



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

# VZDUCHOTECHNIKA ADMINISTRATIVNÍ ČÁSTI VÝROBNÍ HALY

AIR CONDITIONING OF THE ADMINISTRATIVE PART OF THE PRODUCTION HALL

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Magda Hlaváčová

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608R001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav technických zařízení budov

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Magda Hlaváčová
<b>Název</b>	Vzduchotechnika administrativní části výrobní haly
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Olga Rubinová, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2020
<b>Datum odevzdání</b>	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

---

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu

B. Výpočtová část

analýza objektu – rozdělení na funkční celky VZT, 2-3 zařízení zpracovaná v tématech:

tepelné bilance,

průtoky vzduchu, tlakové poměry,

distribuce vzduchu,

dimenzování potrubí a tlaková ztráta,

úpravy vzduchu, návrh VZT jednotek (hx diagramy),

útlum hluku

C. Projekt – úroveň prováděcího projektu: výkresy dvoučarově, půdorysy + řezy (řešené místnosti, strojovna) legenda prvků, 1:50 (1:100) – budou uloženy samostatně jako přílohy, technická zpráva (tabulka místností, tabulka zařízení), položková specifikace, funkční (regulační) schéma

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Olga Rubinová, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá návrhem vzduchotechnických zařízení pro administrativní část výrobní haly. Zařízení jsou navržena tak, aby splňovala provozní, funkční a hygienické požadavky na vnitřní prostředí. Úkolem těchto zařízení je doprava čerstvého vzduchu do interiéru a odvod znehodnoceného vzduchu ven. Teoretická část je zaměřena na systémy větrání.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Vzduchotechnická zařízení, tepelná zátěž, tepelná ztráta, hluk, klimatizace, nucené větrání, distribuce vzduchu, výrobní hala, administrativní část.

## **ABSTRACT**

Bachelor thesis pursue the plan of ventilation device for the office part of production hall. The devices are designed so they meet operational, functional and hygienic requirements for indoor spaces. The goal of those devices is the transport of fresh air into the interior and discharge of the impaired air outside. The theoretical part targets the system of ventilation.

## **KEY WORDS**

Ventilation devices, heat load, heat loss, noise, air conditioner, forced ventilation, air distribution, production hall, administrative part.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

HLAVÁČOVÁ, Magda. *Vzduchotechnika administrativní části výrobní haly*. Brno, 2021. 89 s., 114 s. příl. Bakalářské práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Olga Rubinová, Ph.D.

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Vzduchotechnika administrativní části výrobní haly* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2021

---

Magda Hlaváčová  
podpis autora

# PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 5. 2021

---

Magda Hlaváčová  
podpis autora

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce Ing. Olze Rubinové, Ph.D. za její trpělivost, ochotu, vstřícnost a cenné rady při zpracování této práce. Dále děkuji své rodině a partnerovi za podporu při studiu.



# OBSAH

ÚVOD .....	12
<b>ČÁST A – TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>13</b>
<b>1 VĚTRACÍ SYSTÉMY .....</b>	<b>14</b>
1.1 HISTORICKÉ SYSTÉMY VĚTRÁNÍ .....	14
1.2 PROČ SE ZABÝVAT VĚTRÁNÍM .....	15
1.2.1 VLHKOST VZDUCHU .....	15
1.2.2 KVALITA VZDUCHU .....	16
1.3 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ .....	16
1.3.1 VĚTRÁNÍ INFILTRACÍ .....	18
1.3.2 AERACE .....	18
1.3.3 PROVĚTRÁVÁNÍ OKNY .....	19
1.3.4 ŠACHTOVÉ VĚTRÁNÍ .....	19
1.4 NUCENÉ VĚTRÁNÍ .....	20
1.4.1 NUCENÉ VĚTRÁNÍ PODTLAKOVÉ .....	20
1.4.1.1 CENTRÁLNÍ PODTLAKOVÉ SYSTÉMY .....	21
1.4.1.2 LOKÁLNÍ PODTLAKOVÉ SYSTÉMY .....	21
1.4.2 NUCENÉ VĚTRÁNÍ ROVNOTLAKÉ .....	22
1.4.2.1 CENTRÁLNÍ ROVNOTLAKÉ SYSTÉMY .....	22
1.4.2.2 LOKÁLNÍ ROVNOTLAKÉ SYSTÉMY .....	23
1.4.3 NUCENÉ VĚTRÁNÍ PŘETLAKOVÉ .....	24
1.5 HYBRIDNÍ VĚTRÁNÍ .....	25
1.5.1 STŘÍDÁNÍ REŽIMŮ PŘIROZENÉHO A NUCENÉHO VĚTRÁNÍ .....	26
1.5.2 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ S POMOCNÝM VENTILÁTOREM .....	26
1.5.3 NUCENÉ VĚTRÁNÍ PODPOŘENÉ PŮSOBENÍM VĚTRU A KOMÍNOVÝM EFEKTEM .....	27
<b>ČÁST B – VÝPOČTOVÁ ČÁST .....</b>	<b>28</b>
<b>2 VÝPOČTOVÁ ČÁST ADMINISTRATIVNÍ ČÁSTI VÝROBNÍ HALY .....</b>	<b>29</b>
2.1 ANALÝZA OBJEKTU .....	29
2.1.1 POPIS OBJEKTU VÝROBNÍ HALY .....	30
2.1.2 NÁVRHOVÉ PARAMETRY VNĚJŠÍHO VZDUCHU .....	30
2.1.3 NÁVRHOVÉ PARAMETRY VZDUCHU V INTERIÉRU .....	30
2.1.4 PŘEHLED ZAŘÍZENÍ A ROZDĚLENÍ OBJEKTU NA FUNKČNÍ ZÓNY .....	31
2.2 TEPELNÁ BILANCE BUDOVY .....	33
2.2.1 TEPELNÉ TECHNICKÉ VLASTNOSTI KONSTRUKCÍ .....	33
2.2.2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT .....	34
2.2.3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZÁTĚŽÍ .....	37
2.3 ROZDĚLENÍ OBJEKTU NA TLAKOVÉ POMĚRY .....	38
2.4 NÁVRH PRŮTOKŮ VZDUCHU .....	39
2.5 DISTRIBUČNÍ ELEMENTY .....	40
2.5.1 NÁVRH DISTRIBUČNÍCH PRVKŮ .....	40

2.5.2	DISTRIBUCE VZDUCHU .....	41
2.5.3	DISTRIBUČNÍ ELEMENTY FUNKČNÍCH CELKŮ .....	42
2.5.4	CHLAZENÍ.....	43
2.6	DIMENZOVÁNÍ A TLAKOVÉ ZTRÁTY V POTRUBÍ.....	44
2.6.1	SCHÉMA ROZVODŮ POTRUBÍ PRO DIMENZOVÁNÍ.....	44
2.6.2	NÁVRH DIMENZÍ A STANOVENÍ TLAKOVÝCH ZTRÁT .....	46
2.7	NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÝCH JEDNOTEK .....	49
2.7.1	VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA Č. 1 .....	49
2.7.2	VZDUCHOTECHNICKÁ JEDNOTKA Č. 2 .....	52
2.7.3	KLIMATIZACE VYBRANÝCH MÍSTNOSTÍ (JEDNOTKA Č. 3).....	55
2.8	ÚTLUM HLUKU .....	56
2.8.1	ÚTLUM HLUKU PRO ZAŘÍZENÍ Č. 1 (INTERIÉR) .....	56
2.8.2	ÚTLUM HLUKU PRO ZAŘÍZENÍ Č. 2 (INTERIÉR) .....	58
2.8.3	ÚTLUM HLUKU PRO ZAŘÍZENÍ Č. 1 A 2 (EXTERIÉR) .....	60
2.8.4	ÚTLUM HLUKU PRO ZAŘÍZENÍ Č. 1 A 2 (EXTERIÉR) .....	61
2.9	IZOLACE POTRUBÍ.....	63
<b>ČÁST C – PROJEKTOVÁ ČÁST .....</b>		<b>66</b>
<b>3</b>	<b>TECHNICKÁ ZPRÁVA.....</b>	<b>67</b>
3.1	ÚVOD TECHNICKÉ ZPRÁVY .....	67
3.1.1	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ.....	67
3.1.2	VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMĚRŮ .....	67
3.1.3	VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ.....	68
3.2	ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ .....	68
3.2.1	HYGIENICKÉ VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE .....	69
3.2.2	TECHNOLOGICKÉ VĚTRÁNÍ A CHLAZENÍ .....	69
3.2.3	ENERGETICKÉ ZDROJE.....	69
3.3	POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ .....	70
3.4	NÁROKY NA ENERGIE.....	73
3.5	MĚŘENÍ A REGULACE.....	73
3.6	NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE .....	73
3.6.1	STAVEBNÍ ÚPRAVY .....	73
3.6.2	SILNOPROUD .....	73
3.6.3	VYTÁPĚNÍ.....	74
3.6.4	ZDRAVOTNÍ TECHNIKA .....	74
3.7	PROTIHLUKOVÁ A PROTIOTŘESOVÁ OPATŘENÍ.....	74
3.8	IZOLACE A NÁTĚRY .....	74
3.9	PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ.....	74
3.10	MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ .....	74
3.11	ZÁVĚR.....	75

<b>4 PŘÍLOHY TECHNICKÉ ZPRÁVY</b> .....	<b>76</b>
4.1 FUNKČNÍ SCHÉMA PRO ZAŘÍZENÍ Č. 1 .....	76
4.2 FUNKČNÍ SCHÉMA PRO ZAŘÍZENÍ Č. 2 .....	77
4.3 NÁROKY NA ENERGIE.....	78
<b>5 TECHNICKÁ SPECIFIKACE PRVKŮ</b> .....	<b>79</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>83</b>
<b>POUŽITÉ ZDROJE</b> .....	<b>84</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ</b> .....	<b>86</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ</b> .....	<b>87</b>
<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>89</b>
A. PŘÍLOHY K VÝPOČTOVÉ ČÁSTI.....	89
A.1 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY Č. 1 .....	89
A.2 NÁVRH VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY Č. 2 .....	89
B. VÝKRESY .....	89
B.1 VÝKRES 1. NP .....	89
B.2 VÝKRES 2. NP .....	89
B.3 ŘEZY OBJEKTEM .....	89

## ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem vzduchotechniky pro administrativní část výrobní haly. Vybraná část objektu je rozdělena na dva funkční celky, kdy je pro každý celek navrženo samostatné vzduchotechnické zařízení.

Celá bakalářská práce je rozdělena do tří částí. První část se zabývá teorií, konkrétně různými druhy větracích systémů. Druhá část je výpočtová, kde se řeší a navrhuje vzduchotechnické jednotky pro vybranou administrativní část výrobní haly. Třetí část práce obsahuje zpracovaný projekt, který je proveden na úrovni prováděcího projektu. V této části se nachází technická zpráva, technická specifikace a funkční schémata zapojení.



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## ČÁST A – TEORETICKÁ ČÁST

VZDUCHOTECHNIKA ADMINISTRATIVNÍ ČÁSTI VÝROBNÍ HALY

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Magda Hlaváčová

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021

# 1 VĚTRACÍ SYSTÉMY

## 1.1 Historické systémy větrání

Potřeba větrání uzavřených místností se zrodila již ve starověkém Egyptě. Během dalších tisíciletí se technika větrání neustále vyvíjela a zdokonalovala se, osvobodila se od náhodných vlivů a chyb způsobených měnícími se podmínkami, místy či časem. Ve všech fázích svého prozatímního vývoje je větrací technika neoddělitelně spojena s kulturou a způsobem života. [1]

### *Starověký Egypt*

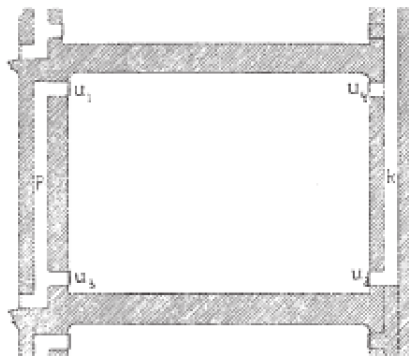
Nejstarší zdokumentované příklady větracích systémů se pravděpodobně nacházejí v egyptských chrámových stavbách, které jsou z období okolo roku 2500 před naším letopočtem. Jedním z příkladů je dobře zachovalé provětrávání stropů kaplí Sahureova chrámu v egyptském Abusíru. Systém samostatných kamenných tvarovek s konicky tvarovanými žlábkami na sebe navzájem přesně navazují. Zhotovené vzduchové polštáře mají výšku přibližně dva až deset centimetrů, což bylo pro účinné větrání dobrý předpoklad.

### *Antika*

Důležitým prvkem Starověké římské architektury byly lodžie, které stínily okna a vchody, čímž snižovaly tepelné zisky v místnostech. Okrasná vnitřní nádvoří s bazény zajišťovala zvlhčování vzduchu, kde byly kolem dokola umístěny okna patřící obývaným místnostem v létě. Velká okna pak směřovaly na sever, menší jižní okna byly přes den zatemněné žaluziemi. Svoji roli hrála také prostorná schodiště s velkými okny.

### *Přelom 19. a 20. století*

Z důvodu průmyslového rozvoje začalo docházet ke stoupající koncentraci obyvatel ve městech a s tím spojeným stavěním vyšších a především hlubších řadových domů. Větrání bytů bylo prováděno vertikálními větracími šachtami, které vedly od podlahy nejnižšího podlaží přes celý řadový dům. V místnosti, která se měla větrat, se většinou nacházely dva průchody (přiváděcí a odváděcí), kdy byl obvykle jeden umístěn dole u podlahy a druhý u stropu. [1]



**Obr. 1** Znárodnění umístění větracích otvorů pro přirozené větrání [1]

Samostatné větrací systémy byly instalovány především tam, kde byla velká koncentrace osob a kde nebyl přívod čerstvého vzduchu infiltrací dostačující. Jednalo se především o školy, divadla či nemocnice. Minimální množství vzduchu pak záleželo, jako je tomu již nyní, na účelu místnosti. Ve školách a divadlech bylo dokonce množství vzduchu předepsané stavebním zákonem.

Vzhledem k rychlému technickému vývoji na konci 19. století se ve velké míře změnily i způsoby větrání. Díky zavedení elektrické energie se začaly používat zařízení na dopravu vzduchu a byla započata éra nuceného větrání. [1]

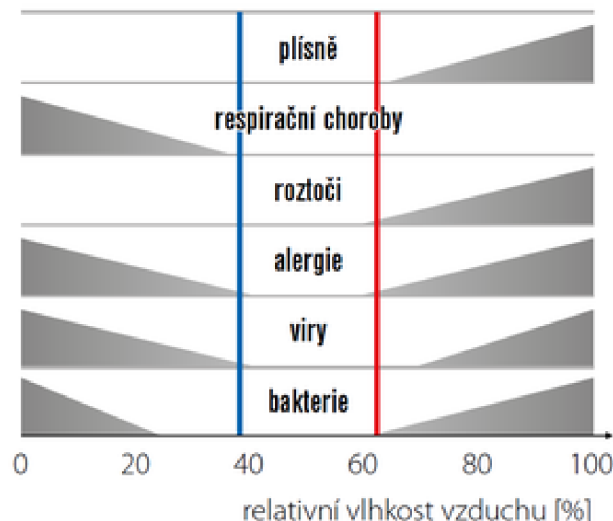
## 1.2 Proč se zabývat větráním

Hlavním úkolem větrání je především hygienická výměna vzduchu v objektu. To znamená, že se do místnosti přivede čerstvý vzduch a odvedou se nadměrné vlhkosti a pachy. Výrazně se tím zabrání riziku kondenzace či vzniku plísní.

Nedostatečný příjem čerstvého vzduchu, nadměrná vlhkost, prach, hluk, vysoká koncentrace oxidu uhličitého, to vše jsou aspekty, které mohou negativně ovlivnit naše zdraví. [16]

### 1.2.1 Vlhkost vzduchu

V závislosti na fyzické aktivitě jeden člověk vyprodukuje 30 až 300 gramů vodní páry za hodinu. Vnitřní zdroje vlhkosti doplňují ovšem například i rostliny, a především také běžný provoz domu/bytu – vaření, praní, osobní hygiena. Pokud se v domě/bytě nebude dostatečně větrat, tak může mít nadměrná vlhkost za následek vznik plísní a šíření roztočů; tzv. Syndrom nemocných budov. [16]



Obr. 2 Ideální hodnoty relativní vlhkosti vzduchu [16]

## 1.2.2 Kvalita vzduchu

Kvalita vzduchu se hodnotí podle obsahu oděrových látek (pachů) a z hygienického hlediska také podle obsahu látek, které nejsme schopni zachytit pouhým čichem.

Předním ukazatelem kvality vzduchu je oxid uhličitý, který (dle vyhlášky o technických požadavcích na stavby) nesmí překročit hodnotu 1500 ppm. Poté již člověk pociťuje únavu a nesoustředěnost. Pokud je koncentrace vyšší, může docházet i ke zdravotním problémům. Doporučená limitní hodnota je 1 000 ppm. [16]



Obr. 3 Limitní hodnoty koncentrace CO<sub>2</sub> (oxidu uhličitého) v místnosti [16]

## 1.3 Přirozené větrání

Větrání využívající přirozené proudění vzduchu je nejrozšířenějším a nejvyužívanějším typem větrání budov. Můžeme jej použít tam, kde není nadměrné množství škodlivin, a to pro většinu místností ať už v obytných či administrativních budovách.

Přirozené větrání představuje výměnu vzduchu v budově vlivem tlakového rozdílu, který je vyvolán účinky přírodních sil vznikajících rozdílem teplot nebo dynamickým tlakem větru. Při těchto tlakových rozdílech dochází k výměně vzduchu, a tak i k přirozenému větrání. [2]

### *Vliv působení rozdílu teplot*

Ze zákonů fyziky vyplývá, že teplý vzduch má menší hustotu než vzduch studený, proto teplý vzduch stoupá směrem nahoru. Hustota vzduchu se vypočítá:

$$\rho = \frac{1,276}{1 + (0,00366 \cdot t)} \quad [kg/m^3] \quad (1.1)$$

Kde je:

$t$  teplota vzduchu [°C]



Za předpokladu, že teplota vzduchu v interiéru je vyšší než teplota v exteriéru, bude hustota vzduchu v interiéru nižší než v exteriéru ( $\rho_i < \rho_e$ ). Pro výpočet tlakových rozdílů lze poté vyvodit vztah:

$$\Delta p = h \cdot g \cdot (\rho_e - \rho_i) \quad [Pa] \quad (1.2)$$

Kde je:

$h$	výška od neutrální roviny [m]
$g$	tíhové zrychlení [ $m/s^2$ ]
$\rho_e$	hustota vzduchu v exteriéru [ $kg/m^3$ ]
$\rho_i$	hustota vzduchu v interiéru [ $kg/m^3$ ]

### ***Vliv působení větru***

Při působení větru na překážku se kinetická energie mění na energii tlakovou, tím poté vzniká na návětrné straně přetlak a na závětrné straně naopak podtlak. Závislost těchto tlaků závisí zejména na rychlosti působícího větru. Velikost těchto tlaků se vypočítá:

$$\Delta p = \frac{1}{2} \cdot A \cdot w^2 \cdot \rho_e \quad [Pa] \quad (1.3)$$

Kde je:

$A$	aerodynamický součinitel [-]
$w$	rychlost působícího větru [ $m/s^2$ ]
$\rho_e$	hustota vzduchu v exteriéru [ $kg/m^3$ ]

Aerodynamický součinitel se spočítá:

$$A = A_N - A_Z \quad (1.4)$$

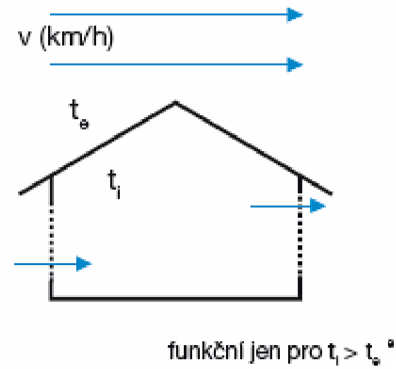
Kde je:

$A_N$	aerodynamický součinitel návětrné strany [-]
$A_Z$	aerodynamický součinitel závětrné strany [-]

Přirozené větrání se na základě typických znaků dělí na přirozené větrání infiltrací, aerací (samočinné větrání), provětrávání okny a šachtové větrání. [16]

### 1.3.1 Větrání infiltrací

Při tomto druhu přirozeného větrání dochází k výměně vzduchu netěsnostmi stavebních konstrukcí, především okenních a dveřních otvorů. V dnešní době je infiltrace považována za ne příliš žádoucí z důvodu unikání tepla z budovy a tím pádem rostoucí spotřebě energie na vytápění. V případě výměny starých oken za nové je ovšem nutné zajistit jiný způsob větrání (např. provětráváním), aby nedošlo k hygienickým závadám. [16]



Obr. 4 Schéma pro přirozené větrání s infiltrací [16]

Objemový průtok spárami oken a dveří se vypočítá pomocí rovnice:

$$V = i \cdot l \cdot \Delta p^n \quad [m^3/s] \quad (1.5)$$

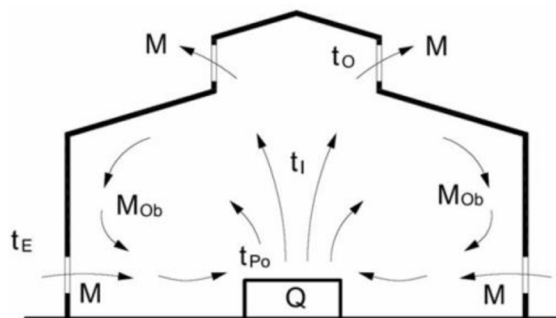
Kde je:

- $i$  součinitel průvzdušnosti mezer [ $m^2 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-n}$ ]
- $l$  délka spár [ $m$ ]
- $\Delta p$  rozdíl tlaku vzduchu vyvolaný rozdílem teplot a působením větru [ $Pa$ ]
- $n$  exponent charakterizující proudění vzduchu mezerou, běžně  $n = 0,67$  [—]

### 1.3.2 Aerace

Jedná se o druh větrání, kdy k větrání a k výměně vzduchu dochází obdobným způsobem jako při větrání infiltrací. Rozdílem ovšem je, že jsou otvory regulovatelné a umístěné v místnosti nad sebou. Výhodou tohoto způsobu větrání je malá finanční náročnost a víceméně nulová údržba. Naopak nevýhodou je nefunkčnost systému v letním období díky malému teplotnímu rozdílu.

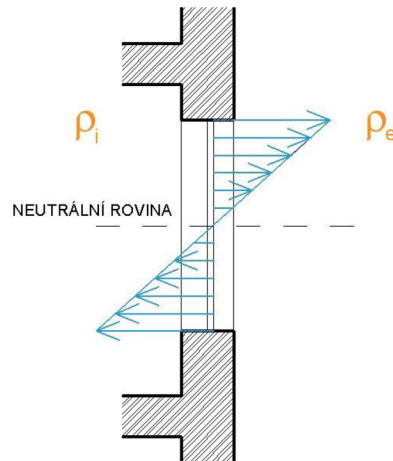
Systém aerace se nejčastěji používá v průmyslových a výrobních halách, kde dochází k vysokému šíření tepla prouděním. Nad zdrojem tepla v hale vzniká teplý vzduch, který v hale stoupá nahoru, kde je následně část odvedena otvorem v horní části stěny či střechy. Zbylá část v hale cirkuluje: pod střechou se otočí, začne klesat kolem stěn, kde se zároveň ochlazuje, a poté se dole mísí s čerstvým studeným vzduchem, který je do haly přiváděn ve spodní části stěn. [3]



Obr. 5 Schéma větrání aerací v halových objektech [4]

### 1.3.3 Provětrávání okny

K provětrávání místností slouží okna, kdy je z hlediska energetiky vhodné je otevírat často a krátkodobě. Nejlepší variantou je otevřít okna na krátkou chvíli dokořán, tak se znehodnocený vzduch dokáže rychle vyměnit, a přitom nestačí vychladnout okolní stavební konstrukce, které nám poté vrací naakumulované teplo zpět do místností. Spodní částí otevřeného okna proudí do místnosti chladnější vzduch (venkovní), horní částí naopak probíhá odvod vzduchu z místnosti.



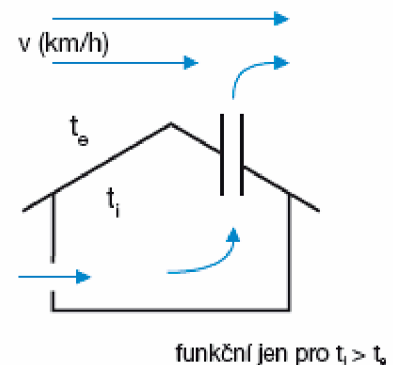
Obr. 6 Provětrávání oknem [19]

Přívod i odvod vzduchu je v tomto případě zajištěn pouze jediným otvorem, a to na základě tlakového rozdílu, který vzniká teplotním nebo větrným účinkem. Provětrávání okny se používá především v obytných a veřejných budovách. [16]

### 1.3.4 Šachtové větrání

V tomto případě se jedná o přirozený přívod a odvod vzduchu z místnosti pomocí svislých větracích průduchů. K větrání dochází díky rozdílům teplot v interiéru a exteriéru.

Větrací mřížky, umístěné ve větraných místnostech, jsou vedeny do sběrné větrací šachty. Šachty se dají přirovnat například ke komínům, mohou být jak zděné, tak i potrubní. Mohou sloužit pro odvod i přívod vzduchu, ale většinou se používají pouze pro odvod vzduchu z místnosti, pro přívod se poté používají přírodní otvory za otopným tělesem tak, aby byl zajištěn ohřev vzduchu v zimním období.



