafické značky – Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky – Část 1: Zásady navrhování bezpečnostních značek a bezpečnostního značení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [22] ČSN EN ISO 7010 - *Grafické značky - Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky - Registrované bezpečnostní značky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021.
- [23] ZÁMORSKÁ, Petra. *OVĚŘENÍ VENTILACE CHRÁNĚNÝCH ÚNIKOVÝCH CEST*. Praha, 2019. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. arch. Bc. Petr Hejtmánek.
- [24] POKORNÝ, Jiří a Eva MIKULOVÁ. *Kontrola provozuschopnosti požárního odvětrání s využitím kouřových generátorů*. *Spektrum* [online]. 2007, 7(1), 14-18 [cit. 2022-06-12]. ISSN 1211-6920. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/131775>
- [25] POKORNÝ, Jiří, Stanislav TOMAN a Ivana NOHOVÁ. *Metodický postup pro ověřování funkčnosti požárního odvětrání* [online]. Praha: Ministerstvo vnitra-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2010 [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/soubor/odkazy-pozarni-prevence-metodika-pro-zokt-pdf.aspx>
- [26] BOHUSLÁVEK, Petr. *Požární větrání CHÚC a zákon o požární ochraně na konferenci Požární bezpečnost staveb 2020*. *TZB-info* [online]. 2020, 14.10.2020 [cit. 2022-06-12]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/21284-pozarni-vetrani-chuc-a-zakon-o-pozarni-ochrane-na-konferenci-pozarni-bezpecnost-staveb-2020>
- [27] ČSN 73 0872. *Ochrana staveb proti číření požáru vzduchotechnickým zařízením*. Praha: Český normalizační institut, 1995.
- [28] ČSN EN 12101-6. *Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla - Část 6: Technické podmínky pro zařízení pracující na principu rozdílu tlaků - Sestavy*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [29] TAMURA, GT. *Assessment of stair pressurization systems for smoke control*. B.m.: National Research Council of Canada, Institute for Research in Construction, 1992.

- [30] LAY, Simon. Pressurization systems do not work & present a risk to life safety. *Case Studies in Fire Safety* [online]. 2014, 1, 13–17. ISSN 2214-398X. Dostupné z: doi:10.1016/j.csfs.2013.12.001
- [31] *NFPA 92: standard for smoke control systems, 2021*. 2021 edition. Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association, 2021. ISBN 978-1-4559-2745-6.
- [32] HICKS, Robert S. a Kevin MILLER. How to use NFPA 92 to design smoke control systems. *Consulting-Specifying Engineer* [online]. MAY 26, 2017 [cit. 2022-11-26]. Dostupné z: <https://www.csemag.com/articles/how-to-use-nfpa-92-to-design-smoke-control-systems/>
- [33] *NFPA 101: life safety code 2021*. 2021 edition. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2020. ISBN 978-1-4559-2626-8.
- [34] BHATIA, A. *Stairwell Pressurization Systems* [online]. Stony Point, NY: Continuing Education and Development [cit. 2022-11-26]. Dostupné z: www.cedengineering.com
- [35] AS 1668.1:2015. *The use of ventilation and air conditioning in buildings, Part 1: Fire and smoke control in buildings*. Sydney, Australia: Standards Australia Limited, 2015.
- [36] AS 1670.1:2018. *Fire detection, warning, control and intercom systems - System design, installation and commissioning*. Sydney, Australia: Standards Australia Limited, 2018.
- [37] ČESKO. Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 12. 6. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-499>
- [38] ČESKO. Vyhláška č. 246/2001 Sb., Ministerstva vnitra o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 12. 6. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-246>
- [39] ČESKO. Zákon č. 133/1985 Sb., České národní rady o požární ochraně. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 12. 6. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1985-133>
- [40] ČSN EN 12599. *Větrání budov - Zkušební postupy a měřicí metody pro přejímky instalovaných větracích a klimatizačních zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [41] ČSN 12 3061. *Vzduchotechnika. Ventilátory. Předpisy pro měření*. Praha: Český normalizační institut, 1987.
- [42] ČSN EN 12097. *Větrání budov - Vzduchovody - Požadavky na části vzduchovodních systémů z hlediska údržby*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [43] ČSN EN 15780. *Větrání budov - Vzduchovody - Čistota vzduchotechnických zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 2012.
- [44] ČSN ISO 10780. *Stacionární zdroje emisí – Měření rychlosti a průtoku plynů v potrubí*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [45] ČSN EN 13501-1. *Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň*. Praha: Český normalizační institut, 2019.
- [46] POSPÍŠIL, Martin. *ČVUT - REKONSTRUKCE OBJEKTU A, Thákurova 7. REALIZACE ENERGETICKÝCH ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ: Požárně bezpečnostní řešení*. Praha, 2011.
- [47] KUBEC, F. *POŽÁRNÍ ZABEZPEČENÍ OBJEKTŮ FAKULTY STAVEBNÍ*. Praha, 2002.
- [48] *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky [cit. 2022-11-26]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/>

[49] ČSN EN 1154. *Stavební kování - Zavírače dveří s řízeným průběhem zavírání - Požadavky a zkušební metody*. Praha: Český normalizační institut, 1998.