Obr. 7 Schéma šachtového větrání

Účinky šachtového větrání lze podpořit koncovými elementy, které jsou umístěny na vrchol odváděcí šachty, což znamená ve většině případů na střechu. Může se jednat například o ventilační turbíny, kdy turbína obsahuje rotační hlavici, která vytváří podtlak a trvale odsává vzduch z prostoru díky termodynamickému vztlaku. Dále se používají například samotahové hlavice, které využívají vítr ke zvětšení podtlaku a zvyšují tím tak rychlost proudění vzduchu směrem ven. [16]



Obr. 8 Ventilální turbína [17]



Obr. 9 Samotahová hlavice [18]

## 1.4 Nucené větrání

Proudění vzduchu u nuceného větrání je způsobeno mechanickým (nuceným) účinkem, přesněji ventilátory. Mezi největší výhody toho systému jednoznačně patří nezávislost na klimatických podmínkách, možnost vzduch filtrovat, ohřívat či chladit a dále možnost přesného nastavení průtoku vzduchu a následné dopravení na libovolné místo. [4]

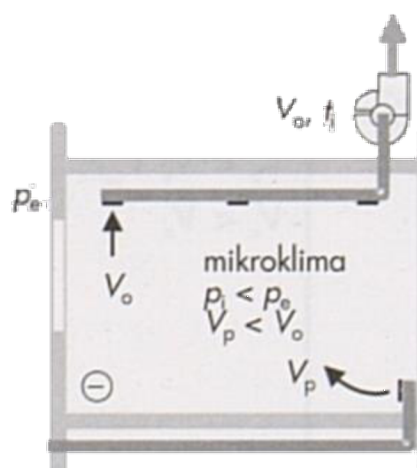
Veškerý přiváděný vzduch se na vybraná místa dopravuje potrubím a do prostorů se rozvádí přes koncové elementy. Odvod vzduchu je obdobný: vzduch se v místnostech sbírá pomocí koncových elementů a je dále dopravován zpět k ventilátorům, které vzduch poté odvádí mimo budovu. [4]

Na základě tlakových poměrů se nucené větrání dále rozděluje na:

- Nucené podtlakové větrání
- Nucené rovnotlaké větrání
- Nucené přetlakové větrání

### 1.4.1 Nucené větrání podtlakové

Tento systém nuceného větrání se řídí tím, že odvádí více vzduchu, než ho přivádí, platí tedy  $V_o > V_p$ . Systém zabraňuje šíření pachů, odérů a škodlivin do přilehlých prostor. Největší využití má tedy tento systém větrání tam, kde je potřeba zabránit průniku znehodnoceného vzduchu do okolních prostor například v hygienicky čistých prostorách. [5]



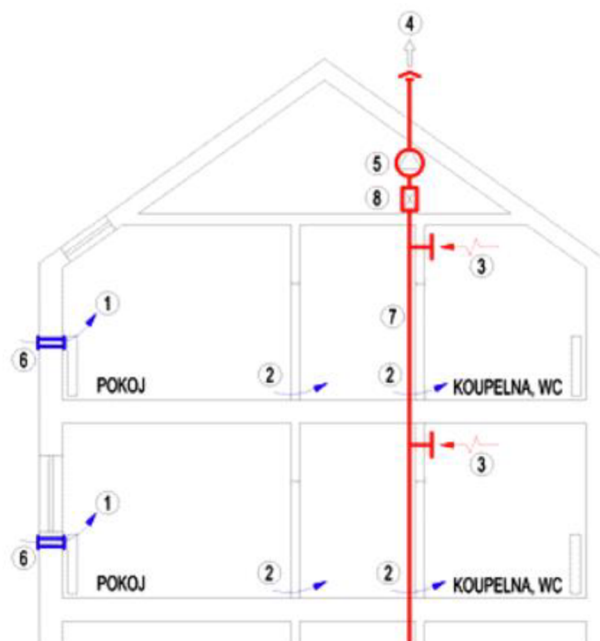
Obr. 10 Schéma podtlakového větrání [5]

### 1.4.1.1 Centrální podtlakové systémy

Dopravu odváděného vzduchu zajišťuje centrální ventilátor, který je napojený na příslušné stoupací potrubí. Ventilátor je většinou umístěn v nejvyšším místě budovy, tedy v podkroví nebo na střeše (obr. 11). Ventilátor pokrývá tlakové ztráty vzduchovodu a systému distribuce vzduchu.

Vzhledem k tomu, že je ventilátor výrazným zdrojem hluku, je při návrhu nutné provést příslušná opatření ke snížení hluku. Jedná se především o zabránění šíření hluku do stoupacího potrubí z důvodu možnosti šíření hluku do jednotlivých bytových jednotek.

Mezi výhody centrálního podtlakového větrání patří skutečnost, že nedochází k přenosům pachů mezi jednotlivými bytovými jednotkami a také vcelku vysoká účinnost centrálních ventilátorů. [6]



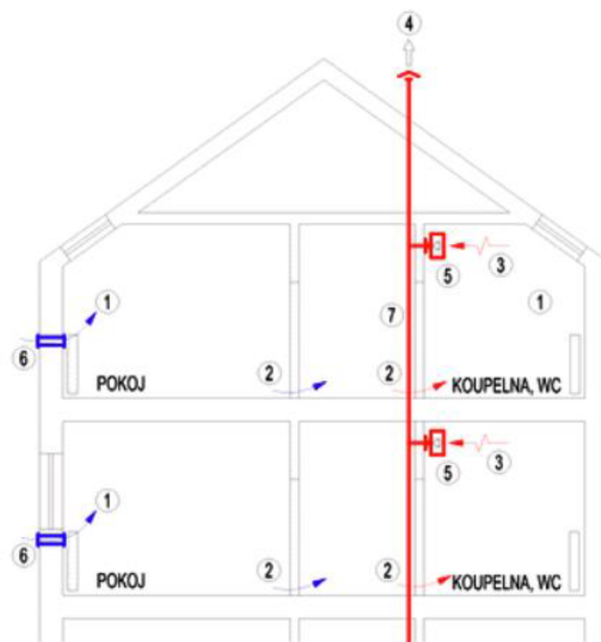
**Obr. 11** Nucené podtlakové větrání centrální [16]

1 - přiváděný venkovní vzduch, 2 - převáděný vzduch, 3 - odváděný vzduch, 4 - odpadní vzduch,  
5 - odvodní ventilátor, 6 - přivodní větrací otvor, 7 - potrubní síť, 8 - tlumič hluku

### 1.4.1.2 Lokální podtlakové systémy

V tomto případě pro větrání slouží lokální radiální ventilátory, které jsou napojené na stoupací potrubí. Jím je pak vzduch odváděn zpravidla na střechu (obr. 12). Odvodní ventilátory můžou být umístěny například přímo v dané místnosti, ze které je vzduch odsáván.

Radiální ventilátory mají několik nevýhod. Řadí se mezi ně například nízká účinnost a hlučnost, která se šíří přímo do obytného prostoru. Vzhledem k tomu je zapotřebí volit ventilátory s nízkou hladinou akustického výkonu. [6]



**Obr. 12** Nucené podtlakové větrání lokální [16]

1 - přiváděný venkovní vzduch, 2 - převáděný vzduch, 3 - odváděný vzduch, 4 - odpadní vzduch,  
5 - odvodní ventilátor, 6 - přívodní větrací otvor, 7 - potrubní síť, 8 - tlumič hluku

## 1.4.2 Nucené větrání rovnotlaké

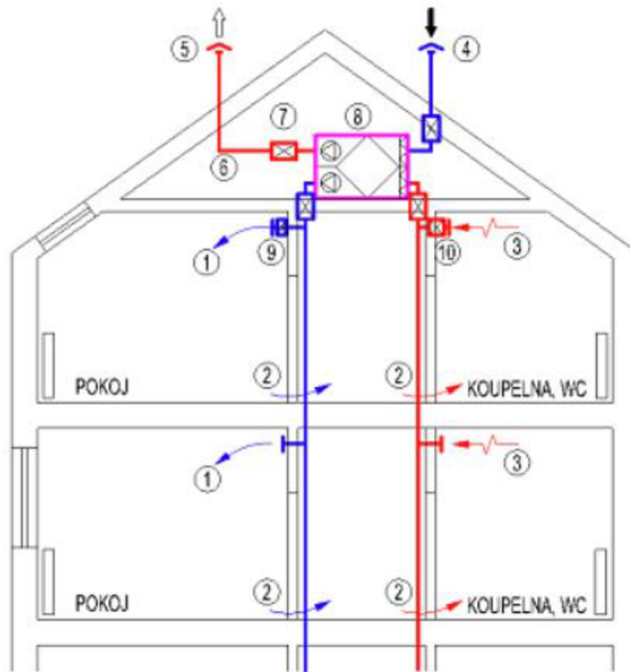
Rovnotlaké větrání se řadí mezi nejpoužívanější systém a nastává v případě, že  $V_o = V_p$ . Tento systém představuje vyšší kvalitu větrání než nucené podtlakové větrání. Zajišťuje nucený přívod čerstvého vzduchu a současně odvod znehodnoceného vzduchu. Doprava vzduchu je zajištěná většinou dvojicí ventilátorů, které jsou umístěné v kompaktní vzduchotechnické jednotce.

Hlavní výhodou nuceného rovnotlakého systému je možnost využití zpětného získávání tepla z nehodnoceného vzduchu. Tím se sníží spotřeba tepla na ohřev venkovního vzduchu. Naopak mezi nevýhody spadají vyšší pořizovací náklady, vyšší spotřeba energie pro pohon ventilátorů a prostorové nároky pro umístění zařízení. [16]

### 1.4.2.1 Centrální rovnotlaké systémy

Jádrem celého systému je centrální vzduchotechnická jednotka. Ta zajišťuje dopravu vzduchu z exteriéru a znehodnoceného vzduchu, včetně úpravy vzduchu – přehřev a filtrace. Vzduchotechnická jednotka je většinou opatřena výměníkem ZZT (obr. 13).

Nevýhodou tohoto systému jsou zvýšené nároky na prostor pro umístění vzduchotechnické jednotky a vzduchovodů. Ventilátory musí být dále opatřeny tlumiči hluku. [16]



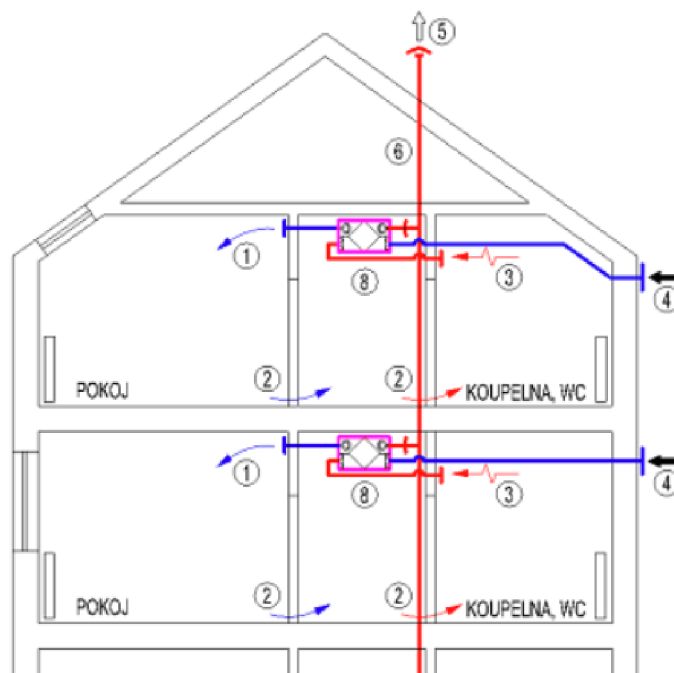
**Obr. 13** Nucené rovnotlaké větrání centrální [16]

1 - přiváděný venkovní vzduch, 2 - převáděný vzduch, 3 - odváděný vzduch, 4 - sání venkovního vzduchu, 5 - odpadní vzduch, 6 - potrubní síť, 7 - tlumič hluku, 8 - větrací jednotka se ZZT, 9 - alternativní dohřev, 10 - přeslechový tlumič

#### 1.4.2.2 Lokální rovnotlaké systémy

Lokální rovnotlaké systémy slouží především pro individuální větrání bytových jednotek. Větrání zajišťuje větrací jednotka vybavená filtrací vzduchu, ventilátory a většinou o výměníkem ZZT. Sání vzduchu je řešeno buďto společným potrubím nebo má každá bytová jednotka své sání umístěné samostatně na fasádě (obr. 14). Odvod je řešen společným potrubím s vývodem nad střechu objektu.

Mezi výhody spadá zejména zajištění neustálé kvality vnitřního vzduchu s malou spotřebou tepelné energie pro ohřev vzduchu. Nevýhodou jsou zvýšené nároky na prostor pro umístění vzduchotechnické jednotky, poměrně nízká účinnost ventilátorů a hlučnost větrací jednotky, která je umístěna přímo v obytném prostoru. [6]



**Obr. 14** Nucené rovnotlaké větrání lokální [16]

1 - přiváděný venkovní vzduch, 2 - převáděný vzduch, 3 - odváděný vzduch, 4 - sání venkovního vzduchu, 5 - odpadní vzduch, 6 - potrubní síť, 7 - tlumič hluku, 8 - větrací jednotka se ZT, 9 - alternativní dohřev, 10 - přeslechový tlumič

### 1.4.3 Nucené větrání přetlakové

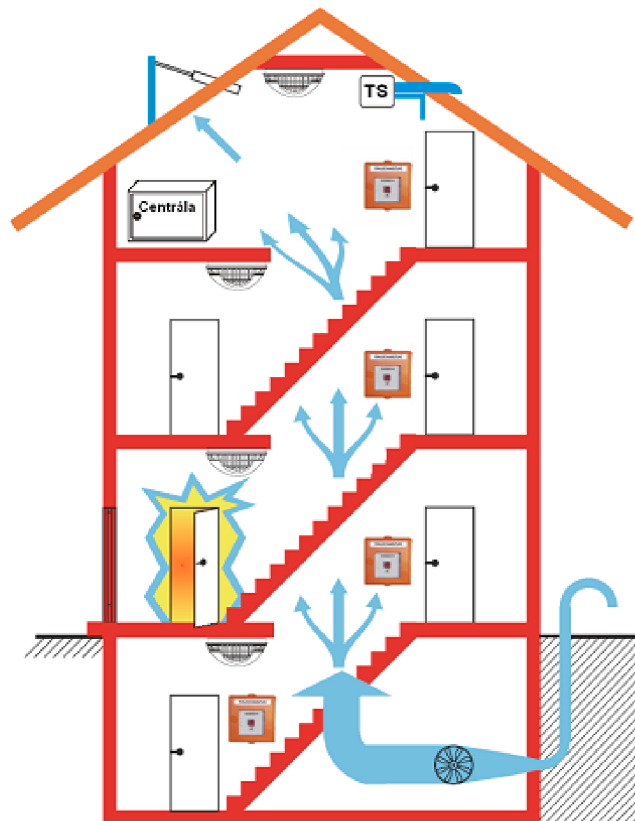
V tomto případě se jedná o systém větrání, ve kterém je přiváděno více vzduchu, než je ho odváděno, tedy  $V_p > V_o$ . Odvod vzduchu může být řešen jako přirozený nebo nucený. Přívod vzduchu je kontrolovaný, umožňuje ohřev a také filtraci vzduchu.

Tento typ větrání se používá v případech, kdy je potřeba zabránit vnikání vzduchu z vedlejších místností. Provedení systému může být řešeno jako decentrální, ústřední, s nuceným přívodem, s nuceným odvodem i přívodem a s provozem ventilačním nebo kombinovaným.

V nejjednodušší verzi lze do jednotlivých místností provést bez rozvodu vzduchu. Vzduch se přivádí pouze do jedné místnosti (nejlépe střední místnosti), odkud se dál šíří vlivem přetlaku. [16]

Nucené přetlakové větrání se používá například při větrání chráněných únikových cest. To vychází z požadavků na „natlakování“ schodiště na daný přetlak vzhledem k okolním bytům tak, aby při případném požáru v bytě neunikal kouř do prostoru schodiště. Na únikových schodištích je ovšem definována horní mez přetlaku. Čím je přetlak vyšší, tím je totiž i na zavřené dveře vyvíjen vyšší tlak. [19]





Obr. 15 Schéma přetlakového odvětrání chráněným únikových cest [19]

## 1.5 Hybridní větrání

Hlavním úkolem hybridního větracího systému je zajištění příjemného vnitřního mikroklima při využití kombinace přirozeného a nuceného větrání. Jeho cílem je minimalizace potřeb energie, využívá totiž přírodní podmínky k výměně vzduchu. Pokud nastanou takové podmínky, že nebude možné využít funkci přirozeného větrání, spustí se automaticky větrání nucené. Jedná se v podstatě o inteligentní větrací systém s řídicími prvky, které automaticky přepínají mezi přirozeným a nuceným větráním. [5]

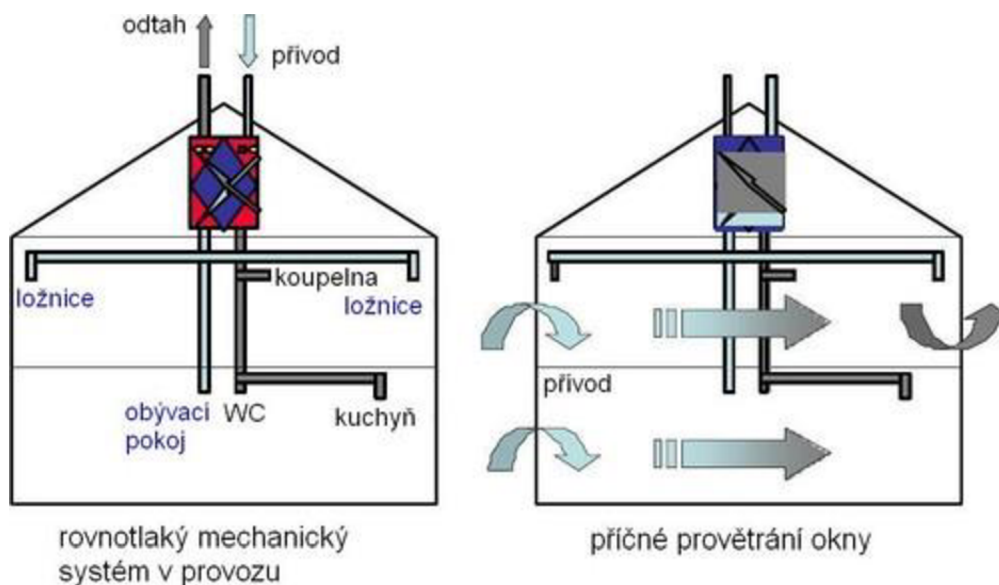
Rozlišují se tři druhy hybridního větrání:

- Střídání režimů přirozeného a nuceného větrání
- Přirozené větrání s pomocným ventilátorem
- Nucené větrání podpořené působením větru a komínovým efektem

### 1.5.1 Střídání režimů přirozeného a nuceného větrání

Střídání přirozeného a nuceného větrání je řešením pro bytové jednotky, ve kterých je instalován systém rovnotlakého větrání. Jednoduše lze říct, že systém pracuje ve dvou oddělených režimech. Ve chvíli, kdy venkovní podmínky umožňují přirozené větrání, režim nuceného větrání je vypnut. V opačném případě, kdy jsou extrémní podmínky (tzn. je-li příliš chladno nebo naopak příliš horko), dojde k přepnutí systému do režimu nuceného větrání.

Tento systém ovšem není optimální formou hybridního větrání, ale má snahu minimalizovat spotřebu energie a osobám v budově umožňuje, aby měli větrání v maximální možné míře pod kontrolou. [16]



Obr. 16 Režim nuceného větrání (vlevo) a přirozeného větrání (vpravo) [16]

### 1.5.2 Přirozené větrání s pomocným ventilátorem

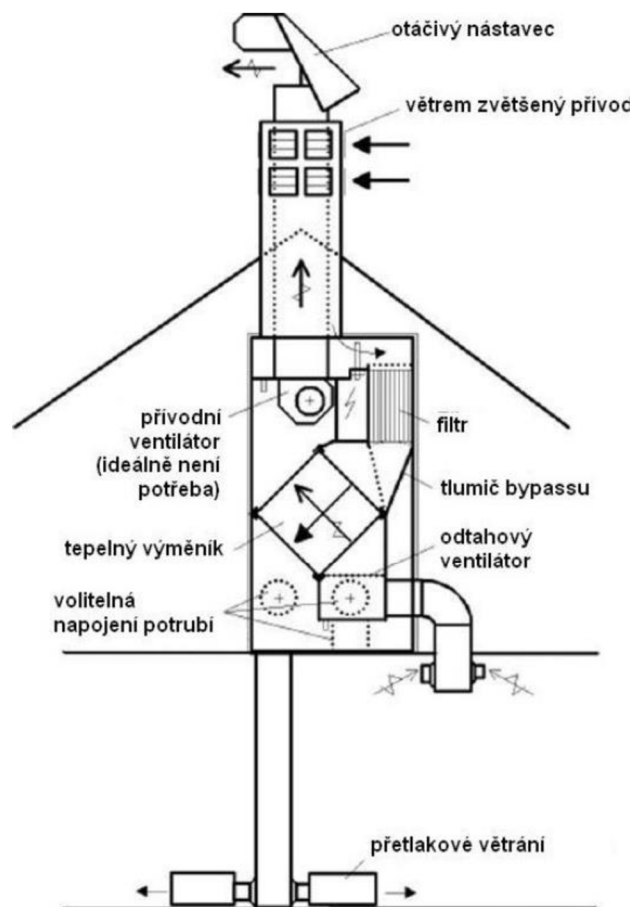
Přirozené větrání s pomocným ventilátorem je typ hybridního větrání, který se používá v budovách, kde se původně využívala forma pouze přirozeného větrání. Systém pracuje s využitím přírodních sil, ale pokud nastane případ, že vítr a vztlakové síly nezajišťují požadovanou úroveň větrání, spustí se speciálně vyvinutý ventilátor.

Otvory na fasádě, které jsou opatřeny samoregulačními vyústkami, nasávají do obytných místností čerstvý vzduch. Odpadní vzduch je následně odváděn z prostor hygienického zázemí a kuchyní jednotlivých bytů také pomocí samoregulačních průduchů, které poté ústí do centrálního potrubí, které vede na střeche. [16]

### 1.5.3 Nucené větrání podpořené působením větru a komínovým efektem

V tomto případě se jedná v podstatě o systém nuceného větrání, který využívá působení větru a rozdíly teplot pro výměnu vzduchu v interiéru. Tento systém je v některých částech roku schopen pracovat zcela bez mechanického pohonu. Dále vyžaduje velmi malé tlakové ztráty, a tak se přírodní energie stávají rovnocennou součástí hnacích sil.

Použití tohoto systému je víceméně neomezené, hlavní a rozhodující roli zde hrají provozní a investiční náklady. [16]



Obr. 17 Typický systém nuceného větrání s využitím přírodních sil [16]



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## ČÁST B – VÝPOČTOVÁ ČÁST

VZDUCHOTECHNIKA ADMINISTRATIVNÍ ČÁSTI VÝROBNÍ HALY

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Magda Hlaváčová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

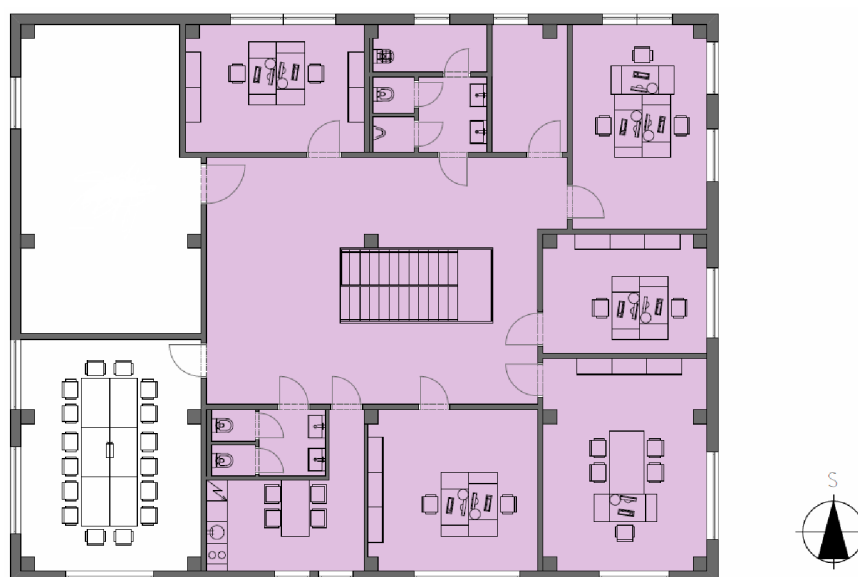
BRNO 2021

## 2 VÝPOČTOVÁ ČÁST ADMINISTRATIVNÍ ČÁSTI VÝROBNÍ HALY

### 2.1 Analýza objektu



Obr. 18 Půdorys 1. NP výrobní haly s vyznačenými řešenými místnostmi



Obr. 19 Půdorys 2. NP výrobní haly s vyznačenými řešenými místnostmi

### 2.1.1 Popis objektu výrobní haly

Objekt je umístěn ve vybrané lokalitě na západě Moravy v jihovýchodní části Kraje Vysočina v městě Třebíč. Tomu odpovídají výpočtové hodnoty klimatických veličin.

Projekt vzduchotechniky se týká administrativní části výrobní haly. Objekt je dvoupodlažní, nepodsklepený a umístěn na rovinném terénu. Střecha objektu je jednoplášťová. Výplně otvorů jsou plastová okna s dvojsklem.

V prvním nadzemním podlaží se nachází vstupní hala s hygienickým zázemím, promítací místnost a denní místnost. Ve druhém nadzemním podlaží se nachází hala, ze které je možnost dostat se do jednotlivých kanceláří, hygienických zázemí, kuchyňky, archivu a strojovny vzduchotechniky. Můžeme tam najít také zasedací místnost, ve které je ovšem pouze nárazový výskyt osob, proto není v této bakalářské práci řešena. Světlá výška všech řešených místností jsou tři metry.

Řešená část objektu byla rozdělena na dvě zóny, kdy pro každou z nich náleží jedna vzduchotechnická jednotka. První zóna se rozléhá přes obě nadzemní podlaží. Spadá do ní vstupní hala s hygienickým zázemím v prvním nadzemním podlaží, ve druhém nadzemním podlaží jsou to kanceláře, hygienická zázemí, kuchyňka a archiv. Druhou zónu najdeme pouze v prvním nadzemním podlaží, patří do ní promítací místnost s přiléhající denní místností.

Z důvodu dosažení maximální klimatické pohody v létě i v zimě jsou všechny kanceláře a promítací místnost vybaveny nástěnnými přístroji, které v létě dochlazují a v zimě přitápějí (zařízení č. 3).

### 2.1.2 Návrhové parametry vnějšího vzduchu

Tab. 1 Návrhové parametry vnějšího vzduchu [10]

<b>Třebíč</b> - vztažená nadmořská výška 457 m n.m. - průměrný tlak vzduchu 96,2 kPa)	<b>Teplé období roku</b>			<b>Chladné období roku</b>	
	<b>Percentil (procento výskytu)</b>	99,6%	99,0%	98,0%	0,4%
Teplota venkovního vzduchu (°C)	34,2	32,9	31,6	-18,4	-15,4
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	69,6	66,0	63,1	-	-
<b>Absolutní extrémy</b>	<b>Maximum</b>			<b>Minimum</b>	
Teplota venkovního vzduchu (°C)	36,7			-23,8	
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	82,6			-23,1	

### 2.1.3 Návrhové parametry vzduchu v interiéru

- Letní období
  - Zóna č. 1:  $t_i = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi_e = 55\%$
  - Zóna č. 2:  $t_i = 22^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi_e = 55\%$
- Zimní období
  - Zóna č. 1:  $t_i = 22^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi_e = 35\%$
  - Zóna č. 2:  $t_i = 23^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi_e = 35\%$

Tyto parametry vzduchu v interiéru byly použity pro všechny místnosti z daných zón.

## 2.1.4 Přehled zařízení a rozdělení objektu na funkční zóny

### Zóna 1

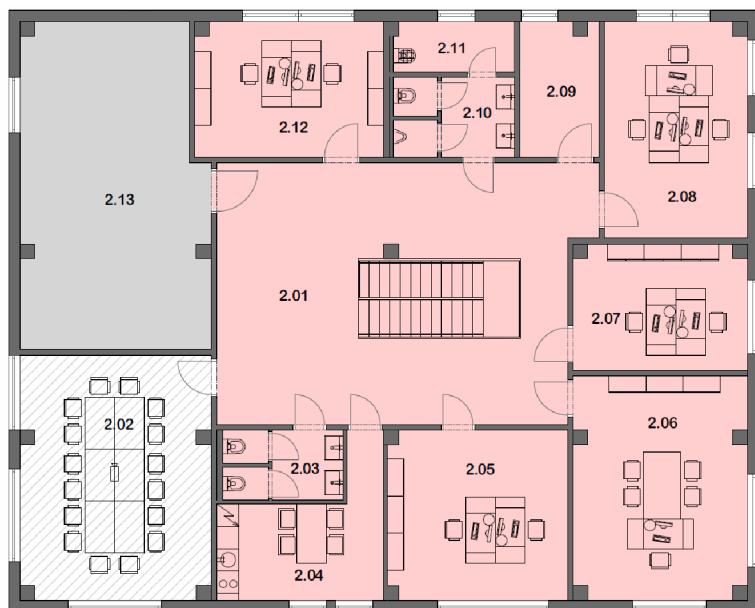
- Zařízení č. 1 – nucené větrání
- Zařízení č. 3 – chlazení

### Zóna 2

- Zařízení č. 2 – vzduchová klimatizace
- Zařízení č. 3 – chlazení



Obr. 20 Poloha funkčních celků v 1. NP



LEGENDA MÍSTNOSTÍ 2. NP

OZN.	POPIS MÍSTNOSTI	PLOCHA (m <sup>2</sup> )
2.01	HALA	68,35
2.02	JEDNACÍ MÍSTNOST	35,10
2.03	WC ŽENY	6,34
2.04	KUCHYŇKA	13,7
2.05	KANCELÁŘ	22,31
2.06	KANCELÁŘ	28,44
2.07	KANCELÁŘ	16,03
2.08	KANCELÁŘ	22,49
2.09	ARCHIV	7,85
2.10	WC MUŽI	7,22
2.11	ÚKLID. MÍSTNOST	4,64
2.12	KANCELÁŘ	18,62
2.13	STROJOVNA VZT	39,14



- ZÓNA Č. 1 - VSTUPNÍ HALA A KANCELÁŘE - NUCENÉ VĚTRÁNÍ
- ZÓNA Č. 2 - PROMÍTACÍ A DENNÍ MÍSTNOST - VZDUCHOVÁ KLIMATIZACE
- STROJOVNA VZT
- NEŘEŠENÉ ČÁSTI OBJEKTU

Obr. 21 Poloha funkčních celků ve 2. NP



- MÍSTNOSTI OBSLUHOVANÉ ZAŘÍZENÍM Č. 3

Obr. 22 Schéma místností obsluhovaných zařízením č. 3



Tab. 2 Tabulka místností

Tabulka místností								
Č. zařízení	Č. místnosti	Název místnosti	Plocha	Objem	Léto		Zima	
					Teplota	Relativní vlhkost	Teplota	Relativní vlhkost
					A	V	ti	φi
			[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[°C]	[%]	[°C]	[%]
Zóna č. 1 - nucené větrání								
1	1.02	Vstupní hala	123,5	370,4	26	max. 55	18	min. 35
	1.15	WC	15,5	46,4	26		20	
	2.01	Hala	68,4	205,1	25		20	
	2.03	WC ženy	6,3	19,0	25		20	
	2.04	Kuchyňka	13,7	41,1	25		20	
	2.05	Kancelář	22,3	66,9	25		22	
	2.06	Kancelář	28,4	85,3	25		22	
	2.07	Kancelář	16,0	48,1	25		22	
	2.08	Kancelář	22,5	67,5	25		22	
	2.09	Archiv	7,9	23,6	26		18	
	2.10	WC muži	7,2	21,7	26		20	
	2.11	Úklidová místnost	4,6	13,9	26		18	
2.12	Kancelář	18,6	55,9	25	22			
Zóna č. 2 – vzduchová klimatizace								
2	1.03	Promítací místnost	84,2	252,7	25	max. 55	20	min. 35
	1.04	Denní místnost	42,0	126,1	25		20	

## 2.2 Tepelná bilance budovy

### 2.2.1 Tepelně technické vlastnosti konstrukcí

Pro všechny konstrukce, které ohraničují vnitřní vytápěný prostor, byl výpočtem stanoven součinitel prostupu tepla. Všechny konstrukce vyhovují normovým požadavkům. Výpočty jsou uvedeny v kapitole 2.2.2.

Tab. 3 Vypočtené součinitelé prostupu tepla pro použité konstrukce

Konstrukce	Označení	W/m <sup>2</sup> .K
Obvodová stěna	SO1	0,14
Příčka	SN1	1,04
Příčka	SN2	1,18
Podlaha nad 1NP	PDL1	0,25
Podlaha na zemině	PDL2	0,37
Plochá střecha	STR	0,15
Okna	OZ	1,20
Dveře interiérové	DN1	2,00

## 2.2.2 Výpočet tepelných ztrát

Pro výpočet byla použita návrhová teplota venkovního prostředí  $t_e = -15,4$  °C. Vnitřní teplota byla např. pro kanceláře použita  $t_i = 22$  °C, pro hygienické zázemí  $t_i = 20$  °C. Vnitřní teploty jsou podrobněji uvedeny v tabulce 7.

Níže je uveden postup výpočtu tepelných ztrát prostupem pro několik vybraných místností. V tabulce 7 je pak uveden souhrn tepelných ztrát pro všechny řešené místnosti.

Tab. 4 Návrhová tepelná ztráta prostupem pro vstupní halu 1.02

<b>Výpočet ztráty přímo do venkovního prostředí</b>								
Stavební konstrukce								
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
S01	Obvodová stěna	38,274	0,14	0,02	0,16	1	6,12	
OZ1	Okna zdvojená	21	1,2	0	1,2	1	25,20	
STR	Střecha	14,42	0,15	0,02	0,17	1	2,45	
							<b>33,78</b>	
<b>Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty</b>								
Stavební konstrukce								
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$			
SN1	Stěna 1.15,16,17,19	23,744	1,04	-0,06	-1,48			
SN2	Stěna 1.03	56,353	1,18	-0,06	-3,98			
DN1	Dveře 1.15,16,17,19	6,304	2,00	-0,06	-0,75			
DN1	Dveře 1.03	3,800	2,00	-0,06	-0,46			
PDL1	Podlaha k 2NP	112,760	0,25	-0,06	-1,69			
							<b>-8,36</b>	
<b>Tepelné ztráty zeminou</b>								
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
PDL2	Podlaha na zemině	123,47	0,14	17,286	1,45	0,42	1	0,61
							<b>10,53</b>	
<b>Celková měrná tepelná ztráta prostupem</b>							<b>35,94</b>	
	$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem $\theta_{T,i}$ (W)			
	18	-15,4	33,4	35,94	<b>1201</b>			

Tab. 5 Návrhová tepelná ztráta prostupem pro promítací místnost 1.03

Výpočet ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	Ak	Uk	$\Delta U$	Ukc	ek	Ak . Ukc . ek
S01	Obvodová stěna	8,61	0,14	0,02	0,16	1	1,38
OZ1	Okno zdvojené	7,50	1,2	0	1,2	1	9,00
STŘ	Střecha	30,37	0,15	0,02	0,17	1	5,16
							<b>15,54</b>

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	Ak	Uk	fij	Ak . Uk . fij		
SN1	Stěna 1.13	11,70	1,04	0,056	0,68		
SN2	Stěna 1.02	55,75	1,18	0,056	3,68		
DN1	Dveře 1.02	3,80	2	0,056	0,43		
PDL1	Podlaha k 2NP	29,46	0,25	-0,056	-0,41		
							<b>4,38</b>

Tepelné ztráty zeminou								
Č.k.	Popis	Ak	Uequiv,k	Ak.Uequiv,k	fg1	fg2	Gw	fg1 . fg2 . Gw
PDL2	Podlaha na zemině	83,79	0,14	11,7306	1,45	0,45	1	0,65
								<b>7,65</b>

Celková měrná tepelná ztráta prostupem					<b>27,57</b>
	$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	HT,i	Návrhová ztráta prostupem $\theta T_i$ (W)
	20	-15,4	35,4	27,57	<b>976</b>

Tab. 6 Návrhová tepelná ztráta prostupem pro kancelář 2.06

Výpočet ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	Ak	Uk	$\Delta U$	Ukc	ek	Ak . Ukc . ek
S01	Obvodová stěna	25,5	0,14	0,02	0,16	1	4,08
OZ1	Okna zdvojená	6,75	1,2	0	1,2	1	8,10
STŘ	Střecha	28,44	0,15	0,02	0,17	1	4,83
PDL1	Podlaha k 1NP	21,23	0,25	0,02	0,27	1	5,73
							<b>22,75</b>

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	Ak	Uk	fij	Ak . Uk . fij		
SN1	Stěna 2.01	2,127	1,04	-0,06	-0,13		
DN1	Dveře 2.01	1,773	2,00	-0,06	-0,21		
PDL1	Podlaha k 1NP	6,490	0,25	1,00	1,62		
							<b>1,28</b>

Celková měrná tepelná ztráta prostupem					<b>24,02</b>
	$\theta_{int,i}$	$\theta_e$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	HT,i	Návrhová ztráta prostupem $\theta T_i$ (W)
	22	-15,4	37,4	24,02	<b>899</b>

Tab. 7 Souhrn návrhových tepelných ztrát místností

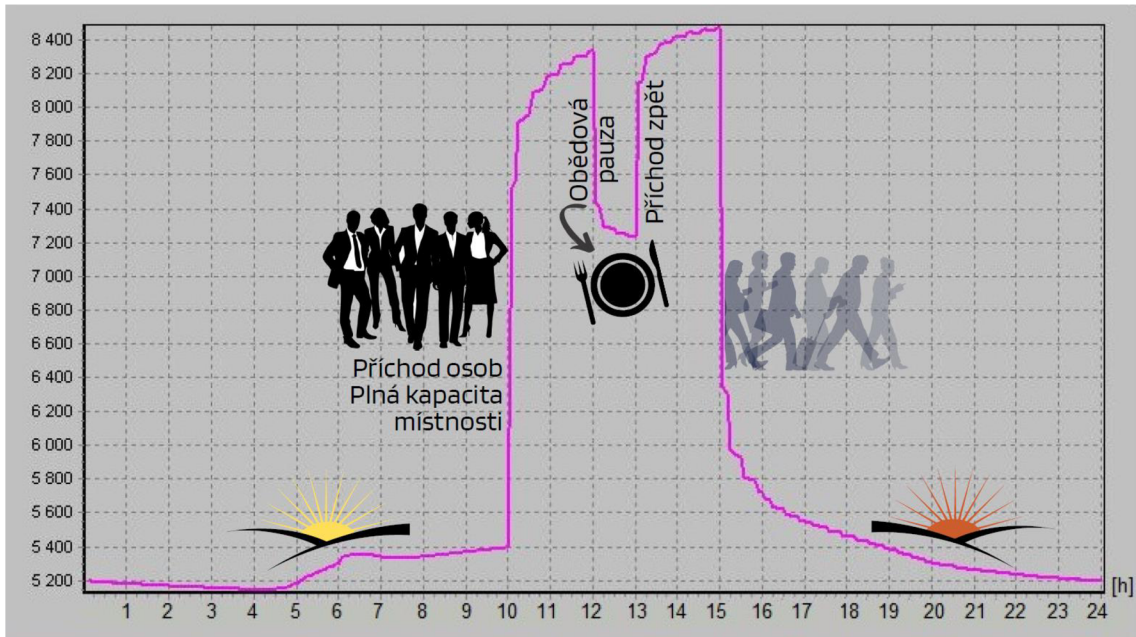
OZN.	Popis místnosti	A	V	$\theta_{T,i}$	Zima		Léto	
					$\theta_{int,i}$	$\varphi$	$\theta_{int,i}$	$\varphi$
<b>1.NP</b>		Podlah. plocha	Objem místnosti	Návrhová ztráta prostupem	Teplota místnosti v zimě	Relativní vlhkost v zimě	Teplota místnosti v létě	Relativní vlhkost v létě
		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[W]	[°C]	[%]	[°C]	[%]
1.02	Vstupní hala	123,47	370,41	1201	18	min. 35	26	max. 55
1.03	Promítací místnost	83,79	251,37	976	20		25	
1.04	Denní místnost	41,41	124,23	830	20		25	
1.15-17	WC	14,43	43,29	262	20		26	
<b>Σ 1.NP</b>		<b>263,1</b>	<b>789,3</b>	<b>3269</b>				

OZN.	Popis místnosti	A	V	$\theta_{T,i}$	Zima		Léto	
					$\theta_{int,i}$	$\varphi$	$\theta_{int,i}$	$\varphi$
<b>2.NP</b>		Podlah. plocha	Objem místnosti	Vypočtená ztráta prostupem	Teplota místnosti v zimě	Relativní vlhkost v zimě	Teplota místnosti v létě	Relativní vlhkost v létě
		[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[W]	[°C]	[%]	[°C]	[%]
2.01	Hala	71,7	215,1	424	20	min. 35	25	max. 55
2.02	Jednací místnost	46,5	139,5	-	20		25	
2.03	WC ženy	5,9	17,7	37	20		25	
2.04	Kuchyňka	6,4	19,2	241	20		25	
2.05	Kancelář	3,6	10,8	477	22		25	
2.06	Kancelář	14,9	44,7	899	22		25	
2.07	Kancelář	22,3	66,9	441	22		25	
2.08	Kancelář	27,9	83,7	672	22		25	
2.09	Archiv	15,8	47,4	124	18		26	
2.10	WC muži	7,12	21,36	103	20		26	
2.11	Úklidová místnost	4,64	13,92	132	18		26	
2.12	Kancelář	18,62	55,86	684	22		25	
2.13	Strojovna VZT	26,3	78,9	-	18		27	
<b>Σ 2.NP</b>		<b>271,68</b>	<b>815,04</b>	<b>4234</b>				

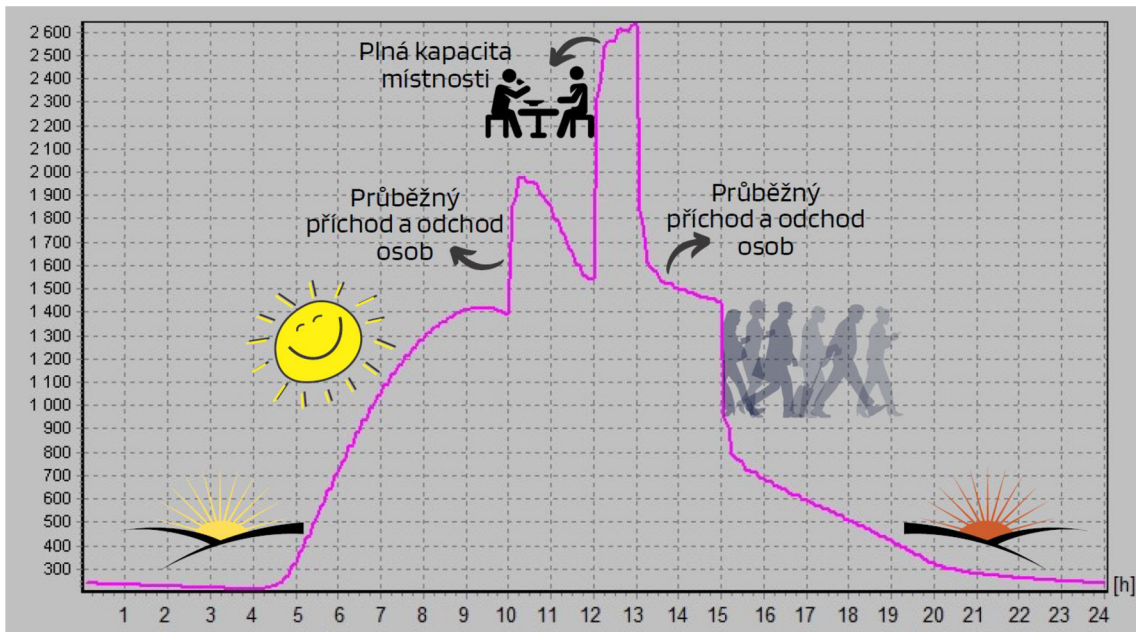
### 2.2.3 Výpočet tepelných zátěží

Tepelná zátěž byla vypočtena pro několik referenčních místností pomocí softwaru Teruna [20]. Zisky v letním období jsou spočítány pro den 21.7. Ostatní místnosti byly dle referenčních místností spočítané na základě podlahové plochy.

Níže jsou pro příklad uvedeny dva grafy pro promítací a denní místnost.



**Graf 1** Tepelná zátěž v létě - promítací místnost 1.03  
Osa x – čas [h], osa y – tepelný zisk [W]



**Graf 2** Tepelná zátěž v létě – denní místnost 1.04  
Osa x – čas [h], osa y – tepelný zisk [W]

## 2.3 Rozdělení objektu na tlakové poměry



Obr. 23 Tlakové poměry řešených úseků objektu

## 2.4 Návrh průtoků vzduchu

Tab. 8 Průtoky vzduchu

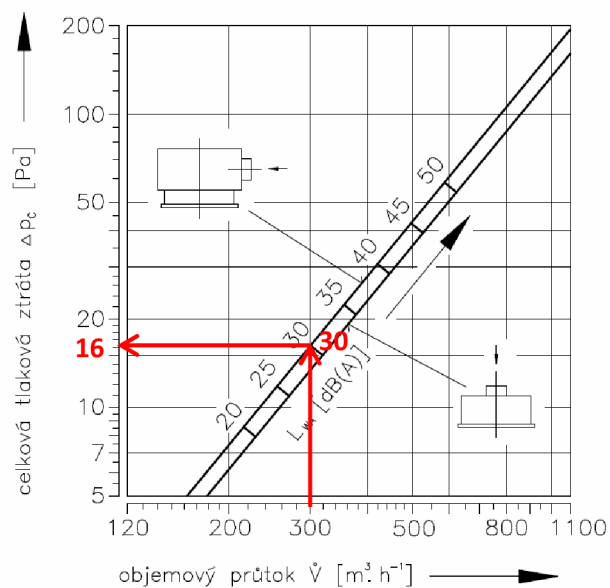
Průtoky vzduchu																								
Č. zařízení	Č. místnosti	Název místnosti	Zadané hodnoty								Vypočtené hodnoty													
			Plocha	Objem	Počet osob	Potřeba vzduchu osoba/zariadení	Léto $\tau$	Léto $\phi$	Zima $\tau$	Zima $\phi$	Tepelné zisky	Tepelná ztráty	Vodní zisky	VZD na krytí tep. zisků	VZD na krytí tep. Ztrát	Přívod čerstvého vzduchu	Léto $\tau$	Zima $\tau$	Přívod VZD	Výměna vzduchu $n$	Přívod Fancoil	Odvod VZD		
			[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	n	[m <sup>3</sup> /h]	[°C]	[%]	[°C]	[%]	[W]	[W]	g/s	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[°C]	[°C]	[m <sup>3</sup> /h]	[h <sup>-1</sup> ]	[W]	[m <sup>3</sup> /h]		
Zóna č. 1 - nucené větrání																								
1	1.02	Vstupní hala	123,5	370,4	25	50	26	max. 55	18	min. 35	2250	1201	0,81	-	-	1250	25	22	1250	3,4	-	1010		
	1.15	WC	15,5	46,4	0	50:30	26		20		-	262	0,00	-	-	-	-	25	22	-	-	-	-	240
	2.01	Hala	68,4	205,1	15	50	25		20		1305	424	0,48	-	-	750	25	22	600	3,7	-	-	200	
	2.03	WC ženy	6,3	19,0	0	50:30	25		20		-	37	-	-	-	-	-	25	22	-	-	-	-	160
	2.04	Kuchyňka	13,7	41,1	3	50	25		20		883	241	-	-	-	-	-	25	22	150	-	-	-	150
	2.05	Kancelář	22,3	66,9	2	50	25		22		1438	477	0,06	-	-	100	25	22	100	1,5	1337	100	-	100
	2.06	Kancelář	28,4	85,3	5	50	25		22		1833	899	0,16	-	-	250	25	22	250	2,9	1580	250	-	250
	2.07	Kancelář	16,0	48,1	2	50	25		22		1034	441	0,06	-	-	100	25	22	100	2,1	933	100	-	100
	2.08	Kancelář	22,5	67,5	3	50	25		22		1400	672	0,10	-	-	150	25	22	150	2,2	1248	150	-	150
	2.09	Archiv	7,9	23,6	0	50	26		18		489	124	-	-	-	-	-	25	22	-	-	-	-	50
	2.10	WC muži	7,2	21,7	0	50:30	26		20		-	103	-	-	-	-	-	25	22	-	-	-	-	140
	2.11	Úklidová místnost	4,6	13,9	0	50	26		18		-	132	-	-	-	-	-	25	22	-	-	-	-	50
	2.12	Kancelář	18,6	55,9	2	50	25		22		1733	684	0,06	-	-	100	25	22	100	1,8	1632	100	-	100
											12365	5697					2700					2700		
Zóna č. 2 - vzduchová klimatizace																								
2	1.03	Promítací místnost	84,2	252,7	35	50	25	max. 55	20	min. 35	8472	976	1,13	8388	966	1750	22	23	1750	6,9	6704	1750		
	1.04	Denní místnost	42,0	126,1	16	50	25		20		2641	830	0,52	2615	822	800	22	23	800	6,3	-	-	800	
											11113	1806					2550					2550		

## 2.5 Distribuční elementy

Dle požadovaných průtoků vzduchu byly navrženy distribuční elementy od společnosti Mandík, a.s. Vzduch bude v řešených prostorech dopraven vířivými vyústěmi a talířovými ventily, které budou k potrubím připojeny ohebným potrubím. Do místností WC a úklidové místnosti bude přívod vzduchu zajištěn dveřními mřížkami, také od společnosti Mandík, a. s. Návrh všech distribučních elementů, přírodních i odvodních, je zahrnutý v kapitole 2.5.3.

### 2.5.1 Návrh distribučních prvků

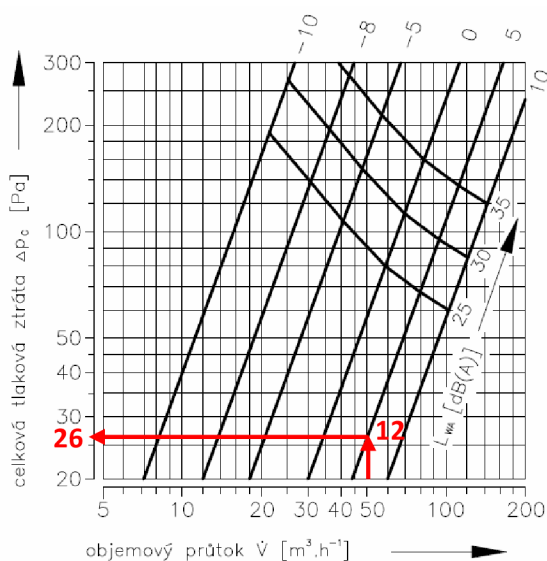
#### Návrh vířivé výústě VVM 500 (24 lamel) – hala 2.01



Obr. 24 Vířivá výúst [23]

Graf 3 Ukázka návrhu VVM 500 (24 lamel) pro místnost 2.01

#### Návrh odvodního talířového ventilu TVOM 100 – archiv 2.09



Obr. 25 Talířový ventil [24]

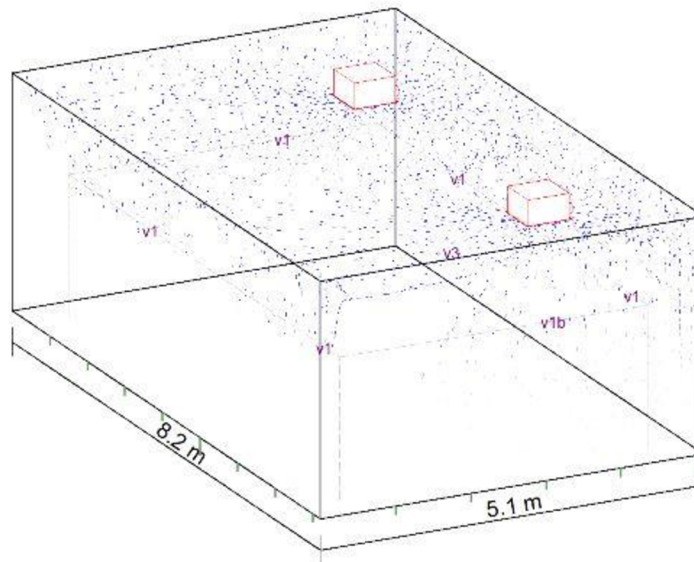
Graf 4 Ukázka návrhu TVOM 100 pro místnost 2.09



## 2.5.2 Distribuce vzduchu

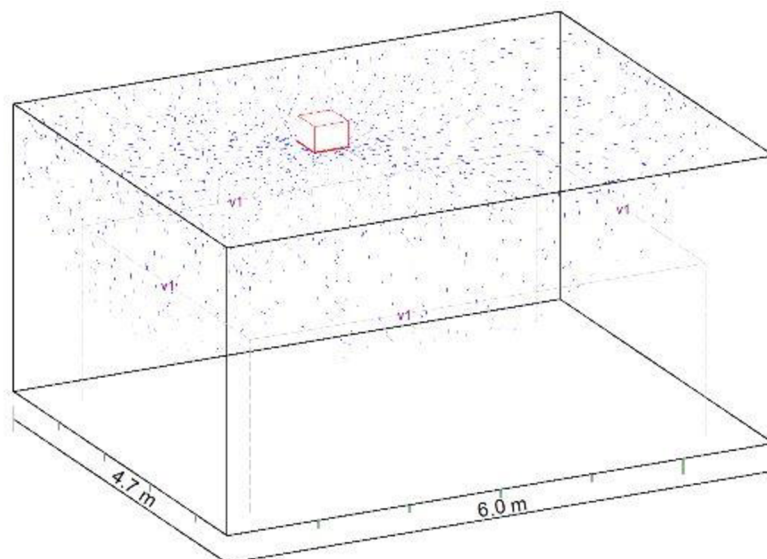
Níže jsou pro představu uvedeny dvě místnosti se znázorněným prouděním vzduchu z přírodních vířivých vyústí. Jedná se o denní místnost 1.04 a kancelář 2.06. Do softwaru Halton [21] byly zadány rozměry místností, průtok a teplota vzduchu a výška pobytové zóny.

### *Znázornění proudění vzduchu v místnosti 1.04 – denní místnost*



**Obr. 26** Model distribuce vzduchu pro místnost 1.04 – přívod

### *Znázornění proudění vzduchu v místnosti 2.06 – kancelář*



**Obr. 27** Model distribuce vzduchu pro místnost 2.06 – přívod

## 2.5.3 Distribuční elementy funkčních celků

Tab. 9 Návrh distribučních elementů

Návrh elementů																		
Číslo zařízení	Číslo místnosti	Účel místnosti	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem místnosti [m <sup>3</sup> ]	Použitý element	Přívod/Odvod	Celkový průtok [m <sup>3</sup> /h]		Označení výstřiky	Počet	Skut.průtok na 1 prvek V <sub>SKUT</sub> [m <sup>3</sup> /h]	Max. průtok na 1 prvek V <sub>MIN</sub> [m <sup>3</sup> /h]	Min. průtok na 1 prvek V <sub>MAX</sub> [m <sup>3</sup> /h]	Celková tlak. ztráta Δpc [Pa]	Hladina akust. vykonu L <sub>WA</sub> [dB]	výška od stropu H [m]	Vzd. mezi strop. a zónou pobytu H1 [m]	
							V <sub>CELK</sub>	V <sub>SKUT</sub>										
<b>Zóna č. 1 - nucené větrání</b>																		
1	1.02	Vstupní hala	123,47	370,41	Vířivá výúst	Přívod	1250	-	VVM 600 (24 lamel)	2	625	660	200	28	38	3	1,2	
						Odvod	1010	-	VVM 600 (24 lamel)	2	505	660	200	18	31	3	1,2	
	1.15	WC		15,47	46,41	Taliřový ventil	Přívod	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1,2	
							Odvod	240	-	TVOM 125	3	80	150	-	27	17	3	1,2
	2.01	Hala		68,35	205,05	Vířivá výúst	Přívod	600	-	VVM 500 (24 lamel)	2	300	420	140	16	30	3	1,2
							Odvod	200	-	VVM 400 (16 lamel)	1	200	320	100	13	25	3	1,2
	2.03	WC ženy		6,34	19,02	Taliřový ventil	Přívod	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1,2	
							Odvod	160	-	TVOM 125	2	80	150	-	27	17	3	1,2
	2.04	Kuchyňka		13,7	41,1	Vířivá výúst	Přívod	150	-	VVM 300 (8 lamel)	1	150	180	55	11	23	3	1,2
							Odvod	150	-	TVOM 100	2	75	90	-	31	16	3	1,2
	2.05	Kancelář		22,31	66,93	Vířivá výúst	Přívod	100	-	VVM 300 (8 lamel)	1	100	180	55	11	23	3	1,2
							Odvod	100	-	VVM 300 (8 lamel)	1	100	180	55	11	23	3	1,2
2.06	Kancelář		28,44	85,32	Vířivá výúst	Přívod	250	-	VVM 400 (16 lamel)	1	250	320	100	21	32	3	1,2	
						Odvod	250	-	VVM 400 (16 lamel)	1	250	320	100	21	32	3	1,2	
2.07	Kancelář		16,03	48,09	Vířivá výúst	Přívod	100	-	VVM 300 (8 lamel)	1	100	180	55	11	23	3	1,2	
						Odvod	100	-	VVM 300 (8 lamel)	1	100	180	55	11	23	3	1,2	
2.08	Kancelář		22,49	67,47	Vířivá výúst	Přívod	150	-	VVM 300 (8 lamel)	1	150	180	55	24	34	3	1,2	
						Odvod	150	-	VVM 300 (8 lamel)	1	150	180	55	24	34	3	1,2	
2.09	Archiv		7,85	23,55	Taliřový ventil	Přívod	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1,2		
						Odvod	50	-	TVOM 100	1	50	90	-	26	12	3	1,2	
2.10	WC muži		7,22	21,66	Taliřový ventil	Přívod	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1,2		
						Odvod	140	-	TVOM 100	2	70	90	-	28	15	3	1,2	
2.11	Úklid. místnost		4,64	13,92	Taliřový ventil	Přívod	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1,2		
						Odvod	50	-	TVOM 100	1	50	90	-	26	12	3	1,2	
2.12	Kancelář		18,62	55,86	Vířivá výúst	Přívod	100	-	VVM 300 (8 lamel)	1	100	180	55	11	23	3	1,2	
						Odvod	100	-	VVM 300 (8 lamel)	1	100	180	55	11	23	3	1,2	
<b>Zóna č. 2 - vzduchová klimatizace</b>																		
2	1.03	Promítací místn.	84,23	252,69	Vířivá výúst	Přívod	1750	-	VVM 600 (24 lamel)	3	583	660	200	26	36	3	1,2	
						Odvod	1750	-	VVM 600 (24 lamel)	3	583	660	200	26	36	3	1,2	
	1.04	Denní místnost	42,02	126,06	Vířivá výúst	Přívod	800	-	VVM 500 (24 lamel)	2	400	420	140	28	38	3	1,2	
						Odvod	800	-	VVM 500 (24 lamel)	2	400	420	140	28	38	3	1,2	

## 2.5.4 Chlazení

Vzduchotechnika v promítací místnosti 1.03 není schopna pokrýt veškeré tepelné zisky v letním období, proto jsou do místnosti navrženy dvě nástěnné jednotky od firmy TOSHIBA [28], které spolu s navrženou vzduchotechnikou zajistí v místnosti optimální podmínky.

Nástěnné jednotky byly navrženy také v kancelářích, kde budou sloužit v letním období k dochlazování místností a v zimním období je lze naopak použít k přitápění.

Jednotky byly navrženy na základě vypočteného potřebného chladicího výkonu u jednotlivých místností.

Tab. 10 Návrh nástěnných jednotek a chladicí výkony

Fancoily									
Č. zařízení	Č. místnosti	Účel místnosti	Plocha	Objem místnosti	Tep. zátěž (přívod)	Použitý element	Označení vyústky	Počet	Chlad. výkon
			[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	Q			[ks]	Q
					[W]				[W]
<b>Zóna č. 1 - nucené větrání</b>									
3	2.05	Kancelář	22,3	66,9	1337	Nástěnný přístroj série 7	MMK-AP0057HP-E	1	1700
	2.06	Kancelář	28,4	85,2	1580	Nástěnný přístroj série 7	MMK-AP0057HP-E	1	1700
	2.07	Kancelář	16,0	48,0	933	Nástěnný přístroj série 7	MMK-AP0057HP-E	1	1700
	2.08	Kancelář	22,5	67,5	1248	Nástěnný přístroj série 7	MMK-AP0057HP-E	1	1700
	2.12	Kancelář	18,6	55,8	1632	Nástěnný přístroj série 7	MMK-AP0057HP-E	1	1700
<b>Zóna č. 2 – vzduchová klimatizace</b>									
3	1.03	Promítací místnost	84,2	252,6	6704	Nástěnný přístroj série 7	MMK-AP0127HP-E	2	3600

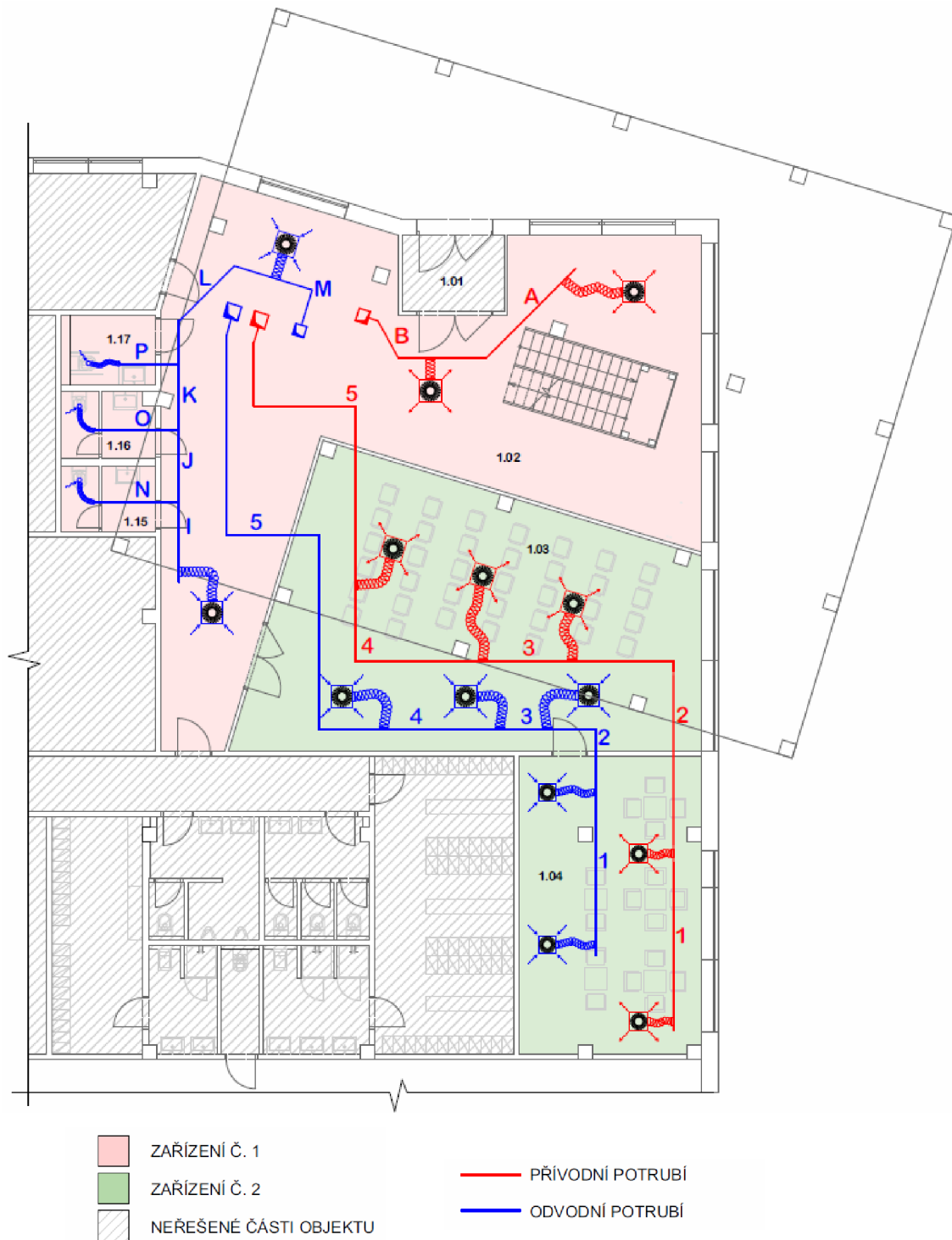


Obr. 28 Nástěnný přístroj série 7 [25]

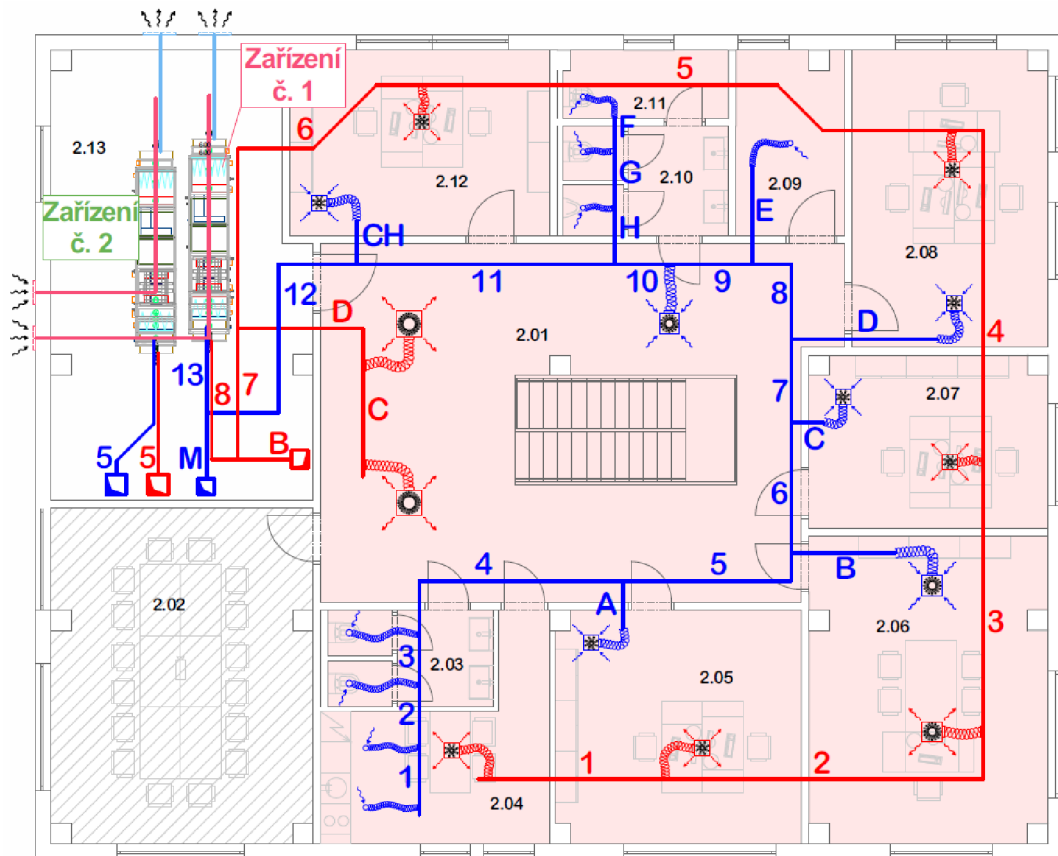
## 2.6 Dimenzování a tlakové ztráty v potrubí

Při stanovení tlakových ztrát byly zohledněny požární a regulační klapky, koncové elementy, tlumiče a protidešťové žaluzie.

### 2.6.1 Schéma rozvodů potrubí pro dimenzování



Obr. 29 Schéma dimenzování pro 1. NP



- PRÍVODNÍ POTRUBÍ
- ODVODNÍ POTRUBÍ
- ZAŘÍZENÍ Č. 1
- ZAŘÍZENÍ Č. 2
- NEŘEŠENÉ ČÁSTI OBJEKTU

Obr. 30 Schéma dimenzování pro 2. NP

## 2.6.2 Návrh dimenzí a stanovení tlakových ztrát

Tab. 11 Dimenzování přívodního potrubí – zařízení č. 1

ZAŘÍZENÍ Č.1															
HLAVNÍ VĚTEV															
Z výkresu				Hodnoty										Σ Tlak. ztráta	
				Předběžné			Skutečné - vypočítané								
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku	Průtok vzduchu v úseku	Délka úseku	Předběžná rychlost	Předběžná průtočná plocha	Předběžný průměr kruhového potrubí	Rozeř stran potrubí - výška	Rozeř stran potrubí - šířka	Skutečná průtočná plocha	Skutečný průměr kruhového potrubí	Skutečná rychlost	Měrná tlaková ztráta	Součinitel vřazených odporů tvarovek	Tlaková ztráta místními odpory	Celková tlaková ztráta úseku
u	V	V	L	v'	S'	d'	A	B	S	d	v	R	ξ	Z	Z+R.L
-	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m/s]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	-	[Pa]	[Pa]
1	150	0,04	3,4	2,50	0,017	0,15	180	160	0,029	0,169	1,447	0,31	0,6	0,75	1,81
2	250	0,07	7,3	2,80	0,025	0,18	180	200	0,036	0,189	1,929	0,45	1,2	2,68	5,96
3	500	0,14	5,3	3,10	0,045	0,24	280	200	0,056	0,233	2,480	0,45	0,6	2,21	4,60
4	600	0,17	7,2	3,40	0,049	0,25	280	225	0,063	0,250	2,646	0,67	1,2	5,04	9,88
5	750	0,21	10,7	3,70	0,056	0,27	280	250	0,070	0,264	2,976	0,67	1,2	6,38	13,57
6	850	0,24	7,5	4,00	0,059	0,27	280	250	0,070	0,264	3,373	0,67	1,5	10,24	15,26
7	1450	0,40	1,8	4,50	0,090	0,34	280	400	0,112	0,329	3,596	0,67	1,8	13,97	15,17
8	2700	0,75	5,1	5,00	0,150	0,44	400	400	0,160	0,400	4,688	1,00	2,4	31,64	36,74
														Σ	103
														Koncový element	27
														Regulační klapka	25
														Požární klapka	35
														Tlumič	50
														Protidešťová žaluzie - sání	20
														Σ	260

VEDLEŠÍ VĚTVE											
Z výkresu				Hodnoty							
				Předběžné			Skutečné - vypočítané				
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku	Průtok vzduchu v úseku	Délka úseku	Předběžná rychlost	Předběžná průtočná plocha	Předběžný průměr kruhového potrubí	Rozeř stran potrubí - výška	Rozeř stran potrubí - šířka	Skutečná průtočná plocha	Skutečná rychlost	
u	V	V	L	v'	S'	d'	A	B	S	v	
-	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m/s]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	
A	625	0,17	4,7	2,50	0,069	0,30	315	280	0,088	1,968	
B	1250	0,35	6,6	3,50	0,099	0,36	315	355	0,112	3,105	
C	300	0,08	1,9	2,00	0,042	0,23	250	180	0,045	1,852	
D	600	0,17	2,9	3,00	0,056	0,27	250	250	0,063	2,667	

Tab. 12 Dimenzování odvodního potrubí – zařízení č. 1

ZAŘÍZENÍ Č. 1															
HLAVNÍ VĚTEV															
Z výkresu				Hodnoty										Σ Tlak. ztráta	
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku	Průtok vzduchu v úseku	Délka úseku	Předběžné			Skutečné - vypočítané							Tlaková ztráta místními odpory	Celková tlaková ztráta úseku
				Předběžná rychlost	Předběžná průtočná plocha	Předběžný průměr kruhového potrubí	Rozměr stran potrubí - výška	Rozměr stran potrubí - šířka	Skutečná průtočná plocha	Skutečný průměr kruhového potrubí	Skutečná rychlost	Měrná tlaková ztráta	Součinitel vázaných odporů tvarovek		
u	V	V	L	v'	S'	d'	A	B	S	d	v	R	ξ	Z	Z+R.L
-	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m/s]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	-	[Pa]	[Pa]
1	75	0,02	1,2	2,00	0,010	0,115	125	100	0,013	0,111	1,667	0,45	0,6	1,00	1,53
2	150	0,04	1,3	2,30	0,018	0,152	125	160	0,020	0,140	2,083	1,00	0,6	1,56	2,83
3	230	0,06	1,0	2,50	0,026	0,180	160	160	0,026	0,160	2,496	1,00	0,6	2,24	3,24
4	310	0,09	4,9	2,70	0,032	0,202	200	160	0,032	0,178	2,691	1,00	1,2	5,21	10,11
5	410	0,11	7,1	3,00	0,038	0,220	200	200	0,040	0,200	2,847	1,00	1,2	5,84	12,89
6	660	0,18	3,6	3,20	0,057	0,270	315	200	0,063	0,245	2,910	0,67	0,6	3,05	5,46
7	760	0,21	1,7	3,40	0,062	0,281	315	225	0,071	0,263	2,979	0,67	0,6	3,19	4,33
8	910	0,25	1,7	3,70	0,068	0,295	355	225	0,080	0,275	3,165	1,00	1,2	7,21	8,88
9	960	0,27	1,4	3,90	0,068	0,295	355	225	0,080	0,275	3,339	1,00	0,3	2,01	3,41
10	1160	0,32	1,1	4,10	0,079	0,316	400	225	0,090	0,288	3,580	0,67	0,6	4,61	5,35
11	1350	0,38	5,3	4,50	0,083	0,326	400	250	0,100	0,308	3,750	1,00	0,6	5,06	10,36
12	1450	0,40	4,8	4,80	0,084	0,327	400	250	0,100	0,308	4,028	1,00	2,7	26,28	31,08
13	2700	0,75	4,3	5,00	0,150	0,437	400	400	0,160	0,400	4,688	1,00	1,8	23,73	28,03
														Σ	128

Koncový element	31
Regulační klapka	25
Požární klapka	35
Tlumič	50
Protidešťová žaluzie - výfuk	20
Σ	289

VEDLEJŠÍ VĚTVE											
Z výkresu				Hodnoty							
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku	Průtok vzduchu v úseku	Délka úseku	Předběžné			Skutečné - vypočítané				
				Předběžná rychlost	Předběžná průtočná plocha	Předběžný průměr kruhového potrubí	Rozměr stran potrubí - výška	Rozměr stran potrubí - šířka	Skutečná průtočná plocha	Skutečná rychlost	
u	V	V	L	v'	S'	d'	A	B	S	v	
-	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m/s]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[m/s]	
A	100	0,03	0,9	2,00	0,014	0,13	ø 180		0,025	1,092	
B	250	0,07	2,1	2,00	0,035	0,21	ø 200		0,031	2,212	
C	100	0,03	0,6	2,20	0,013	0,13	ø 180		0,025	1,092	
D	150	0,04	2,9	2,20	0,019	0,16	ø 180		0,025	1,638	
E	50	0,01	1,9	2,40	0,006	0,09	ø 125		0,012	1,132	
F	50	0,01	0,6	2,60	0,005	0,08	ø 125		0,012	1,132	
G	120	0,03	1,1	2,80	0,012	0,12	ø 125		0,012	2,718	
H	190	0,05	1,1	3,00	0,018	0,15	ø 160		0,020	2,626	
CH	100	0,03	0,9	3,50	0,008	0,10	ø 180		0,025	1,092	
I	505	0,14	1,9	2,50	0,056	0,27	315	200	0,063	2,227	
J	585	0,16	2,0	2,90	0,056	0,27	315	225	0,071	2,293	
K	665	0,18	1,8	3,30	0,056	0,27	315	225	0,071	2,606	
L	745	0,21	4,2	3,70	0,056	0,27	315	250	0,079	2,628	
M	1250	0,35	5,8	4,10	0,085	0,33	315	315	0,099	3,499	
N	80	0,02	2,3	2,00	0,011	0,12	ø 160		0,020	1,106	
O	80	0,02	2,3	2,00	0,011	0,12	ø 160		0,020	1,106	
P	80	0,02	1,6	2,00	0,011	0,12	ø 160		0,020	1,106	

Tab. 13 Dimenzování přívodního potrubí – zařízení č. 2

ZAŘÍZENÍ Č.2																
HLAVNÍ VĚTEV																
Z výkresu				Hodnoty										Σ Tlak. ztráta		
				Předběžné			Skutečné - vypočítané									
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku	Průtok vzduchu v úseku	Délka úseku	Předběžná rychlost	Předběžná průtočná plocha	Předběžný průměr kruhového potrubí	Rozměr stran potrubí - výška	Rozměr stran potrubí - šířka	Skutečná průtočná plocha	Skutečný průměr kruhového potrubí	Skutečná rychlost	Měrná tlaková ztráta	Součinitel vřazených odporů tvarovek	Tlaková ztráta místními odpory	Celková tlaková ztráta úseku	
u	V	V	L	v'	S'	d'	A	B	S	d	v	R	ξ	Z	Z+R.L	
-	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m/s]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	-	[Pa]	[Pa]	
1	400	0,11	4,6	2,00	0,056	0,27	355	180	0,064	0,239	1,739	0,31	0,6	1,09	2,51	
2	800	0,22	7,9	2,70	0,082	0,32	355	250	0,089	0,293	2,504	0,45	1,2	4,51	8,07	
3	1383	0,38	2,5	3,40	0,113	0,38	355	355	0,126	0,355	3,048	0,67	0,6	3,35	5,02	
4	1966	0,55	5,9	4,10	0,133	0,41	400	355	0,142	0,376	3,846	0,67	1,2	10,65	14,60	
5	2549	0,71	16,3	4,80	0,148	0,43	400	400	0,160	0,400	4,425	1,00	4,2	49,35	65,65	
Σ															96	
Koncový element															28	
Regulační klapka															25	
Požární klapka															35	
Tlumič															50	
Sání - protidešťová žaluzie															20	
Σ															254	

Tab. 14 Dimenzování odvodního potrubí – zařízení č. 2

ZAŘÍZENÍ Č.2																
HLAVNÍ VĚTEV																
Z výkresu				Hodnoty										Σ Tlak. ztráta		
				Předběžné			Skutečné - vypočítané									
Pořadové číslo úseku potrubí	Průtok vzduchu v úseku	Průtok vzduchu v úseku	Délka úseku	Předběžná rychlost	Předběžná průtočná plocha	Předběžný průměr kruhového potrubí	Rozměr stran potrubí - výška	Rozměr stran potrubí - šířka	Skutečná průtočná plocha	Skutečný průměr kruhového potrubí	Skutečná rychlost	Měrná tlaková ztráta	Součinitel vřazených odporů tvarovek	Tlaková ztráta místními odpory	Celková tlaková ztráta úseku	
u	V	V	L	v'	S'	d'	A	B	S	d	v	R	ξ	Z	Z+R.L	
-	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m/s]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	-	[Pa]	[Pa]	
1	400	0,11	4,2	2,00	0,056	0,27	355	180	0,064	0,239	1,739	0,31	0,6	1,09	2,39	
2	800	0,22	3,0	2,70	0,082	0,32	355	250	0,089	0,293	2,504	0,45	1,2	4,51	5,86	
3	1383	0,38	1,3	3,40	0,113	0,38	355	355	0,126	0,355	3,048	0,67	0,6	3,35	4,22	
4	1966	0,55	3,2	4,10	0,133	0,41	400	355	0,142	0,376	3,846	0,67	0,6	5,32	7,47	
5	2549	0,71	22,0	4,80	0,148	0,43	400	400	0,160	0,400	4,425	1,00	4,8	56,40	78,40	
Σ															98	
Koncový element															28	
Regulační klapka															25	
Požární klapka															35	
Tlumič															50	
Výfuk - Protidešťová žaluzie															20	
Σ															256	



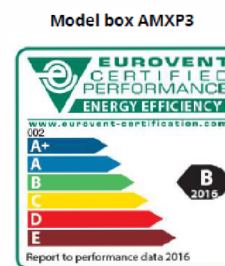
## 2.7 Návrh vzduchotechnických jednotek

Vzduchotechnické jednotky byly navrženy v návrhovém softwaru firmy Rekak, a. s., AeroCAD [22]. Obě jsou typu AeroMaster XP 06 a jsou umístěny ve strojovně vzduchotechniky ve druhém nadzemním podlaží. V obou případech se jedná o sestavnou klimatizační jednotku určenou pro standartní používání.

### 2.7.1 Vzduchotechnická jednotka č. 1

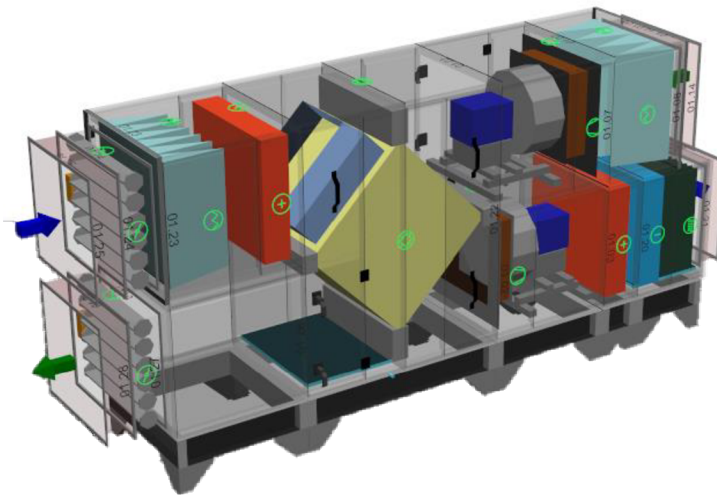
#### STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Základní parametry zařízení									
Druh, rozměr	AeroMaster XP 06								
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne								
Hmotnost (+-10%)	930 kg								
Umístění VZT jednotky	Vnitřní								
Materiálové provedení									
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)								
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech								
	Přívod	Odvod							
Průtok vzduchu	2700 m <sup>3</sup> /h	2700 m <sup>3</sup> /h							
Externí tlaková rezerva	260 Pa	305 Pa							
Rychlost v průřezu	1.65 m/s	1.65 m/s							
Výkon motoru nominální	1.10 kW	1.10 kW							
Typ motoru ventilátoru	AC motor	AC motor							
Frekv. měnič součást dodávky	Ano (IP21)	Ano (IP21)							
1. stupeň filtrace	M5 / ISO ePM 10 >60%	G3 / ISO Coarse 50 %							
2. stupeň filtrace	-	-							
SFP <sub>w</sub>	1182 W.m <sup>3</sup> .s	1115 W.m <sup>3</sup> .s							
		Parametry pláště dle EN1886							
		Mechanická stabilita D2(M)							
		Netěsnost skříně L1(R)							
		Termická izolace T4(M)							
		Faktor tepelných mostů TB3(M)							
SFP <sub>vahu</sub>	2297 W.m <sup>3</sup> .s	Netěsnost mezi filtrem a rámem < 0,5 % (F9)							
Nejdůležitější parametry vybraných komponentů									
	Na straně vzduchu		Na straně média						
Přehřev	-18,4 → -5,0 °C	13,3 kW	70/21 °C, Voda, 1,5 kPa, 0,23 m <sup>3</sup> /h						
Zpětný zisk tepla	-5,0 → 17,0 °C	81 %, 18,8 kW							
Ohřev	17,0 → 22,0 °C	4,3 kW	70/41 °C, Voda, 0,1 kPa, 0,13 m <sup>3</sup> /h, 1 "						
Chlazení	32,9 → 25,0 °C	7,0 kW	6/17 °C, Voda, 2,3 kPa, 0,53 m <sup>3</sup> /h, 1 "						
<i>Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení</i>									
Hlukové parametry zařízení									
	LwA <sub>okt</sub> [dB(A)]							ΣLwA [dB(A)]	
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	33	39	53	55	52	48	41	33	59
Přívod - výtlač	42	50	66	70	77	72	65	57	79
Přívod - okolí	35	35	48	45	50	46	42	30	54
Odvod - sání	37	45	61	65	66	65	62	54	71
Odvod - výtlač	38	44	57	60	66	60	53	44	68
Odvod - okolí	34	34	47	44	50	45	41	29	54



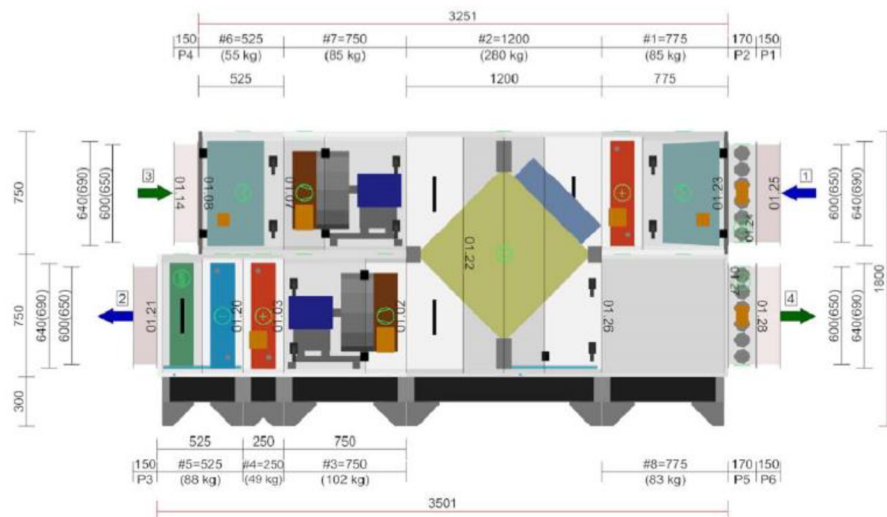
Obr. 31 Vzduchotechnické zařízení č. 1 – základní informace

**Axonometrický pohled na zařízení**

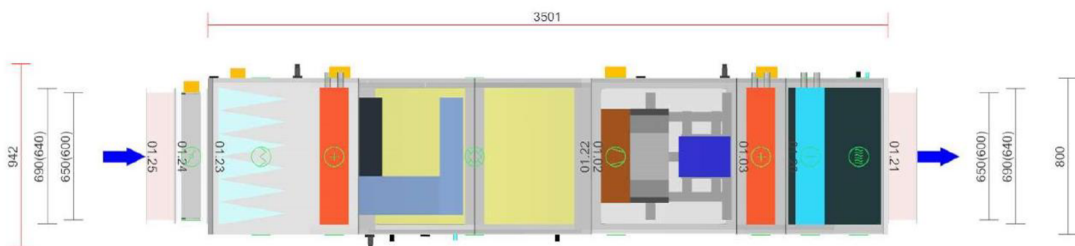


**Bokorys servisní strany**

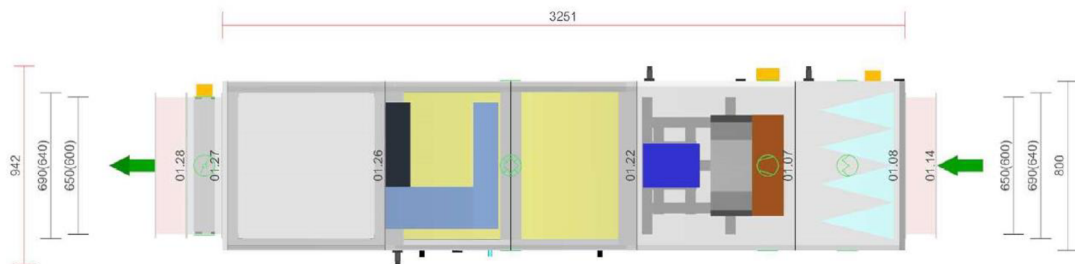
Číslování větví: 1 - venkovní vzduch, 2 - přírodní vzduch, 3 - odtahový vzduch, 4 - odpadní vzduch, 5 - cirkulační vzduch



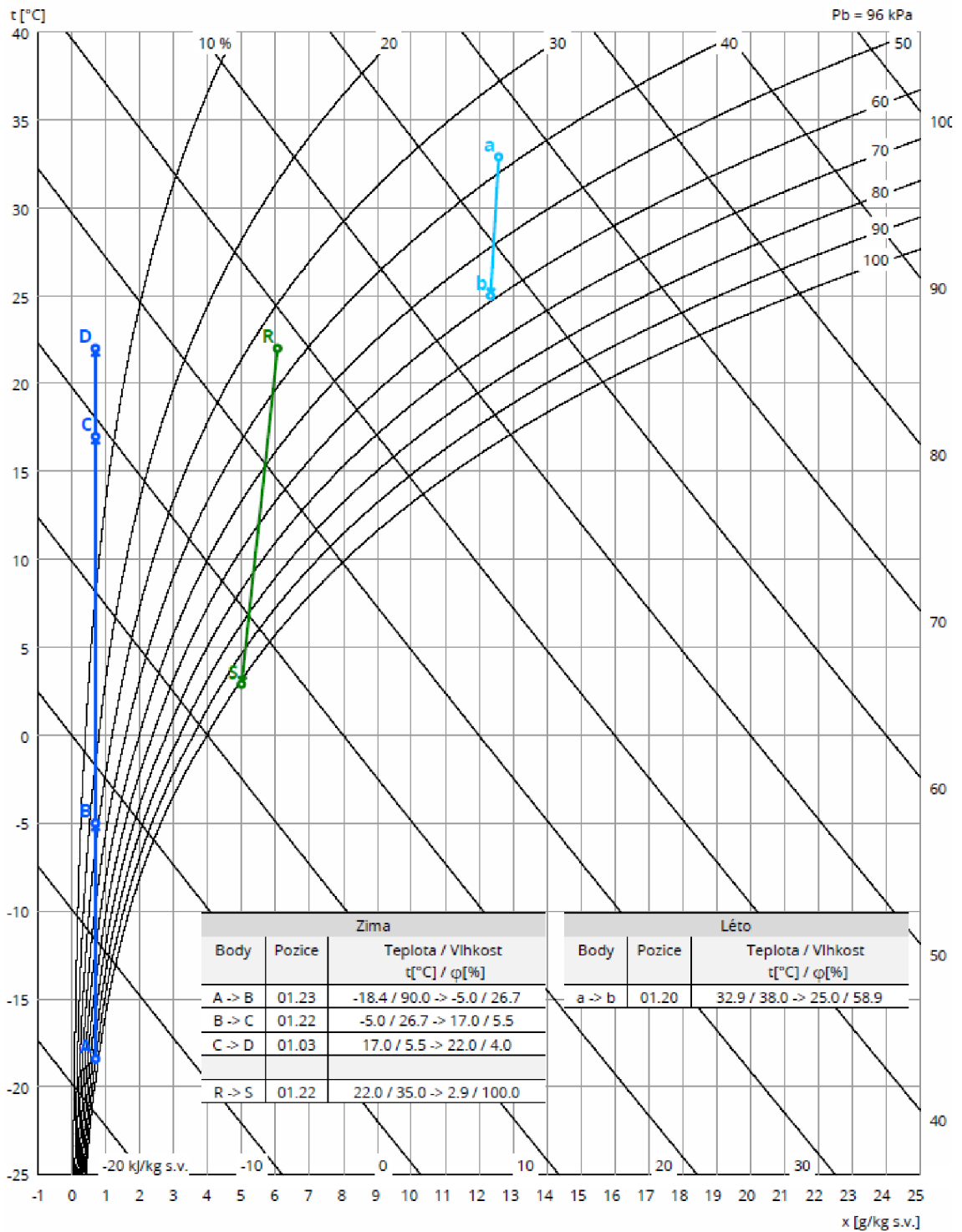
**Půdorys přírodní větve**



**Půdorys odtahové větve**



**Obr. 32** Vzduchotechnické zařízení č. 1 – grafické pohledy (axon. pohled, bokorys, půdorys)



Tmavě modrá (zima): A – teplota exteriéru, B – předehřev, C – teplota na ZZT, D – teplota za ohřivačem  
 Zelená (zima): R – teplota interiéru, S – teplota za ZZT (teplota odpadního vzduchu)  
 Světle modrá (léto): a – teplota exteriéru, b – teplota interiéru

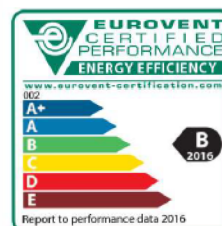
Obr. 33 Vzduchotechnické zařízení č. 1 - Psychrometrický diagram

## 2.7.2 Vzduchotechnická jednotka č. 2

### STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

Základní parametry zařízení		
Druh, rozměr	AeroMaster XP 06	
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne	
Hmotnost (+/-10%)	934 kg	
Umístění VZT jednotky	Vnitřní	
Materiálové provedení		
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)	
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech	
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	2549 m <sup>3</sup> /h	2549 m <sup>3</sup> /h
Externí tlaková rezerva	254 Pa	257 Pa
Rychlost v průřezu	1,56 m/s	1,56 m/s
Výkon motoru nominální	1,10 kW	1,10 kW
Typ motoru ventilátoru	AC motor	AC motor
Frekv. měnič součást dodávky	Ano (IP21)	Ano (IP21)
1. stupeň filtrace	M5 / ISO ePM 10 >60%	G3 / ISO Coarse 50 %
2. stupeň filtrace	-	-
SFP <sub>in</sub>	1145 W.m <sup>3</sup> .s	1015 W.m <sup>3</sup> .s
	Parametry pláště dle EN1886	
	Mechanická stabilita	D2(M)
	Netěsnost skříně	L1(R)
	Termická izolace	T4(M)
	Faktor tepelných mostů	TB3(M)
	Netěsnost mezi filtrem a rámem	< 0,5 % (F9)
SFP <sub>VAHU</sub>	2161 W.m <sup>3</sup> .s	

#### Model box AMXP3



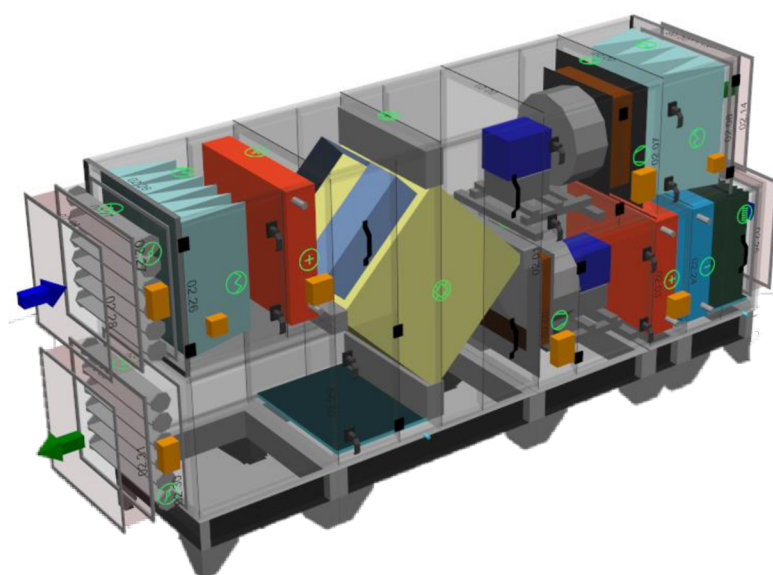
### Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média
Přehřev	-18,4 → -0,0 °C	17,2 kW	70/36 °C, Voda, 4,3 kPa, 0,44 m <sup>3</sup> /h
Zpětný zisk tepla	-0,0 → 16,2 °C	81 %, 13,2 kW	
Ohřev	16,2 → 23,0 °C	5,6 kW	70/45 °C, Voda, 0,2 kPa, 0,20 m <sup>3</sup> /h, 1 "
Chlazení	32,9 → 22,0 °C	9,3 kW	7/16 °C, Voda, 2,0 kPa, 0,90 m <sup>3</sup> /h, 1 "

Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení

### Hlukové parametry zařízení

	LwAokt [dB(A)]								ΣLwA [dB(A)]
Oktávové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	33	38	52	54	51	47	40	32	58
Přívod - výtlač	41	49	65	68	75	70	64	56	78
Přívod - okolí	35	34	47	44	50	45	41	29	54
Odvod - sání	36	44	60	64	65	64	61	53	70
Odvod - výtlač	37	43	57	59	65	59	52	43	67
Odvod - okolí	33	33	47	43	49	44	40	27	53

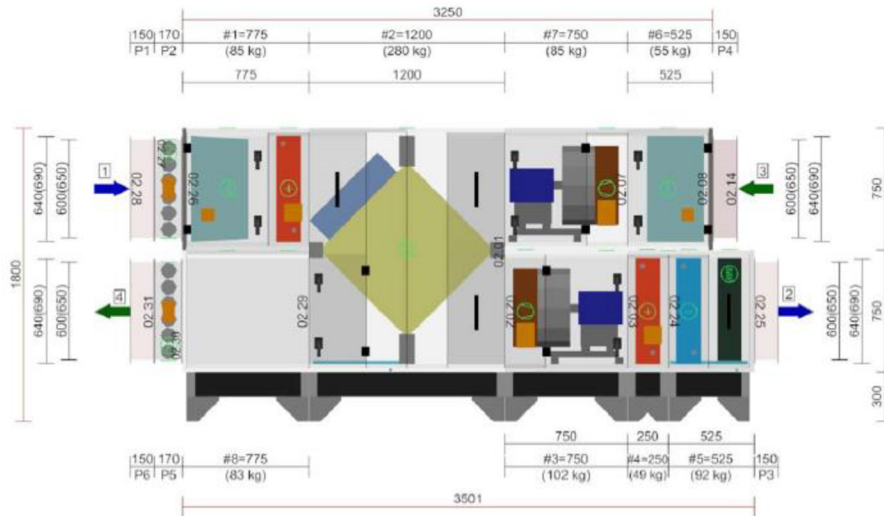


Obr. 34 Vzduchotechnické zařízení č. 2 – základní informace, axonometrický pohled

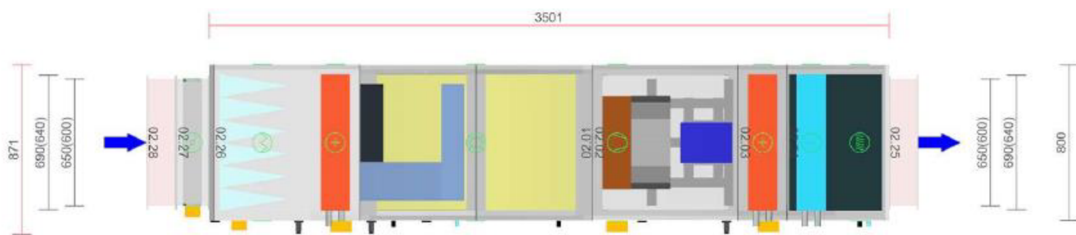
**GRAFICKÉ POHLEDY**

**Bokorys servisní strany**

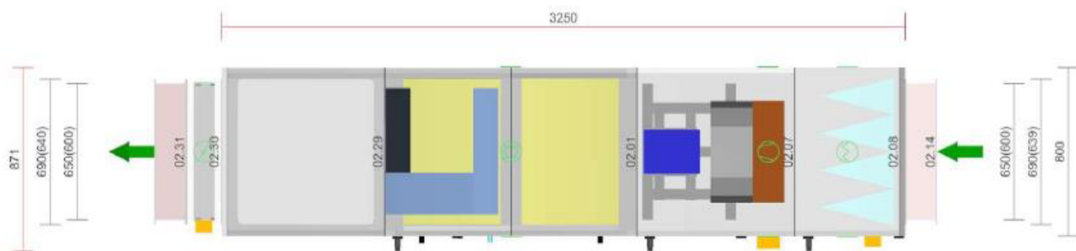
Číslování větví: 1 - venkovní vzduch, 2 - přívodní vzduch, 3 - odtahový vzduch, 4 - odpadní vzduch, 5 - cirkulační vzduch



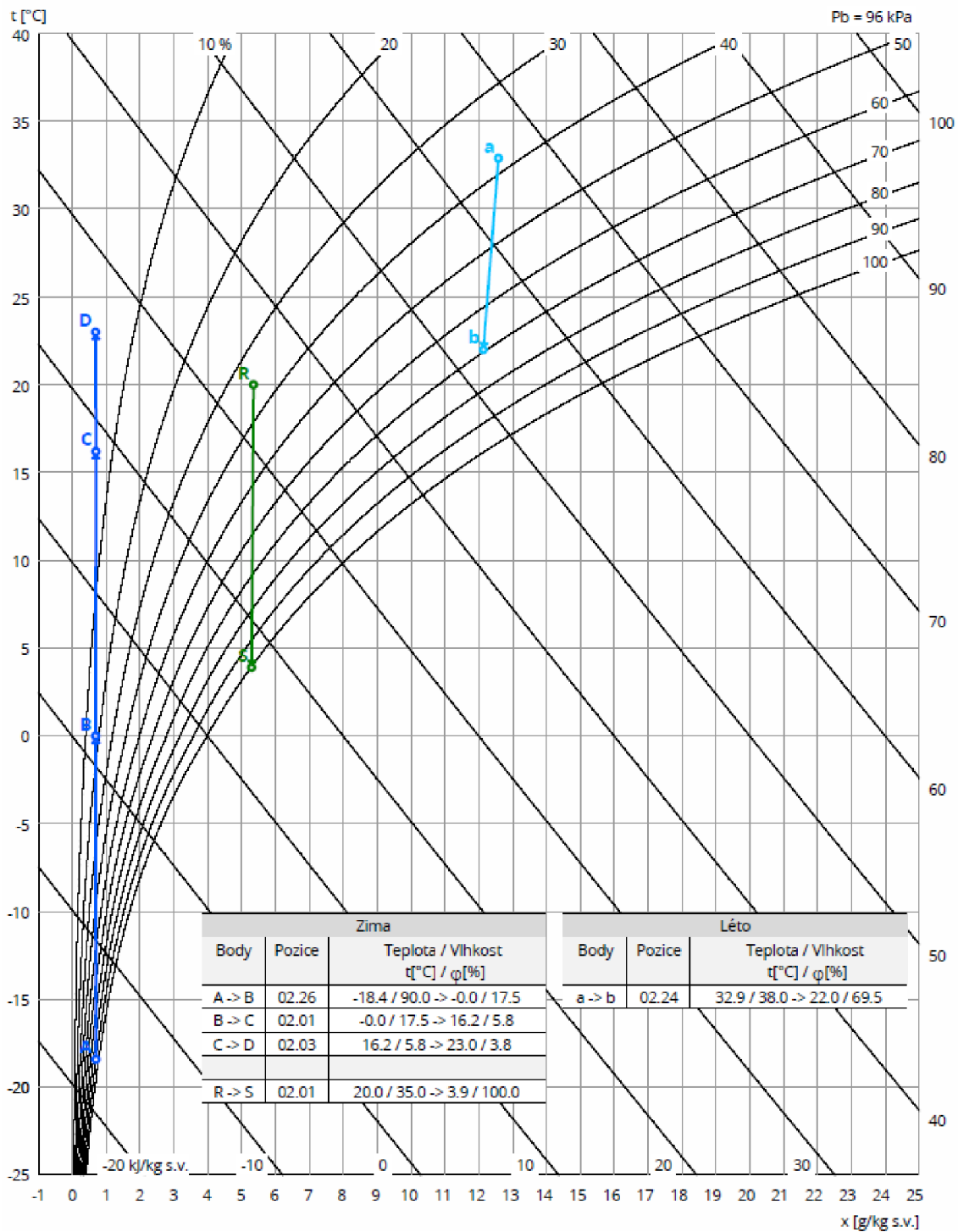
**Půdorys přívodní větve**



**Půdorys odtahové větve**



**Obr. 35** Vzduchotechnické zařízení č. 2 – grafické pohledy (bokorys, půdorysy)



*Tmavě modrá (zima): A – teplota exteriéru, B – předehřev, C – teplota na ZZT, D – teplota za ohřivačem*

*Zelená (zima): R – teplota interiéru, S – teplota za ZZT (teplota odpadního vzduchu)*

*Světle modrá (léto): a – teplota exteriéru, b – teplota interiéru*

**Obr. 36** Vzduchotechnické zařízení č. 2 - Psychrometrický diagram

### 2.7.3 Klimatizace vybraných místností (jednotka č. 3)

Pro chlazení vybraných místností byla navržena kompaktní 2vodičová venkovní jednotka VRF pro chlazení a topení Toshiba, typ: MiNi SMMS-e – 22,40 kW – R410A, MCY-MHP0806HS8-E.



Obr. 37 Venkovní jednotka MiNi SMMS-e [26]

## 2.8 Útlum hluku

### 2.8.1 Útlum hluku pro zařízení č. 1 (interiér)

Tab. 15 Útlum hluku na straně interiéru pro zařízení č. 1 – přívod (výtlak)

Zařízení č. 1 - přívod (výtlak)										
Ozn.	Šíření hluku od ventilátoru do místnosti	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktaových pásmech								
f	Frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
L <sub>vv</sub>	Hluk ventilátoru	42	50	66	70	77	72	65	57	79
D <sub>p</sub>	<b>Přirozený útlum</b>									
	Rovné potrubí 9,5 m	0,0	5,7	4,3	2,9	1,9	1,9	1,9	1,9	
	Rovné potrubí 4,1 m	0,0	2,5	1,2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
	Oblouky 5 ks	0,0	0,0	0,0	5,0	10,0	15,0	15,0	15,0	
	Odbočka z hlavní větve	0,0	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	
	Odbočka k vyústce	0,0	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	
	Útlum koncovým odrazem	13,6	8,4	4,2	1,6	0,5	0,1	0,0	0,0	
	Ohebné potrubí 0,5 m	5,3	8,8	11,5	9,5	7,5	5,5	7,0	4,3	
L <sub>w</sub>	Hluk ve vyústce	23,2	13,4	33,5	39,1	45,2	37,5	29,1	23,9	47
L <sub>1</sub>	Vlastní hluk vyústky									23
L <sub>S</sub>	Hluk vystupující z vyústky									47
K <sub>1</sub>	Korekce na počet vyústek 1 ks									0
L	Hluk všech přívodních vyústek									47
	Předeps. hodnota hladiny akust. tlaku v místn.									40
L <sub>w</sub>	Hluk ve vyústce (bez tlumiče)	23,2	13,4	33,5	39,1	45,2	37,5	29,1	23,9	47
	Útlum tlumiče hluku	3,0	6,0	13,0	50,0	26,0	22,0	15,0	11,0	
L <sub>w</sub>	Hluk ve vyústce (s tlumičem)	20,2	7,4	20,5	-10,9	19,2	15,5	14,1	12,9	25
L <sub>1</sub>	Vlastní hluk vyústky									23
L <sub>S</sub>	Hluk vystupující z vyústky									27
K <sub>1</sub>	Korekce na počet vyústek 1 ks									0
L	Hluk všech přívodních vyústek									27

Tab. 16 Útlum hluku na straně interiéru pro zařízení č. 1 – odvod (sání)

Zařízení č. 1 - odvod (sání)										
Ozn.	Šíření hluku od ventilátoru do místnosti	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktaových pásmech								
f	Frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
L <sub>vv</sub>	Hluk ventilátoru	37	45	61	65	66	65	62	54	71
D <sub>p</sub>	<b>Přirozený útlum</b>									
	Rovné potrubí 0,8 m	0,0	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
	Rovné potrubí 4,8 m	0,0	2,9	2,2	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	
	Rovné potrubí 3,0 m	0,0	1,8	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
	Oblouky 6 ks	0,0	0,0	0,0	6,0	12,0	18,0	18,0	18,0	
	Odbočka z hlavní větve	0,0	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	
	Odbočka k vyústce	0,0	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	
	Útlum koncovým odrazem	13,6	8,4	4,2	1,6	0,5	0,1	0,0	0,0	
	Ohebné potrubí 0,9 m	9,5	15,8	20,7	17,1	13,5	9,9	12,6	7,7	
L <sub>w</sub>	Hluk ve vyústce	14,0	4,7	21,7	27,2	27,4	24,4	18,8	15,8	32
L <sub>1</sub>	Vlastní hluk vyústky									23
L <sub>S</sub>	Hluk vystupující z vyústky									33
K <sub>1</sub>	Korekce na počet vyústek 1 ks									0
L	Hluk všech přívodních vyústek									33
	Předeps. hodnota hladiny akust. tlaku v místn.									40
L <sub>w</sub>	Hluk ve vyústce (bez tlumiče)	14,0	4,7	21,7	27,2	27,4	24,4	18,8	15,8	32
	Útlum tlumiče hluku	3,0	6,0	13,0	50,0	26,0	22,0	15,0	11,0	
L <sub>w</sub>	Hluk ve vyústce (s tlumičem)	11,0	-1,3	8,7	-22,8	1,4	2,4	3,8	4,8	12
L <sub>1</sub>	Vlastní hluk vyústky									23
L <sub>S</sub>	Hluk vystupující z vyústky									23
K <sub>1</sub>	Korekce na počet vyústek 1 ks									0
L	Hluk všech přívodních vyústek									23



### **Výpočet hladiny akustického tlaku od zařízení č. 1 v místnosti kancelář 2.12**

Hluk přívodního a odvodního potrubí:

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 47} + 10^{0,1 \cdot 33}) = 47 \text{ dB} \quad (2.1)$$

Celková pohltivá plocha, kde  $\alpha = 0,2$  (absorpce hluku do ploch v místnosti):

$$A = \alpha \cdot S = 0,2 \cdot 89,74 = 17,95 \text{ m}^2 \quad (2.2)$$

Vzdálenost posluchače od zdroje hluku:

$$r = 3,0 - 1,8 = 1,2 \text{ m} \quad (2.3)$$

Skutečná hladina akustického tlaku v místě posluchače, kde  $Q = 2$  (směrový činitel):

$$L_p = L_{W,S} + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{A}\right) = 47 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 1,2^2} + \frac{4}{17,95}\right) = 42,2 \text{ dB} \quad (2.4)$$

Pro daný účel místnosti je přípustná hladina 40 dB. Potrubní síť bez tlumičů nevyhovuje a je nutné navrhnout tlumič hluku do potrubí. Byl tedy navržen čtyřhranný přímý kulisový tlumič hluku Lindab – SLRS 200 100 600 600 750 [27] na přívodní i odvodní potrubí.

Akustické poměry s tlumičem se v potrubí změní následovně:

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 27} + 10^{0,1 \cdot 23} + 10^{0,1 \cdot 33}) = 34,5 \text{ dB} \quad (2.5)$$

$$L_p = 34,5 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 1,2^2} + \frac{4}{17,95}\right) = 30 \text{ dB} \quad (2.6)$$

Z důvodu dodržení rychlosti proudění vzduchu byl průřez potrubí zvětšen na 600 x 600 mm.

Plocha potrubí v tlumiči:

$$A_p = 0,6 \times 0,1 \times 2 = 0,12 \text{ m}^2 \quad (2.7)$$

Rychlost vzduchu v potrubí:

$$w = \frac{V}{3600 \cdot A_p} = \frac{2700}{3600 \cdot 0,12} = 6,25 \text{ m/s} \quad (2.8)$$

## 2.8.2 Útlum hluku pro zařízení č. 2 (interiér)

Tab. 17 Útlum hluku na straně interiéru pro zařízení č. 2 – přívod (výtlak)

Zařízení č. 2 - přívod (výtlak)										
ozn.	Šíření hluku od ventilátoru do místnosti	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech								
f	Frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
L <sub>vv</sub>	Hluk ventilátoru	41	49	65	68	75	70	64	56	78
D <sub>p</sub>	<b>Přirozený útlum</b>									
	Rovné potrubí 13,7 m	0,0	8,2	4,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
	Obložky 6 ks	0,0	0,0	0,0	6,0	12,0	18,0	18,0	18,0	
	Odbočka k vyústce	0,0	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	
	Útlum koncovým odrazem	8,4	4,2	1,6	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	
	Ohebné potrubí 1,2 m	10,2	18,0	22,8	19,2	15,0	10,8	13,8	8,4	
L <sub>w</sub>	Hluk ve vyústce	22,4	12,7	30,6	34,4	39,9	33,2	24,2	21,6	42
L <sub>1</sub>	Vlastní hluk vyústky									23
L <sub>S</sub>	Hluk vystupující z vyústky									42
K <sub>1</sub>	Korekce na počet vyústek 3 ks									5
L	Hluk všech přívodních vyústek									47
	Předeps. hodnota hladiny akust. tlaku v místn.									40
L <sub>w</sub>	Hluk ve vyústce (bez tlumiče)	22,4	12,7	30,6	34,4	39,9	33,2	24,2	21,6	42
	Útlum tlumiče hluku	3,0	6,0	13,0	50,0	26,0	22,0	15,0	11,0	
L <sub>w</sub>	Hluk ve vyústce (s tlumičem)	19,4	6,7	17,6	-15,6	13,9	11,2	9,2	10,6	21
L <sub>1</sub>	Vlastní hluk vyústky									23
L <sub>S</sub>	Hluk vystupující z vyústky									25
K <sub>1</sub>	Korekce na počet vyústek 3 ks									5
L	Hluk všech přívodních vyústek									30

Tab. 18 Útlum hluku na straně interiéru pro zařízení č. 2 – odvod (sání)

Zařízení č. 2 - odvod (sání)										
ozn.	Šíření hluku od ventilátoru do místnosti	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech								
f	Frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina
L <sub>vv</sub>	Hluk ventilátoru	36	44	60	64	65	64	61	53	70
D <sub>p</sub>	<b>Přirozený útlum</b>									
	Rovné potrubí 19,8 m	0,0	11,9	5,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	
	Obložky 8 ks	0,0	0,0	0,0	8,0	16,0	24,0	24,0	24,0	
	Odbočka k vyústce	0,0	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	
	Útlum koncovým odrazem	8,4	4,2	1,6	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	
	Ohebné potrubí 1,6 m	16,8	28,0	36,8	30,4	24,0	17,6	22,4	13,6	
L <sub>w</sub>	Hluk ve vyústce	10,8	-6,0	9,8	16,2	16,0	13,5	5,7	6,5	21
L <sub>1</sub>	Vlastní hluk vyústky									23
L <sub>S</sub>	Hluk vystupující z vyústky									25
K <sub>1</sub>	Korekce na počet vyústek 3 ks									5
L	Hluk všech přívodních vyústek									30
	Předeps. hodnota hladiny akust. tlaku v místn.									40
L <sub>w</sub>	Hluk ve vyústce (bez tlumiče)	10,8	-6,0	9,8	16,2	16,0	13,5	5,7	6,5	21
	Útlum tlumiče hluku	3,0	6,0	13,0	50,0	26,0	22,0	15,0	11,0	
L <sub>w</sub>	Hluk ve vyústce (s tlumičem)	7,8	-12,0	-3,2	-33,8	-10,0	-8,5	-9,3	-4,5	
L <sub>1</sub>	Vlastní hluk vyústky									23
L <sub>S</sub>	Hluk vystupující z vyústky									23
K <sub>1</sub>	Korekce na počet vyústek 3 ks									5
L	Hluk všech přívodních vyústek									28

### **Výpočet hladiny akustického tlaku od zařízení č. 2 v promítací místnosti 1.03**

Hluk přívodního a odvodního potrubí:

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 47} + 10^{0,1 \cdot 30}) = 47 \text{ dB} \quad (2.9)$$

Celková pohltivá plocha, kde  $\alpha = 0,2$  (absorpce hluku do ploch v místnosti):

$$A = \alpha \cdot S = 0,2 \cdot 282,3 = 56,46 \text{ m}^2 \quad (2.10)$$

Vzdálenost posluchače od zdroje hluku:

$$r = 3,0 - 1,8 = 1,2 \text{ m} \quad (2.11)$$

Skutečná hladina akustického tlaku v místě posluchače, kde  $Q = 2$  (směrový činitel):

$$L_P = L_{W,S} + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{A}\right) = 47 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 1,2^2} + \frac{4}{56,46}\right) = 39,6 \text{ dB} \quad (2.12)$$

Pro daný účel místnosti je přípustná hladina 40 dB, tudíž potrubní síť bez tlumičů vyhovuje. Pro větší komfort osob v místnosti je ale i přesto navržen tlumič hluku do potrubí. Jedná se o čtyřhranný přímý kulisový tlumič hluku Lindab – SLRS 200 100 600 600 750 [27] a je umístěn na přívodní i odvodní potrubí.

Akustické poměry s tlumičem se v potrubí změní následovně:

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 30} + 10^{0,1 \cdot 28} + 10^{0,1 \cdot 33}) = 36 \text{ dB} \quad (2.13)$$

$$L_P = 36 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 1,2^2} + \frac{4}{56,46}\right) = 29 \text{ dB} \quad (2.14)$$

Z důvodu dodržení rychlosti proudění vzduchu byl průřez potrubí zvětšen na 600 x 600 mm.

Plocha potrubí v tlumiči:

$$A_P = 0,6 \times 0,1 \times 2 = 0,12 \text{ m}^2 \quad (2.15)$$

Rychlost vzduchu v potrubí:

$$w = \frac{V}{3600 \cdot A_P} = \frac{2549}{3600 \cdot 0,12} = 5,90 \text{ m/s} \quad (2.16)$$

## 2.8.3 Útlum hluku pro zařízení č. 1 a 2 (exteriér)

Tab. 19 Útlum hluku na straně exteriéru pro zařízení č. 1 a 2 – přívod (sání)

Zařízení č. 1 - přívod (sání)											
Ozn.	Šíření hluku od ventilátoru do místnosti	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech									
f	Frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
L <sub>vv</sub>	Hluk ventilátoru	33	39	53	55	52	48	41	33	59	
D <sub>p</sub>	Přirozený útlum										
	Rovné potrubí 9,8 m	0,0	5,9	2,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		
	Oblouky 3	0,0	0,0	0,0	3,0	6,0	9,0	9,0	9,0		
L <sub>w</sub>	Hluk v přívodním potrubí	33,0	33,1	50,1	50,5	44,5	37,5	30,5	22,5	54	
L	Hluk vycházející z přívodního potrubí									54	
	Předeps. hodnota hladiny akustického tlaku										40
	Útlum tlumiče hluku	3,0	8,0	18,0	27,0	37,0	29,0	19,0	14,0		
L <sub>w</sub>	Hluk (s tlumičem)	30,0	25,1	32,1	23,5	7,5	8,5	11,5	8,5	33	
L	Hluk všech přívodních vyústek									33	

Zařízení č. 2 - přívod (sání)											
Ozn.	Šíření hluku od ventilátoru do místnosti	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávových pásmech									
f	Frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
L <sub>vv</sub>	Hluk ventilátoru	33	38	52	54	51	47	40	32	58	
D <sub>p</sub>	Přirozený útlum										
	Rovné potrubí 8,3 m	0,0	5,0	2,5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2		
	Oblouky 3 ks	0,0	0,0	0,0	3,0	6,0	9,0	9,0	9,0		
L <sub>w</sub>	Hluk v přívodním potrubí	33,0	33,0	49,5	49,8	43,8	36,8	29,8	21,8	53	
L	Hluk vycházející z přívodního potrubí									53	
	Předeps. hodnota hladiny akustického tlaku										40
	Útlum tlumiče hluku	3,0	8,0	18,0	27,0	37,0	29,0	19,0	14,0		
L <sub>w</sub>	Hluk (s tlumičem)	30,0	25,0	31,5	22,8	6,8	7,8	10,8	7,8	33	
L	Hluk všech přívodních vyústek									33	

### Výpočet hladiny akustického tlaku od zař. č. 1 a 2 na straně exteriéru (přívod – sání)

Hluk přívodního a odvodního potrubí:

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 54} + 10^{0,1 \cdot 53}) = 57 \text{ dB} \quad (2.17)$$

Vzdálenost posluchače od zdroje hluku:

$$r = 4,6 - 1,8 = 2,8 \text{ m} \quad (2.18)$$

Skutečná hladina akustického tlaku v místě posluchače, kde Q = 2 (směrový činitel):

$$L_p = L_{W,S} + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2}\right) = 57 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 2,8^2}\right) = 41 \text{ dB} \quad (2.19)$$

Maximální přípustná hodnota hladiny akustického tlaku v okolí dané budovy ve vzdálenosti 10 m je ve dne 50 dB a v noci 40 dB. Potrubní síť bez tlumičů tedy nevyhovuje a je nutné navrhnout tlumič hluku do potrubí. Navržen byl čtyřhranný přímý kulisový tlumič hluku Lindab – SLRS 200 100 600 600 1000 [27] na přívodní i odvodní potrubí.

Akustické poměry s tlumičem se v potrubí změni následovně:

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 33} + 10^{0,1 \cdot 33}) = 36 \text{ dB} \quad (2.20)$$

$$L_p = 36 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 2,8^2}\right) = 20 \text{ dB} \quad (2.21)$$

Z důvodu dodržení rychlosti proudění vzduchu byl průřez potrubí zvětšen na 600 x 600 mm.

Plocha potrubí v tlumiči:

$$A_p = 0,6 \times 0,1 \times 2 = 0,12 \text{ m}^2 \quad (2.22)$$

Rychlost vzduchu v potrubí pro zařízení č. 1:

$$w = \frac{V}{3600 \cdot A_p} = \frac{2700}{3600 \cdot 0,12} = 6,25 \text{ m/s} \quad (2.23)$$

Rychlost vzduchu v potrubí pro zařízení č. 2:

$$w = \frac{V}{3600 \cdot A_p} = \frac{2549}{3600 \cdot 0,12} = 5,90 \text{ m/s} \quad (2.24)$$

## 2.8.4 Útlum hluku pro zařízení č. 1 a 2 (exteriér)

Tab. 20 Útlum hluku na straně exteriéru pro zařízení č. 1 a 2 – odvod (výtlak)

Zařízení č. 1 - odvod (výtlak)											
Ozn.	Šíření hluku od ventilátoru do místnosti	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávních pásmech									
f	Frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
L <sub>vv</sub>	Hluk ventilátoru	38	44	57	60	66	60	53	44	68	
D <sub>p</sub>	<b>Přirozený útlum</b>										
	Rovné potrubí 4,2 m	0,0	2,5	1,3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6		
	Oblouky 2 ks	0,0	0,0	0,0	2,0	4,0	6,0	6,0	6,0		
L <sub>w</sub>	Hluk v přívodním potrubí	38,0	41,5	55,7	57,4	61,4	53,4	46,4	37,4	64	
L	Hluk vycházející z přívodního potrubí										64
	Předeps. hodnota hladiny akustického tlaku										40
	Útlum tlumiče hluku (přímý)	4,0	10,0	22,0	33,0	47,0	37,0	23,0	16,0		
L <sub>w</sub>	Hluk (s tlumičem)	34,0	31,5	33,7	24,4	14,4	16,4	23,4	21,4	37	
L	Hluk všech přívodních výustek										37
Zařízení č. 2 - odvod (výtlak)											
Ozn.	Šíření hluku od ventilátoru do místnosti	Hladiny akustického tlaku a výkonu a útlumy v oktávních pásmech									
f	Frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	součtová hladina	
L <sub>vv</sub>	Hluk ventilátoru	37	43	57	59	65	59	52	43	67	
D <sub>p</sub>	<b>Přirozený útlum</b>										
	Rovné potrubí 4,2 m	0,0	2,5	1,3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6		
	Oblouky 2 ks	0,0	0,0	0,0	2,0	4,0	6,0	6,0	6,0		
L <sub>w</sub>	Hluk v přívodním potrubí	37,0	40,5	55,7	56,4	60,4	52,4	45,4	36,4	63	
L	Hluk vycházející z přívodního potrubí										63
	Předeps. hodnota hladiny akustického tlaku										40
	Útlum tlumiče hluku (přímý)	4,0	10,0	22,0	33,0	47,0	37,0	23,0	16,0		
L <sub>w</sub>	Hluk (s tlumičem)	33,0	30,5	33,7	23,4	13,4	15,4	22,4	20,4	36	
L	Hluk všech přívodních výustek										36

### **Výpočet hladiny akustického tlaku od zař. č. 1 a 2 na straně exteriéru (odvod – výtlač)**

Hluk přívodního a odvodního potrubí:

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 64} + 10^{0,1 \cdot 63}) = 67 \text{ dB} \quad (2.25)$$

Vzdálenost posluchače od zdroje hluku:

$$r = 4,6 - 1,8 = 2,8 \text{ m} \quad (2.26)$$

Skutečná hladina akustického tlaku v místě posluchače, kde  $Q = 2$  (směrový činitel):

$$L_P = L_{W,S} + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2}\right) = 67 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 2,8^2}\right) = 51 \text{ dB} \quad (2.27)$$

Maximální přípustná hodnota hladiny akustického tlaku v okolí dané budovy ve vzdálenosti 10 m je ve dne 50 dB a v noci 40 dB. Potrubní síť bez tlumičů tedy nevyhovuje a je nutné navrhnout tlumič hluku do potrubí. Navržen byl čtyřhranný přímý kulisový tlumič hluku Lindab – SLRS 200 100 600 600 1250 [27] na přívodní i odvodní potrubí.

Akustické poměry s tlumičem se v potrubí změní následovně:

$$L_{W,S} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot 37} + 10^{0,1 \cdot 36}) = 40 \text{ dB} \quad (2.28)$$

$$L_P = 40 + 10 \cdot \log\left(\frac{2}{4 \cdot \pi \cdot 2,8^2}\right) = 23 \text{ dB} \quad (2.29)$$

Z důvodu dodržení rychlosti proudění vzduchu byl průřez potrubí zvětšen na 600 x 600 mm.

Plocha potrubí v tlumiči:

$$A_P = 0,6 \times 0,1 \times 2 = 0,12 \text{ m}^2 \quad (2.30)$$

Rychlost vzduchu v potrubí pro zařízení č. 1:

$$w = \frac{V}{3600 \cdot A_P} = \frac{2700}{3600 \cdot 0,12} = 6,25 \text{ m/s} \quad (2.31)$$

Rychlost vzduchu v potrubí pro zařízení č. 2:

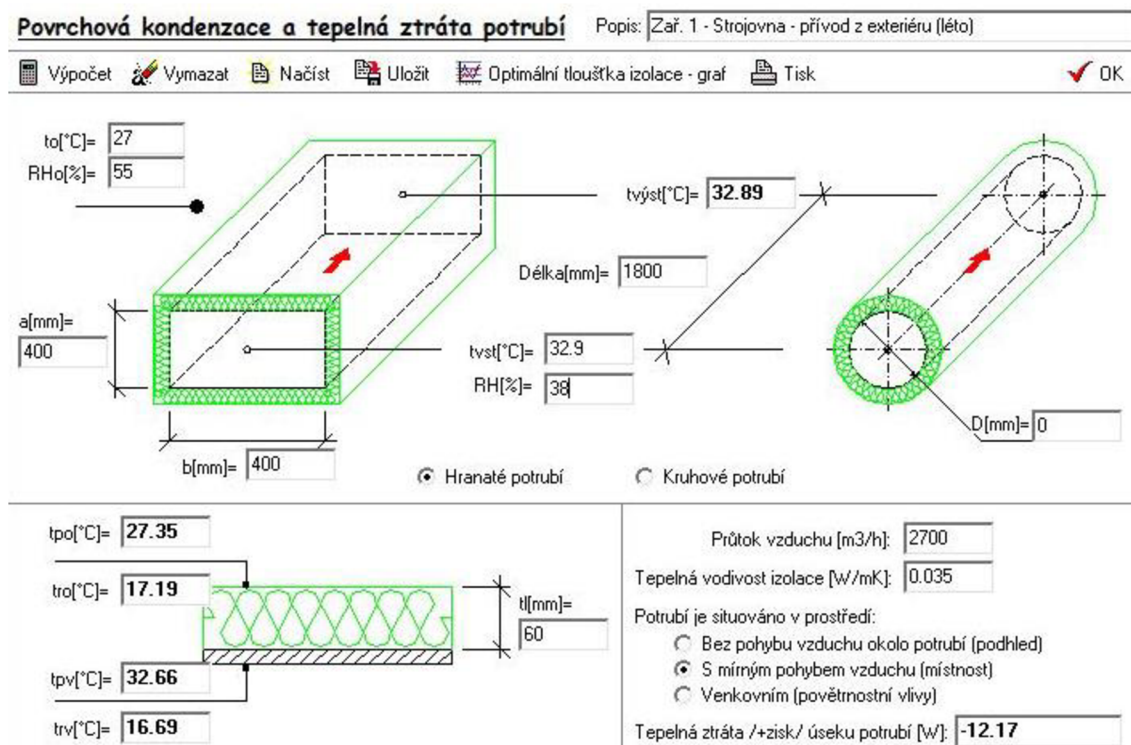
$$w = \frac{V}{3600 \cdot A_P} = \frac{2549}{3600 \cdot 0,12} = 5,90 \text{ m/s} \quad (2.32)$$

## 2.9 Izolace potrubí

Návrh izolace potrubí byl provedený v softwaru Teruna [20]. Při návrhu byla posuzována povrchová kondenzace, namrzání a tepelná ztráta/zisk na délku potrubí od vzduchotechnické jednotky až po nejvzdálenější distribuční prvek.

Na přívodním i odvodním potrubí ve strojovně byly použity izolační desky z kamenné vlny s hliníkovou folií se skleněnou mřížkou tloušťky 60 mm – TECHROCK 60 ALS od firmy Rockwool [28]. Na přívodním potrubí, které vede ze strojovny do řešených místností, byly použity také izolační desky z kamenné vlny s hliníkovou folií se skleněnou mřížkou, ale tloušťky 40 mm - TECHROCK 40 ALS od firmy Rockwool [29]. Izolace jsou použity pro oba funkční celky.

Níže jsou uvedeny ukázky z návrhu v softwaru Teruna, pod nimi je uvedena souhrnná tabulka č. 21 s výsledky.

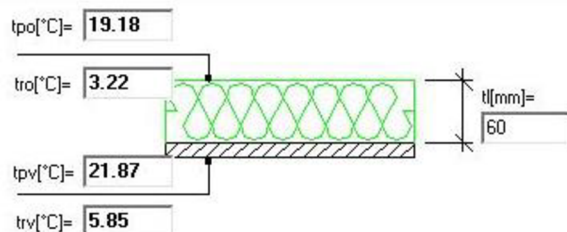
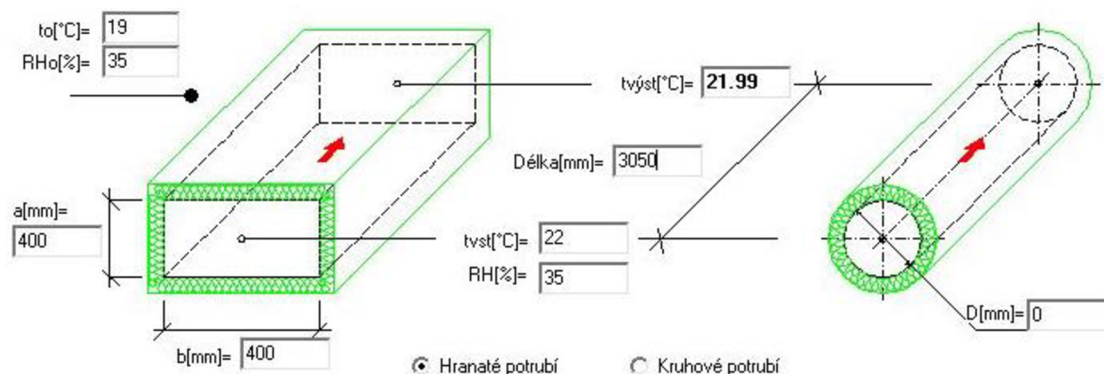


Obr. 38 Návrh izolace – zařízení č. 1, strojovna, přívod z exteriéru (léto)

### Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí

Popis: Zař. 1 - Strojovna - přívod do interiéru (zima)

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK



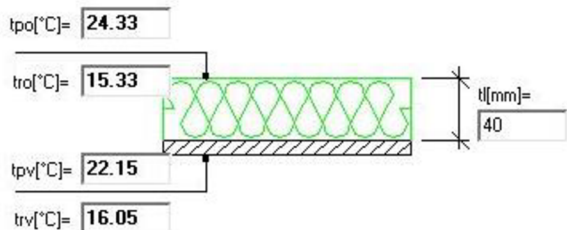
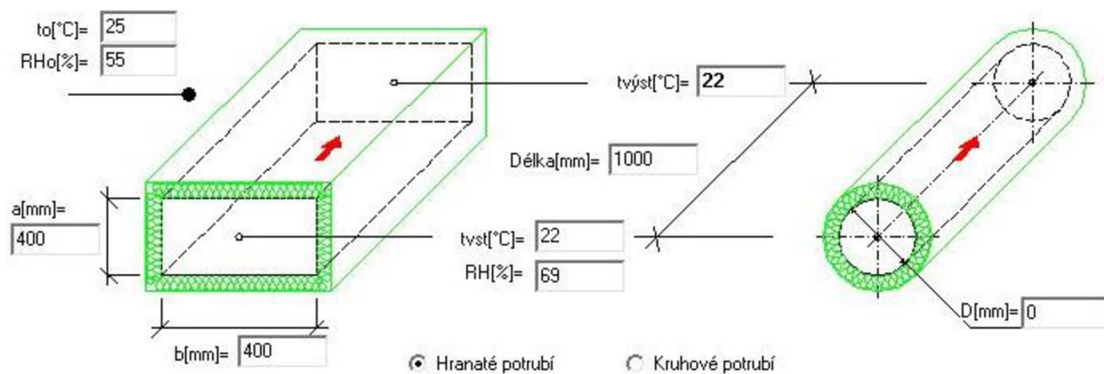
Průtok vzduchu [m <sup>3</sup> /h]:	2700
Tepelná vodivost izolace [W/mK]:	0.035
Potrubí je situováno v prostředí:	
<input type="radio"/> Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)	
<input checked="" type="radio"/> S mírným pohybem vzduchu (místnost)	
<input type="radio"/> Venkovním (povětrnostní vlivy)	
Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]:	-10.48

Obr. 39 Návrh izolace – zařízení č. 1, strojovna, přívod do interiéru (zima)

### Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí

Popis: Zař. 2 - Místnost - přívod (léto)

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK



Průtok vzduchu [m <sup>3</sup> /h]:	2549
Tepelná vodivost izolace [W/mK]:	0.037
Potrubí je situováno v prostředí:	
<input checked="" type="radio"/> Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)	
<input type="radio"/> S mírným pohybem vzduchu (místnost)	
<input type="radio"/> Venkovním (povětrnostní vlivy)	
Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]:	4.1

Obr. 40 Návrh izolace – zařízení č. 2, místnost, přívod (léto)



**Tab. 21** Návrhy izolací – zařízení č. 1 a 2

Vstupní hodnoty	Léto		Zima	
	t [°C]	φ [%]	t [°C]	φ [%]
Vstupní hala a kanceláře se zázemím	25,0	55,0	22,0	35,0
Promítací a denní místnost	25,0	55,0	20,0	35,0
Přívod chladícího vzduchu	22,0	69,0	23,0	4,0
Strojovna VZT	27,0	55,0	19,0	35,0
Exteriér	32,9	38,0	-18,4	90,0

Zařízení č. 1						
Vstupní hala a kanceláře se zázemím		Strojovna				Interiér
		Přívod	Odvod	Sání	Výtlač	Přívod
Tloušťka izolace [mm]		60	60	60	60	40
Léto	t <sub>po</sub> [°C]	26,71	26,88	27,35	26,88	22,00
	t <sub>ro</sub> [°C]	17,19	17,19	17,19	17,19	5,85
	t <sub>pv</sub> [°C]	22,19	25,08	32,66	25,08	22,00
	t <sub>rv</sub> [°C]	5,85	15,33	16,69	15,33	5,85
	t <sub>výst</sub> [°C]	22,02	25,01	32,89	25,01	22,00
Tepelná ztráta/zisk v potrubí [W/m]		17,47	8,52	-12,17	9,58	0,00
Zima	t <sub>po</sub> [°C]	19,18	19,18	16,81	19,18	25,00
	t <sub>ro</sub> [°C]	3,22	3,22	3,22	3,22	15,33
	t <sub>pv</sub> [°C]	21,87	21,87	-16,96	21,87	25,00
	t <sub>rv</sub> [°C]	5,85	5,85	-19,51	5,85	15,33
	t <sub>výst</sub> [°C]	21,99	21,99	-18,32	21,98	25,00
Tepelná ztráta/zisk v potrubí [W/m]		-10,48	-12,78	77,11	-14,78	0,00

Zařízení č. 2						
Promítací a denní místnost		Strojovna				Interiér
		Přívod	Odvod	Sání	Výtlač	Přívod
Tloušťka izolace [mm]		60	60	60	60	40
Léto	t <sub>po</sub> [°C]	26,53	26,88	27,35	26,88	24,33
	t <sub>ro</sub> [°C]	17,19	17,19	17,19	17,19	15,33
	t <sub>pv</sub> [°C]	19,31	25,08	32,65	25,08	22,15
	t <sub>rv</sub> [°C]	15,28	15,33	16,69	15,33	16,05
	t <sub>výst</sub> [°C]	19,07	25,02	32,88	25,01	22,00
Tepelná ztráta/zisk v potrubí [W/m]		63,19	18,55	-14,86	10,53	4,10
Zima	t <sub>po</sub> [°C]	19,53	19,18	16,81	19,18	20,67
	t <sub>ro</sub> [°C]	3,22	3,22	3,22	3,22	4,10
	t <sub>pv</sub> [°C]	27,57	21,58	-16,94	21,87	22,85
	t <sub>rv</sub> [°C]	-21,04	5,85	-19,51	5,85	-21,14
	t <sub>výst</sub> [°C]	27,92	21,97	-18,30	21,98	23,00
Tepelná ztráta/zisk v potrubí [W/m]		-71,09	-27,82	94,20	-15,80	-4,10



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## ČÁST C – PROJEKTOVÁ ČÁST

VZDUCHOTECHNIKA ADMINISTRATIVNÍ ČÁSTI VÝROBNÍ HALY

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Magda Hlaváčová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021

## 3 TECHNICKÁ ZPRÁVA

### 3.1 Úvod technické zprávy

Předmětem technické zprávy je zpracování projektové dokumentace vzduchotechniky a větrání administrativních prostor – hal, kanceláří a promítací a denní místnosti vybrané části výrobní haly. Hlavním cílem je zajištění požadované vnitřní mikroklimy a zabezpečení požadavků na komfortní pobyt a činnost osob. Objekt se nachází v Třebíči.

#### 3.1.1 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování byla výkresová dokumentace. Součástí podkladů pro zpracování projektu byly příslušné zákony, platné vyhlášky, nařízení vlády, české technické normy a podklady výrobců vzduchotechnických zařízení, především:

- Nařízení vlády č. 68/2010 Sb., stanovení podmínek ochrany zdraví při práci
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění pozdějších předpisů
- ČSN 12 7010 - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení (2014)
- ČSN 73 0802 - Požární bezpečnost staveb (1977)
- ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů (1986)
- ČSN 01 3454 Technické výkresy - Instalace – Vzduchotechnika, klimatizace (2006)
- ČSN 73 0540 – 2 - Tepelná ochrana budov - požadavky (2011 + Z1 2012)
- ČSN 73 0872 - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízení (1996)
- Podklady firem: Remak, Mandík, Lindab, Toshiba, Moravská vzduchotechnika, Giometal, Rockwool

Dále byl použit software AEROCAD pro návrh vzduchotechnické jednotky a software TERUNA pro výpočty tepelných bilancí.

#### 3.1.2 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

- Místo stavby: Třebíč
- Nadmořská výška: 457 m n.m.
- Průměrný tlak vzduchu: 96,2 kPa
- Teploty venkovního vzduchu:
  - Letní období:  $t_e = 32,9^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi_e = 38 \%$
  - Zimní období:  $t_e = -18,4^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi_e = 90 \%$
- Entalpie venkovního vzduchu v létě: 66,0 kJ/kg s.v.

### 3.1.3 Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

Tab. 22 Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

Číslo místnosti	Účel místnosti	Léto		Zima	
		Teplota v místnosti [°C]	Relativní vlhkost [%]	Teplota v místnosti [°C]	Relativní vlhkost [%]
<b>Zóna č. 1 – nucené větrání</b>					
1.02	Vstupní hala	25	55	22	35
1.15	WC	25	55	22	35
2.01	Hala	25	55	22	35
2.03	WC ženy	25	55	22	35
2.04	Kuchyňka	25	55	22	35
2.05	Kancelář	25	55	22	35
2.06	Kancelář	25	55	22	35
2.07	Kancelář	25	55	22	35
2.08	Kancelář	25	55	22	35
2.09	Archiv	25	55	22	35
2.10	WC muži	25	55	22	35
2.11	Úklidová místnost	25	55	22	35
2.12	Kancelář	25	55	22	35
<b>Zóna č. 2 – vzduchová klimatizace</b>					
1.03	Promítací místnost	22	55	23	35
1.04	Denní místnost	22	55	23	35

Maximální rychlost proudění vzduchu v obytné zóně je menší než 0,20 m/s. Hladina akustického výkonu ve vnitřním chráněném prostoru je v denní době 50 dB, v noci 40 dB.

### 3.2 Základní koncepční řešení

Administrativní část budovy se dělí na dva funkční celky. První celek tvoří vstupní hala s hygienickým zázemím v prvním nadzemním podlaží a ve druhém nadzemním podlaží ho tvoří hala, kanceláře, kuchyňka a hygienické zázemí. Druhým celkem je promítací a denní místnost. Každý celek má svou vzduchotechnickou jednotku. Návrh vzduchotechniky je koncipován tak, aby bylo docíleno odvětrávání prostorů, které nejsou možné vyvětrat přirozeně a byly tak pokryté tepelné bilance. Vlhčení vzduchu zde není uvažováno.

Řešená část administrativních prostor je obsluhována následujícími zařízeními:

- Zařízení č. 1 – nucené větrání kanceláří se zázemím a vstupní haly
- Zařízení č. 2 – vzduchová klimatizace pro promítací a denní místnost
- Zařízení č. 3 – chlazení vybraných místností

Všechny prostory hygienického zázemí jsou opatřeny podtlakovým větráním, stejně tak je řešena i místnost archivu. Pro všechny ostatní prostory, jako jsou kanceláře, haly, denní či promítací místnosti, je použito rovnotlaké větrání. Z důvodu dosažení maximální klimatické pohody v létě i v zimě jsou všechny kanceláře a promítací místnost vybaveny nástěnnými přístroji, které v létě dochlazují a v zimě přitápějí (zařízení č. 3).

### 3.2.1 Hygienické větrání a klimatizace

Větrání bude navrženo v souladu s hygienickými předpisy.

#### ***Dávky vzduchu na osobu nebo zařízení***

Množství přiváděného vzduchu do místností je určeno z tepelné zátěže nebo z hygienických požadavků na min. dávku vzduchu:

- osoba v kanceláři      50 m<sup>3</sup>/h
- WC, výlevka            50 m<sup>3</sup>/h
- pisoár                    25 m<sup>3</sup>/h
- umyvadlo                30 m<sup>3</sup>/h

Na přívodu je navržena jednostupňová filtrace třídy M5 pro obě jednotky, na odvodu jednostupňová filtrace třídy G3, také pro obě jednotky.

Podtlakové větrání je navrženo v hygienických zázemích a místnosti archivu. Přetlakové větrání je použito u vstupní haly a haly v 2.NP, ze kterých je uhrazován vzduch pro podtlakové větrání hygienických zázemí a archivu. Rovnotlaké větrání je poté navrženo v kancelářích, denní místnosti a promítací místnosti. Z důvodu dosažení maximální klimatické pohody v létě i v zimě jsou všechny kanceláře a promítací místnost vybaveny nástěnnými přístroji, které v létě dochlazují a v zimě přitápějí (zařízení č. 3). Vytápění zbylých místností zajistí profese vytápění.

### 3.2.2 Technologické větrání a chlazení

V objektu se nevyskytují prostory s nároky na technologické větrání a chlazení.

### 3.2.3 Energetické zdroje

#### ***Elektrická energie***

Elektrická energie je uvažována pro pohon elektromotorů vzduchotechnických a klimatických zařízení a zdroj chladu – soustava 3 + PEN, 50 Hz, 400 V / 230 V.

#### ***Tepelná energie***

Ohřev vzduchu ve vzduchotechnických jednotkách bude zabezpečený vodními ohřívači připojenými na zdroj topné vody. Topná voda má teplotní spád  $t_{w1}/t_{w2} = 70/50$  °C. Ohřev a dodávka topné vody ke vzduchotechnickým jednotkám bude řešena v projektu vytápění.

#### ***Chladicí energie***

Chlazení vzduchu ve vzduchotechnických jednotkách bude zajištěno vodním chladičem připojeným na zdroj chladu. Chladicí voda má teplotní spád  $T_{w1}/T_{w2} = 6/12$  °C (zařízení č. 1) a  $T_{w1}/T_{w2} = 7/13$  °C (zařízení č. 2). Výroba a dodávka chladicí vody ke vzduchotechnickým jednotkám bude řešena v projektu chlazení.

### 3.3 Popis technického řešení

Výrobní hala má dvě nadzemní podlaží. Řešená administrativní část se z části rozkládá v prvním nadzemním podlaží a v celém druhém nadzemním podlaží. V prvním nadzemním podlaží se nachází vstupní hala, hygienické zázemí, promítací místnost a denní místnost. Ve druhém nadzemním podlaží se nachází celkem pět kanceláří, hygienická zázemí, kuchyňka, archiv a strojovna VZT. Nachází se tam také zasedací místnost, ve které je ovšem pouze nárazový výskyt osob, proto není v této bakalářské práci řešena.

Zařízení č. 1 slouží pro vstupní halu a hygienické zázemí v prvním nadzemním podlaží a pro celé druhé nadzemní podlaží, kde se bude nuceně větrat. Hygienická zázemí a archiv jsou v mírném podtlaku, obě haly pak naopak v přetlaku, aby bylo zamezeno vniknutí pachů a odérů do komunikačních prostor. Pro kanceláře a kuchyňku je pak zvolen rovnotlak. Celá zóna je ovšem celkově řešena v rovnotlaku. Kanceláře jsou opatřeny nástěnnými přístroji, kterými se dá v létě dochlazovat a v zimě naopak přitápět.

Zařízení č. 2 slouží pro promítací a denní místnost v prvním nadzemním podlaží, kde bude použita vzduchová klimatizace. Obě místnosti jsou řešeny v rovnotlaku. Promítací místnost je navíc opatřena dvěma nástěnnými přístroji, které budou místnost v létě dochlazovat.

Obě jednotky budou ve vnitřním provedení, umístěné ve strojovně ve druhém nadzemním podlaží. Vzduch, který bude filtrován a tepelně upraven, bude do řešených prostor dopraven čtyřhranným potrubím, pro menší průtoky je použito i kruhové SPIRO potrubí. Potrubí bude vedené pod nosnou konstrukcí stropu v podhledech výšky 600 mm. Sání čerstvého vzduchu a výfuk znehodnoceného vzduchu jsou situovány tak, aby nedocházelo ke zpětnému nasávání vyfukovaného vzduchu, který je již znehodnocený.

V halách, kancelářích, promítací a denní místnosti se světlou výškou 3,0 m jsou navrženy vířivé vyústě. V hygienických zázemích, kuchyňce a archivu jsou pro odvod vzduchu umístěny talířové ventily. Pro funkčnost podtlakového větrání jsou ve dveřích hygienických zázemí a archivu umístěny dveřní mřížky.

Zařízení č. 3 bude sloužit v letním období k vychlazení kanceláří a promítací místnosti, v zimě jím bude možné v místnostech přitápět. V každé místnosti je k zařízení umístěna nástěnná jednotka. Jednotka bude ve venkovním provedení a bude umístěna na střeše nad prvním nadzemním podlaží.

#### ***Zařízení č. 1 – nucené větrání***

Pro prostory hal, kanceláří, hygienických zázemí, kuchyňky a archivu byla navržena vzduchotechnická jednotka AeroMaster XP 06. Jedná se o sestavný typ jednotky, která je umístěna ve strojovně ve 2.NP. Hygienická zázemí a archiv jsou v mírném podtlaku, obě haly pak naopak v přetlaku, aby bylo zamezeno vniknutí pachů a odérů do komunikačních prostor. Pro kanceláře a kuchyňku je pak zvolen rovnotlak. Celá zóna je ovšem celkově řešena v rovnotlaku, množství přiváděného vzduchu se tedy rovná vzduchu odváděnému. Sání čerstvého vzduchu a výfuk znehodnoceného vzduchu jsou situovány tak, aby nedocházelo ke zpětnému nasávání vyfukovaného vzduchu, který je již znehodnocený. Na koncích potrubí jsou umístěny protidešťové žaluzie se sítěmi proti nečistotám a hmyzu. Za jednotkou směrem

do exteriéru bude na odvodním potrubí umístěn tlumič hluku o délce 1,25 m, na přívodním potrubí tlumič o délce 1,0 m.

Přívodní větev VZT jednotky:

- tlumící vložka
- klapka
- kapsový filtr (třída filtrace dle EN 779: M5)
- vodní ohříváč (předehřívání) při tepelném spádu topné vody 70/50 °C
- deskový rekuperátor
- ventilátor s volným oběžným kolem
- vodní ohříváč při tepelném spádu topné vody 70/50 °C
- vodní chladič s eliminátorem kapek, teplotní spád 6/12 °C
- tlumící vložka

Odvodní větev VZT jednotky:

- tlumící vložka
- filtr (třída filtrace dle EN 779: G3)
- ventilátor s volným oběžným kolem
- deskový rekuperátor
- uzavírací klapka
- tlumící vložka

Průtok přívodního i odvodního vzduchu se rovná; 2 700 m<sup>3</sup>/h.

Upravený vzduch je veden vzduchotechnickým potrubím do celého druhého podlaží, kde se nachází kanceláře, kuchyňka a hala. Dále je veden do části prvního nadzemního podlaží, přesněji do vstupní haly. Vzduch je distribuován pomocí vířivých vyústí.

Odvodní vzduch je v prostorech kanceláří a hal odváděn pomocí odvodních vířivých vyústí, v hygienickém zázemí, kuchyňce a archivu je odváděn pomocí talířových ventilů. Všechny distribuční elementy jsou napojeny k potrubí ohebnými hadicemi.

### ***Zařízení č. 2 – vzduchová klimatizace***

Pro prostory promítací a denní místnosti byla navrhnutá vzduchotechnická jednotka AeroMaster XP 06. Jedná se o sestavný typ jednotky, která je umístěna ve strojovně ve druhém nadzemním podlaží. Pro obě místnosti byl zvolen rovnotlak, množství přiváděného vzduchu se tedy rovná vzduchu odváděnému. Sání čerstvého vzduchu a výfuk znehodnoceného vzduchu jsou situovány tak, aby nedocházelo ke zpětnému nasávání vyfukovaného vzduchu, který je již znehodnocený. Na koncích potrubí jsou umístěny protidešťové žaluzie se sítěmi proti nečistotám a hmyzu. Za jednotkou směrem do exteriéru bude na odvodním potrubí umístěn tlumič hluku o délce 1,25 m, na přívodním potrubí tlumič o délce 1,0 m.

Přívodní větev VZT jednotky:

- tlumící vložka
- klapka
- kapsový filtr (třída filtrace dle EN 779: M5)
- vodní ohřívač (předehřívání) při tepelném spádu topné vody 70/50 °C
- deskový rekuperátor
- ventilátor s volným oběžným kolem
- vodní ohřívač při tepelném spádu topné vody 70/50 °C
- vodní chladič s eliminátorem kapek, teplotní spád 7/13 °C
- tlumící vložka

Odvodní větev VZT jednotky:

- tlumící vložka
- filtr (třída filtrace dle EN 779: G3)
- ventilátor s volným oběžným kolem
- deskový rekuperátor
- uzavírací klapka
- tlumící vložka

Průtok přívodního i odvodního vzduchu se rovná; 2 549 m<sup>3</sup>/h.

Upravený vzduch je veden vzduchotechnickým potrubím z druhého podlaží, kde je umístěna vzduchotechnická jednotka, do prvního podlaží, do promítací a denní místnosti. Vzduch je distribuován pomocí vířivých vyústí. Odvodní vzduch je z prostorů odváděn pomocí odvodních vířivých vyústí. Všechny distribuční elementy jsou napojeny k potrubí ohebnými hadicemi.

### ***Zařízení č. 3 – chlazení vybraných místností***

Nástěnné jednotky od firmy TOSHIBA budou sloužit v letním období k vychlazení vybraných místností – v kancelářích je to pro tepelnou pohodu, v promítací místnosti je to z důvodu nepokrytí tepelné zátěže. V zimním období je možné nástěnné jednotky využít k přitápění.

Jednotky musí být napojeny na odvod kondenzátu z důvodu kondenzace vodní páry v letním období. Venkovní jednotka bude umístěna na ploché střeše nad prvním nadzemním podlaží.



### 3.4 Nároky na energie

K zajištění chodu větrání a klimatizačních zařízení je třeba zabezpečit tyto energie:

- Topná voda 70/50 °C
- Chladicí voda 6/12 °C (vzduchotechnická jednotka č. 1), 7/13 °C (vzduchotechnická jednotka č. 2)
- Elektrická energie 3 x 400 V / 230 V – 50 Hz

### 3.5 Měření a regulace

Navrhnuté systémy vzduchotechniky budou řízené a regulované samostatným systémem měření a regulace – profese MaR.

- Ovládání chodu ventilátorů, silové napájení ovládaných zařízení
- Regulace teploty vzduchu řízením výkonu teplovodního ohříváče v zimním období, vodního chladiče v letním období
- Umístění teplotních a vlhkostních spínačů podle požadavků
- Protimrazová ochrana deskového výměníku nastavením obtokové klapky
- Ovládání uzavíracích klapek na jednotce včetně dodání servopohonů
- Signalizace bezporuchového chodu ventilátorů pomocí diferenčního snímače tlaku
- Poruchová signalizace, snímání signalizace chodu, poruchy a zapnutí a vypnutí zdroje chladu

### 3.6 Nároky na související profese

#### 3.6.1 Stavební úpravy

- Otvory pro prostupy vzduchovodů včetně zapravení a odklizení sutě
- SDK podhledy
- Stavební, výpomocné práce
- Revizní otvory pro přístup k regulačním klapkám, ventilátorům, požárním klapkám
- Provedení prostupů pro rozvody vzduchotechnických potrubí, utěsnění a zapravení v okolí požárních klapek tak, aby bylo zabráněno případnému šíření požáru.
- Zřízení temperované odhlučňené strojovny vzduchotechniky, podlaha bude opatřená spádem do středu místnosti, kde bude podlahová vpust'

#### 3.6.2 Silnoproud

- Zajištění osvětlení strojovny vzduchotechniky ve druhém nadzemním podlaží
- Elektrická přípojka 3 x 400 V / 50 Hz
- Připojení vzduchotechnických jednotek na systém měření a regulace

### 3.6.3 Vytápění

- Připojení vodních ohříváčů na zdroj teplé vody s teplotním spádem  $t_{w1}/t_{w2} = 70/50$  °C přes trojcestný regulační ventil
- Připojení vodních chladičů na zdroj chladu s teplotním spádem  $t_{w1}/t_{w2} = 6/12$  °C u 1. vzduchotechnického zařízení a  $t_{w1}/t_{w2} = 7/13$  °C u 2. vzduchotechnického zařízení

### 3.6.4 Zdravotní technika

- Provedení podlahové vpusti ve strojovně vzduchotechniky ve druhém nadzemním podlaží
- Odvod kondenzátu od vzduchotechnických jednotek
- Napojení lapače kondenzátu eliminátoru kapek na odpadní potrubí

## 3.7 Protihluková a protiotřesová opatření

V rozvodech potrubí vzduchotechniky jsou vloženy tlumiče hluku, jak směrem do interiéru, tak i směrem do exteriéru. Ty zabrání nadměrnému šíření hluku od ventilátorů do větraných místností. Všechny zdroje vibrací jsou pružně uloženy prostřednictvím pryžových podložek. Potrubí je na vzduchotechnickou jednotku napojené prostřednictvím pružných manžet. Všechny prostupy potrubí stavebními konstrukcemi (stěny, stropy apod.) budou obloženy a dotěsněny zvukovou izolací.

## 3.8 Izolace a nátěry

Rozvody vzduchotechnického potrubí jsou izolovány izolací o tloušťce podle návrhu ve výpočetní části. Izolace přírodního potrubí v interiéru je provedena z kamenné vlny (minerální plsti) s hliníkovou fólií a skleněnou mřížkou o tloušťce 40 mm. Ve strojovně vzduchotechniky je potrubí izolované stejným typem izolace o tloušťce 60 mm, které působí zvukově i tepelně-izolačně.

## 3.9 Protipožární opatření

Strojovna vzduchotechniky umístěná ve druhém nadzemním podlaží tvoří samostatný požární úsek. Z tohoto důvodu jsou prostupy potrubí stavebními konstrukcemi opatřeny požárními klapkami. Klapky jsou osazeny tak, aby k nim byl možný přístup v případě revizí.

## 3.10 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení

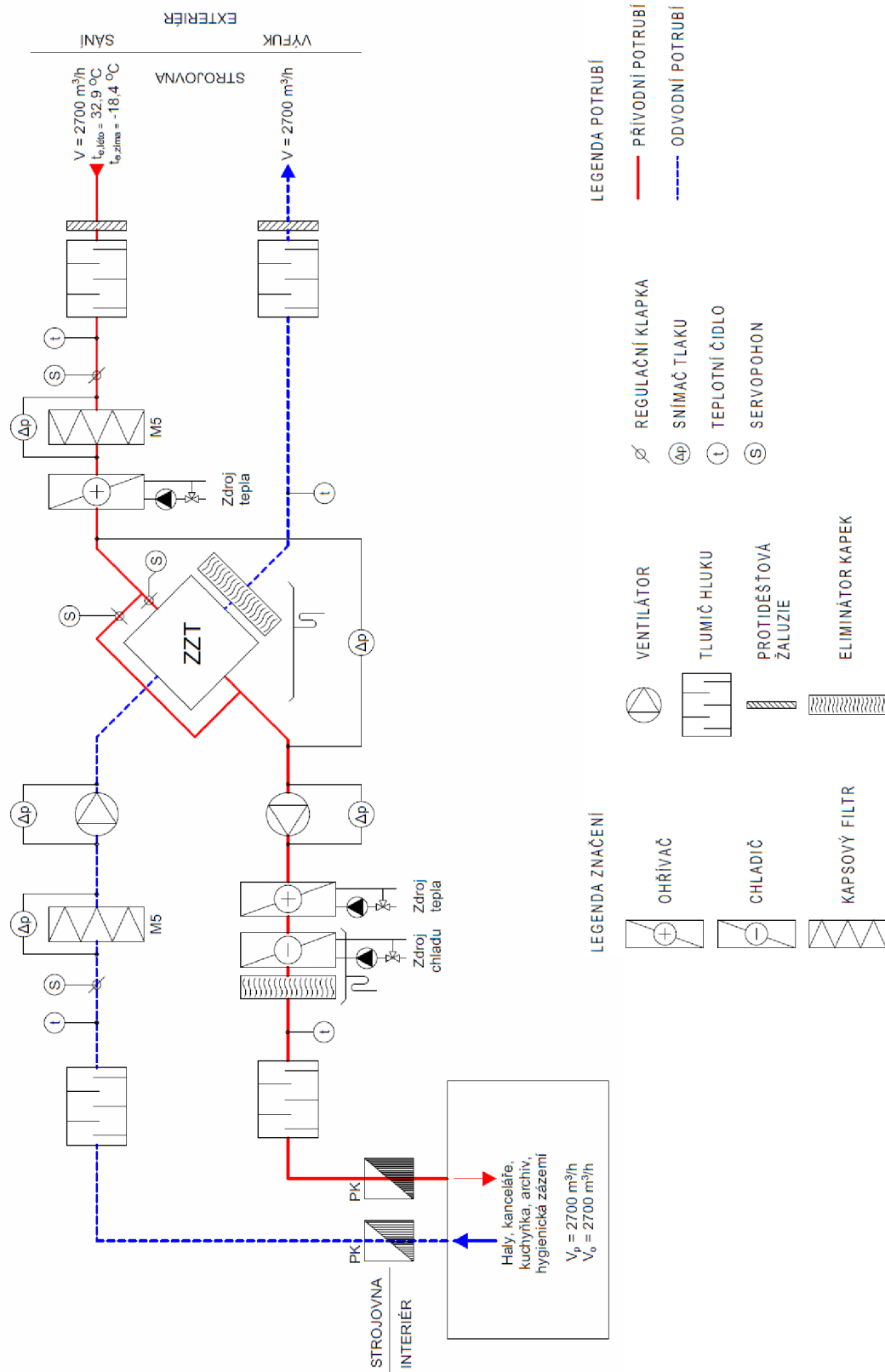
Montáž vzduchotechnických zařízení a jednotek klimatizace bude provedena odbornou firmou podle návodů od výrobců. Zařízení budou po montáži odzkoušena a zregulována. Obsluha zařízení musí být proškolená a údržba musí být prováděna pravidelně a podle pokynů od výrobce.

### **3.11 Závěr**

Navržená vzduchotechnická zařízení splňují požadavky na tvorbu vnitřního mikroklimatu zadaného objektu – administrativní části výrobní haly. Při návrhu bylo přihlíženo na charakter daného objektu. Zařízení splňují požadavky na hospodárnost, právní předpisy a jsou v souladu s legislativou.

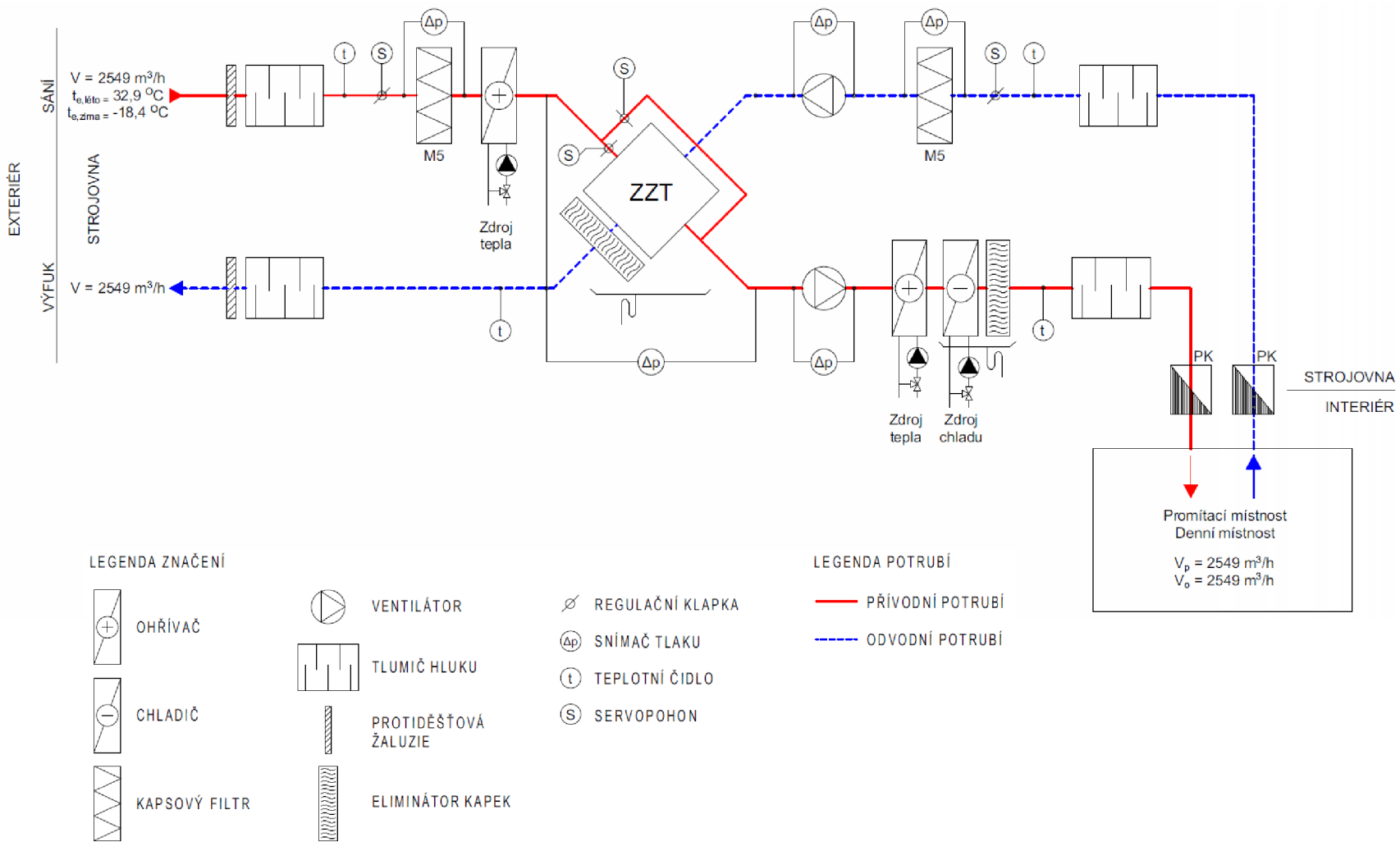
# 4 PŘÍLOHY TECHNICKÉ ZPRÁVY

## 4.1 Funkční schéma pro zařízení č. 1



Obr. 41 Funkční schéma pro zařízení č. 1

## 4.2 Funkční schéma pro zařízení č. 2



Obr. 42 Funkční schéma pro zařízení č. 2

### 4.3 Nároky na energii

Tab. 23 Nároky na energii

Zařízení, č. pozice	Název	Ventilátor			Elektřina				Ohřev			Chlazení				Ovládání	
		Přívod/odvod	Množství vzduchu / 1ks m <sup>3</sup> /h	Externí tlak Pa	Počet ks	Elektrický příkon jednotkový kW	Elektrický příkon celkem kW	Elektrický proud jednotkový A	Napětí / frekvence V/Hz	Topný výkon kW	Průtok média m <sup>3</sup> /h	Tlaková ztráta výměníku kPa	Chladicí výkon kW	Průtok média m <sup>3</sup> /h	Tlaková ztráta výměníku kPa		Kondenzát kg/hod
<b>Zařízení č. 1</b>																	
1.01	Centrální VZT jednotka																
	přívodní ventilátor	P	2700	260	1	0,97	0,97	3,07	3x400V / 50Hz							EC motor řízený - MaR	
	vodní ohřivač									13,30	0,23	1,50				směšovací uzel - MaR	
	vodní chladič											7,00	0,53	2,30	0,70	rozdělovací uzel - MaR	
	odvodní ventilátor	O	2700	305	1	0,91	0,91	2,91	3x400V / 50Hz							EC motor řízený - MaR	
	vodní ohřivač									4,30	0,13	0,10				směšovací uzel - MaR	
<b>Zařízení č. 2</b>																	
2.01	Centrální VZT jednotka																
	přívodní ventilátor	P	2549	254	1	0,89	0,89	1,92	3x400V / 50Hz							EC motor řízený - MaR	
	vodní ohřivač									17,20	0,44	4,30				směšovací uzel - MaR	
	vodní chladič											9,30	0,90	2,00	1,20	rozdělovací uzel - MaR	
	odvodní ventilátor	O	2549	257	1	0,79	0,79	1,82	3x400V / 50Hz							EC motor řízený - MaR	
	vodní ohřivač									5,60	0,20	0,20				směšovací uzel - MaR	
<b>Zařízení č. 3</b>																	
3.01	Venkovní jednotka				1	5,2	5,2	10,6	3x380V / 50Hz	22,40			22,40			regulace MaR	
3.02	Vnitřní jednotka MMK-AP0057HP-E		1683		5	0,017	0,085	0,17	230V / 50Hz	1,90			1,70			regulace MaR	
3.03	Vnitřní jednotka MMK-AP0127HP-E		3564		2	0,013	0,026	0,14	230V / 50Hz	4,00			3,60			regulace MaR	

## 5 TECHNICKÁ SPECIFIKACE PRVKŮ

Zařízení č. 1 – Nucené větrání vstupní haly a kanceláří				
Číslo pozice	Výrobce	Popis	Měrná jednotka	Množst.
1.01	REMAK	Centrální jednotka pro přívod a odvod AeroMaster XP 06, vzduchový výkon 2 700 m <sup>3</sup> /h, vnitřní provedení, vývody na čelních plochách <u>Přívod:</u> Tlumící vložka, klapka, filtr (třída filtrace dle EN 779: M5), vodní ohřívač, deskový rekuperátor, ventilátor s volným oběžným kolem, vodní ohřívač, vodní chladič, eliminátor kapek, tlumící vložka <u>Odvod:</u> Tlumící vložka, filtr (třída filtrace dle EN 779: G3), ventilátor s volným oběžným kolem, deskový rekuperátor, uzavírací klapka, tlumící vložka	ks	1
1.02	Lindab	Protidešťová žaluzie sání - WLS 1 1 V N 600 x 600	ks	2
1.03	Mandík	Uzavírací klapka RKTМ 400x400 mm	ks	2
1.04	Lindab	Tlumič hluku SLRS 200 100 600 600 1000	ks	1
1.05	Lindab	Tlumič hluku SLRS 200 100 600 600 1250	ks	1
1.06	Lindab	Tlumič hluku SLRS 200 100 600 600 750	ks	2
1.07	Mandík	Požární klapka FDMB čtyřhranná 315x315 mm	ks	1
1.08	Mandík	Požární klapka FDMB čtyřhranná 355x315 mm	ks	1
1.09	Mandík	Požární klapka FDMB čtyřhranná 250x250 mm	ks	1
1.10	Mandík	Požární klapka FDMB čtyřhranná 250x400 mm	ks	1
1.11	Mandík	Požární klapka FDMB čtyřhranná 250x280 mm	ks	1
1.12	Mandík	Regulační klapka RKM 355x315 mm, atyp.	ks	1
1.13	Mandík	Regulační klapka RKM 315x315 mm	ks	1
1.14	Mandík	Regulační klapka RKM 250x250 mm	ks	1
1.15	Mandík	Regulační klapka kruhová těsná, d = 100 mm	ks	4
1.16	Mandík	Regulační klapka kruhová těsná, d = 125 mm	ks	4
1.17	Mandík	Regulační klapka kruhová těsná, d = 160 mm	ks	9
1.18	Mandík	Regulační klapka kruhová těsná, d = 180 mm	ks	4
1.19	Mandík	Regulační klapka kruhová těsná, d = 200 mm	ks	5
1.20	Mandík	Regulační klapka kruhová těsná, d = 250 mm	ks	4
1.21	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 300, C/V/P/8	ks	5
1.22	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 300, C/V/O/8	ks	4
1.23	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 400, C/V/P/16	ks	1
1.24	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 400, C/V/O/16	ks	2
1.25	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 500, C/V/P/24	ks	2
1.26	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 600, C/V/P/24	ks	2
1.27	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 600, C/V/O/24	ks	2
1.28	Mandík	Talířový ventil TVOM 100	ks	6
1.29	Mandík	Talířový ventil TVOM 125	ks	5
1.30	Mandík	Dveřní mřížka VNM 620 x 200 mm	ks	9





Zařízení č. 2 – Vzduchová klimatizace – promítací místnost a denní místnost				
Číslo pozice	Výrobce	Popis	Měrná jednotka	Množství
2.01	REMAK	Centrální jednotka pro přívod a odvod AeroMaster XP 06, vzduchový výkon 2 549 m <sup>3</sup> /h, vnitřní provedení, vývody na čelních plochách. <u>Přívod:</u> Tlumící vložka, klapka, filtr (třída filtrace dle EN 779: M5), vodní ohřívač, deskový rekuperátor, ventilátor s volným oběžným kolem, vodní ohřívač, vodní chladič, eliminátor kapek, tlumící vložka <u>Odvod:</u> Tlumící vložka, filtr (třída filtrace dle EN 779: G3), ventilátor s volným oběžným kolem, deskový rekuperátor, uzavírací klapka, tlumící vložka	ks	1
2.02	Lindab	Protidešťová žaluzie sání - WLS 1 1 V N 600 x 600	ks	1
2.03	Lindab	Protidešťová žaluzie výfuk - WLS 1 1 V N 600 x 600	ks	1
2.04	Lindab	Tlumič hluku SLRS 200 100 600 600 1000	ks	1
2.05	Lindab	Tlumič hluku SLRS 200 100 600 600 1250	ks	1
2.06	Lindab	Tlumič hluku SLRS 200 100 600 600 750	ks	2
2.07	Mandík	Požární klapka FDMB čtyřhranná 400 x 400 mm	ks	2
2.08	Mandík	Regulační klapka kruhová těsná, d = 200 mm	ks	4
2.09	Mandík	Regulační klapka kruhová těsná, d = 250 mm	ks	6
2.10	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 500, C/V/P/24	ks	2
2.11	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 500, C/V/O/24	ks	2
2.12	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 600, C/V/P/24	ks	3
2.13	Mandík	Vířivá vyúst' VVM 600, C/V/O/24	ks	3
2.14	Moravská vzduchotechnika	Čtyřhranné pozinkované potrubí skupiny I. 1600 / 20 % tvar. dílů 1510 / 30 % tvar. dílů 1420 / 50 % tvar. dílů 1210 / 35 % tvar. dílů 1070 / 25 % tvar. dílů	bm bm bm bm bm	51,5 8,6 3,5 10,7 9,5
2.15	GIOMETAL	Ohebná hadice Sonoflex s izol. tl. 25 mm ø 200 mm Ohebná hadice Sonoflex s izol. tl. 25 mm ø 250 mm	bm bm	3,3 9,5
2.16	Rockwool	Tepelná a protihluková izolace TECHROCK 40 ALS tl. 40 mm	m <sup>2</sup>	39
2.17	Rockwool	Tepelná a protihluková izolace TECHROCK 60 ALS tl. 60 mm	m <sup>2</sup>	26

<b>Zařízení č. 3 – Klimatizace vybraných místností</b>				
Číslo pozice	Výrobce	Popis	Měrná jednotka	Množství
3.01	TOSHIBA	Venkovní VRF jednotka pro chlazení a topení, typ MCY-MHP0806HS8-E	ks	1
3.02	TOSHIBA	Nástěnná jednotka série 7, typ MMK-AP0057HP-E	ks	5
3.03	TOSHIBA	Nástěnná jednotka série 7, typ MMK-AP0127HP-E	ks	2
3.04		Cu potrubí (dodávka CHL)		
3.05		Gumové potrubí pro odvod kondenzátu (dodávka ZTI)		

## **ZÁVĚR**

Výpočtová a projektová část bakalářské práce je zpracována pro administrativní část výrobní haly. Řešená část objektu je rozdělena do dvou funkčních celků, kdy je pro každý celek navrženo samostatné vzduchotechnické zařízení.

Zařízení č. 1 obsluhuje vstupní halu a příslušné hygienické zázemí v prvním nadzemním podlaží a ve druhém nadzemním podlaží obsluhuje kanceláře, kuchyňku, archiv a hygienická zázemí. Zařízení č. 2 slouží pro promítací místnost a denní místnost v prvním nadzemním podlaží.

Navržená vzduchotechnická zařízení splňují požadavky na tepelnou pohodu a hospodárnost provozu.

# POUŽITÉ ZDROJE

## *Knižní a akademické zdroje*

- [1] GÄRTNEROVÁ, Markéta, LAIN, Miloš, URIE, Martina. Vytápění, větrání, instalace: časopis Společnosti pro techniku prostředí. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 1992-. ISSN 1210-1389. Číslo 4/2001. Strany 159-162.
- [2] DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. Větrání. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 9788001063781.
- [3] CIFRINEC, Ivan. *Větrání bytových domů – Základy teorie větrání*. In: Tzb-info.cz [online]. 26.5.2010 Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani>
- [4] DRKAL, František, LAIN, Jiří, SCHWARZER, Jan, ZMRHAL, Vladimír. *Klimatizace a průmyslová vzduchotechnika*. Praha: Evropský sociální fond, Praha & EU: Investujeme do vaší budoucnosti. 2009. Schéma větrání aerací. Obrázek. Strana 122.
- [4] RUBINOVÁ, Olga, RUBINA, Aleš. *Klimatizace a větrání*. Brno: Era group, 2004. ISBN: 80-86517-30-6
- [5] GEBAUER, Günter, RUBINOVÁ, Olga, HORKÁ, Helena. *Vzduchotechnika*. Brno: ERA, 2007. ISBN 978-80-7366-091-8
- [6] ZMRHAL, Vladimír, a spol. *Nové požadavky na větrání obytných budov*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2011. ISBN: 978-80-02-02285-5.

## *Zákony, vyhlášky, normy směrnice*

- [7] Nařízení vlády č. 68/2010 Sb., stanovení podmínek ochrany zdraví při práci
- [8] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- [9] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění pozdějších předpisů
- [10] ČSN 12 7010 - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení (2014)
- [11] ČSN 73 0802 - Požární bezpečnost staveb (1977)
- [12] ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů (1986)
- [13] ČSN 01 3454 Technické výkresy – Instalace – Vzduchotechnika, klimatizace (2006)
- [14] ČSN 73 0540 – 2 - Tepelná ochrana budov - požadavky (2011 + Z1 2012)
- [15] ČSN 73 0872 - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízení (1996)

## **Elektronické zdroje**

- [16] TZB-INFO.CZ. Tzb-info.cz [online]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz>
- [17] Ventilační turbíny - KLIMAHA [online] [cit. 20.5.2021]. Dostupné z: [https://klimahaus.cz/produkty-ventilacni%20turbiny/?gclid=Cj0KCQjwhr2FBhDbARIsACjwLo2h2nh8L7F7RJTU7ETH9FyWJ\\_GKQCIEszAgc7x04RFErGwZFRxpmSsaAgyFEALw\\_wcB](https://klimahaus.cz/produkty-ventilacni%20turbiny/?gclid=Cj0KCQjwhr2FBhDbARIsACjwLo2h2nh8L7F7RJTU7ETH9FyWJ_GKQCIEszAgc7x04RFErGwZFRxpmSsaAgyFEALw_wcB)
- [18] Ventilační hlavice – PALMAT [online] [cit. 20.5.2021]. Dostupné z: [www.palmat.cz/ventilacni-hlavice-cagi-100mm/?gclid=Cj0KCQjwhr2FBhDbARIsACjwLo3khAd3gNx7mqZ1UJbZuKn\\_3fQOe7hHXCbwiFFUHEbeHiDLhl2gFEMaAlmWEALw\\_wcB](http://www.palmat.cz/ventilacni-hlavice-cagi-100mm/?gclid=Cj0KCQjwhr2FBhDbARIsACjwLo3khAd3gNx7mqZ1UJbZuKn_3fQOe7hHXCbwiFFUHEbeHiDLhl2gFEMaAlmWEALw_wcB)
- [19] Přetlakové odvětrání chráněných únikových cest [online] [cit. 20.5.2021]. Dostupné z: [www.panelektro.cz/pretlakove\\_odvetrani.php](http://www.panelektro.cz/pretlakove_odvetrani.php)

## **Podklady výrobců**

- [20] TECHNIKA BUDOV. *Teruna v 1.5b.* [online]. Dostupné z: [www.technikabudov.cz/software/](http://www.technikabudov.cz/software/).
- [21] HALTON. *Halton HIT Planning Tool.* [online]. Dostupné z: <https://www.halton.com/services/hit-planning-tool-space-design-software-tool/>.
- [22] REMAK. *AeroCAD.* [online]. Dostupné z: <https://www.remak.eu/cs/aerocad>.
- [23] MANDÍK: *Vířivá výust'* [online] [cit. 20.5.2021]. Dostupné z: <https://www.mandik.cz/produktovara-da/distribucni-elementy/anemostaty/vvm>.
- [24] MANDÍK: *Talířový ventil* [online] [cit. 20.5.2021]. Dostupné z: <https://www.mandik.cz/produktovara-da/distribucni-elementy/dyzy-a-ventily/tvom,-tvp>.
- [25] TOSHIBA: *Nástěnný přístroj série 7* [online] [cit. 20.5.2021]. Dostupné z: <https://www.toshiba-aircondition.com/cz/podrobnosti-ovnitrnich-jednotkach-vrf/ceiling-serie-7.html>.
- [26] TOSHIBA: *Venkovní jednotka Mini SMMS-e* [online] [cit. 20.5.2021]. Dostupné z: <https://www.toshiba-aircondition.com/cz/podrobnosti-ovenkovnich-jednotkach-vrf/vrf-mini-smmse.html>
- [27] LINDAB: *Čtyřhranné přímé tlumiče hluku* [online] [cit. 20.5.2021]. Dostupné z: <https://www.lindab.com/cz/pro/products/pages/slrs.aspx>
- [28] ROCKWOOL: *Deska s hliníkovou fólií se skleněnou mřížkou 60 mm* [online] [cit. 20.5.2021]. Dostupné z: <https://www.rockwool.cz/produkty/techrock-60-als/?selectedCat=dokumenty>
- [29] ROCKWOOL: *Deska s hliníkovou fólií se skleněnou mřížkou 40 mm* [online] [cit. 20.5.2021]. Dostupné z: <https://www.rockwool.cz/produkty/techrock-40-als/?selectedCat=dokumenty>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

$\alpha$	[-]	absorpce hluku
$A$	[-]	aerodynamický součinitel
$A_c$	[m <sup>2</sup> ]	celková pohltivá plocha
$A_k$	[m <sup>2</sup> ]	plocha konstrukce
$A_N$	[-]	aerodynamický součinitel návětrné strany
$A_p$	[m <sup>2</sup> ]	plocha potrubí
$A_Z$	[-]	aerodynamický součinitel závětrné strany
$B$	[mm]	rozměr strany potrubí – šířka
$e_k$	[-]	korekční činitel
$f_{ij}$	[-]	součinitel redukce teploty
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	tíhové zrychlení
$h$	[m]	výška od neutrální roviny
$H_{T,i}$	[W/K]	měrná tepelná ztráta prostupem
$i$	[m <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup> · Pa <sup>-n</sup> ]	součinitel průvzdušnosti mezer
$l$	[m]	délka spár
$L$	[m]	délka úseku
$L_p$	[dB]	hladina akustického tlaku
$L_{ws}$	[dB]	součtová hladina akustického výkonu
$n$	[-]	exponent charakterizující proudění vzduchu mezerou
$\Delta p$	[Pa]	tlakový rozdíl
$R$	[Pa/m]	měrná tlaková ztráta
$r$	[m]	vzdálenost posluchače
$t$	[°C]	teplota vzduchu
$\Delta U$	[-]	korekční součinitel
$V$	[m <sup>3</sup> /s]	objemový průtok
$w$	[m/s]	rychlost vzduchu
$\vartheta_e$	[°C]	teplota v exteriéru
$\vartheta_{int,i}$	[°C]	teplota v interiéru
$Z$	[Pa]	tlaková ztráta potrubím
$\xi$	[-]	součinitel vřazených odporů
$\rho_e$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota vzduchu v exteriéru
$\rho_i$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota vzduchu v interiéru
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota vzduchu
$\varphi$	[%]	vlhkost vzduchu

# SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

## Obrázky

<b>Obr. 1</b> Znárodnění umístění větracích otvorů pro přirozené větrání.....	14
<b>Obr. 2</b> Ideální hodnoty relativní vlhkosti vzduchu .....	15
<b>Obr. 3</b> Limitní hodnoty koncentrace CO <sub>2</sub> (oxidu uhličitého) v místnosti .....	16
<b>Obr. 4</b> Schéma pro přirozené větrání s infiltrací.....	18
<b>Obr. 5</b> Schéma větrání aerací v halových objektech.....	18
<b>Obr. 6</b> Provětrávání oknem.....	19
<b>Obr. 7</b> Schéma šachtového větrání.....	19
<b>Obr. 8</b> Ventilační turbína .....	20
<b>Obr. 9</b> Samotahová hlavice .....	20
<b>Obr. 10</b> Schéma podtlakového větrání .....	20
<b>Obr. 11</b> Nucené podtlakové větrání centrální .....	21
<b>Obr. 12</b> Nucené podtlakové větrání lokální.....	22
<b>Obr. 13</b> Nucené rovnotlaké větrání centrální .....	23
<b>Obr. 14</b> Nucené rovnotlaké větrání lokální.....	24
<b>Obr. 15</b> Schéma přetlakového odvětrání chráněným únikových cest .....	25
<b>Obr. 16</b> Režim nuceného větrání (vlevo) a přirozeného větrání (vpravo) .....	26
<b>Obr. 17</b> Typický systém nuceného větrání s využitím přírodních sil.....	27
<b>Obr. 18</b> Půdorys 1. NP výrobní haly s vyznačenými řešenými místnostmi .....	29
<b>Obr. 19</b> Půdorys 2. NP výrobní haly s vyznačenými řešenými místnostmi .....	29
<b>Obr. 20</b> Poloha funkčních celků v 1. NP .....	31
<b>Obr. 21</b> Poloha funkčních celků ve 2. NP .....	32
<b>Obr. 22</b> Schéma místností obsluhovaných zařízení č. 3.....	32
<b>Obr. 23</b> Tlakové poměry řešených úseků objektu .....	38
<b>Obr. 24</b> Vířivá výust [23] .....	40
<b>Obr. 25</b> Talířový ventil [24] .....	40
<b>Obr. 26</b> Model distribuce vzduchu pro místnost 1.04 – přívod .....	41
<b>Obr. 27</b> Model distribuce vzduchu pro místnost 2.06 – přívod .....	41
<b>Obr. 28</b> Nástěnný přístroj série 7 [25] .....	43
<b>Obr. 29</b> Schéma dimenzování pro 1. NP .....	44
<b>Obr. 30</b> Schéma dimenzování pro 2. NP .....	45
<b>Obr. 31</b> Vzduchotechnické zařízení č. 1 – základní informace.....	49
<b>Obr. 32</b> Vzduchotechnické zařízení č. 1 – grafické pohledy (axon. pohled, bokorys, půdorys) 50	
<b>Obr. 33</b> Vzduchotechnické zařízení č. 1 - Psychrometrický diagram .....	51
<b>Obr. 34</b> Vzduchotechnické zařízení č. 2 – základní informace, axonometrický pohled.....	52
<b>Obr. 35</b> Vzduchotechnické zařízení č. 2 – grafické pohledy (bokorys, půdorys).....	53
<b>Obr. 36</b> Vzduchotechnické zařízení č. 2 - Psychrometrický diagram .....	54
<b>Obr. 37</b> Venkovní jednotka MiNi SMMS-e [26] .....	55
<b>Obr. 38</b> Návrh izolace – zařízení č. 1, strojovna, přívod z exteriéru (léto).....	63
<b>Obr. 39</b> Návrh izolace – zařízení č. 1, strojovna, přívod do interiéru (zima).....	64
<b>Obr. 40</b> Návrh izolace – zařízení č. 2, místnost, přívod (léto) .....	64
<b>Obr. 41</b> Funkční schéma pro zařízení č. 1 .....	76
<b>Obr. 42</b> Funkční schéma pro zařízení č. 2 .....	77

## **Tabulky**

<b>Tab. 1</b> Návrhové parametry vnějšího vzduchu.....	30
<b>Tab. 2</b> Tabulka místností .....	33
<b>Tab. 3</b> Vypočtené součinitelé prostupu tepla pro použité konstrukce .....	33
<b>Tab. 4</b> Návrhová tepelná ztráta prostupem pro vstupní halu 1.02 .....	34
<b>Tab. 5</b> Návrhová tepelná ztráta prostupem pro promítací místnost 1.03 .....	35
<b>Tab. 6</b> Návrhová tepelná ztráta prostupem pro kancelář 2.06 .....	35
<b>Tab. 7</b> Souhrn návrhových tepelných ztrát místností .....	36
<b>Tab. 8</b> Průtoky vzduchu .....	39
<b>Tab. 9</b> Návrh distribučních elementů .....	42
<b>Tab. 10</b> Návrh nástěnných jednotek a chladící výkony .....	43
<b>Tab. 11</b> Dimenzování přívodního potrubí – zařízení č. 1 .....	46
<b>Tab. 12</b> Dimenzování odvodního potrubí – zařízení č. 1 .....	46
<b>Tab. 13</b> Dimenzování přívodního potrubí – zařízení č. 2 .....	48
<b>Tab. 14</b> Dimenzování odvodního potrubí – zařízení č. 2 .....	48
<b>Tab. 15</b> Útlum hluku na straně interiéru pro zařízení č. 1 – přívod (výtlak) .....	56
<b>Tab. 16</b> Útlum hluku na straně interiéru pro zařízení č. 1 – odvod (sání).....	56
<b>Tab. 17</b> Útlum hluku na straně interiéru pro zařízení č. 2 – přívod (výtlak) .....	58
<b>Tab. 18</b> Útlum hluku na straně interiéru pro zařízení č. 2 – odvod (sání).....	58
<b>Tab. 19</b> Útlum hluku na straně exteriéru pro zařízení č. 1 a 2 – přívod (sání) .....	60
<b>Tab. 20</b> Útlum hluku na straně exteriéru pro zařízení č. 1 a 2 – odvod (výtlak) .....	61
<b>Tab. 21</b> Návrhy izolací – zařízení č. 1 a 2 .....	65
<b>Tab. 22</b> Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí.....	68
<b>Tab. 23</b> Nároky na energie .....	78

## **Grafy**

<b>Graf 1</b> Tepelná zátěž v létě - promítací místnost 1.03 .....	37
<b>Graf 2</b> Tepelná zátěž v létě – denní místnost 1.04 .....	37
<b>Graf 3</b> Ukázka návrhu VVM 500 (24 lamel) pro místnost 2.01.....	40
<b>Graf 4</b> Ukázka návrhu TVOM 100 pro místnost 2.09 .....	40



# **PŘÍLOHY**

## **A. Přílohy výpočtové části**

A.1 Návrh vzduchotechnické jednotky č. 1

A.2 Návrh vzduchotechnické jednotky č. 2

## **B. Výkresy**

B.1 Půdorys 1. NP

B.2 Půdorys 2. NP

B.3 Řezy objektem