



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## VZDUCHOTECHNIKA STRAVOVACÍHO PROVOZU

VENTILATION OF THE CATERING OPERATION

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

#### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Lukáš Petr

#### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL UHER, Ph.D.

BRNO 2024



## Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav technických zařízení budov  
Student: **Bc. Lukáš Petr**  
Vedoucí práce: **Ing. Pavel Uher, Ph.D.**  
Akademický rok: 2023/24  
Studijní program: N0732A260023 Stavební inženýrství – pozemní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Větrání stravovacího provozu**

#### **A. STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PROBLEMATIKY ÚKOLU:**

Řešení problematiky větrání stravovacího provozu za pomoci CFD modelování. Problematika bude řešena na zadané budově.

#### **B. CÍLE A VÝSTUPY DIPLOMOVÉ PRÁCE:**

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní

podklady Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů) Ře-

šení využívající výpočetní techniku.

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100,

stručná technická zpráva

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C. Dílčí úkol ze zadaného tématu zpracovaný teoretickými metodami, příp. prováděcí projekt zadané profese. Konkrétní náplň stanoví vedoucí práce.

## **C. SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY A PODKLADY:**

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

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 9. 3. 2023

L. S.

---

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.

vedoucí ústavu

---

Ing. Pavel Uher, Ph.D.

vedoucí práce

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.

děkan





## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se věnuje simulacím proudění vzduchu v zadaném prostoru pomocí CFD metody. Cílem této práce je navrhnout 2 varianty větrání a vybrat optimálnější variantu s ohledem na rychlost proudění vzduchu v pobytové oblasti. Závěr práce se věnuje návrhu vzduchotechnického systému na zadaný prostor.

## **ABSTRACT**

Diploma thesis is focused on air flow simulation in the specified space by means CFD method. The main goal of this diploma thesis is to design 2 variants of ventilation and to choose the better one considering airflow speed in the most occupied space. Thesis conclusion is dedicated to is dealing with the design of air-conditioning system for specified space.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Vzduchotechnika, klimatizace, teplovzdušné větrání, velkokuchyně, alzheimer centrum, jídelna

## **KEY WORDS**

Ventilation, air-condition, hot air-system, kitchen, Alzheimer centrum, cafeteria

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PETR, Lukáš. Větrání stravovacího provozu. Brno, 2024. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/152716>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Pavel Uher.

## PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2024

.....

podpis autora

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto, bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Uherovi, Ph.D. za jeho velkou pomoc, ochotu, čas a skvělé rady při zpracování této práce. Dále bych samozřejmě chtěl poděkovat rodině a přátelům za veškerou podporu.

## Obsah

<b>A. STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PROBLEMATIKY ÚKOLU:</b> .....	<b>3</b>
<b>B. CÍLE A VÝSTUPY DIPLOMOVÉ PRÁCE:</b> .....	<b>3</b>
<b>C. SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY A PODKLADY:</b> .....	<b>4</b>
<b>ABSTRAKT</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>1</b>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b> .....	<b>1</b>
<b>KEY WORDS</b> .....	<b>1</b>
<b>BIBLIOGRAFICKÁ CITACE</b> .....	<b>2</b>
<b>PROHLÁŠENÍ:</b> .....	<b>3</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>A. TEORETICKÁ ČÁST – VĚTRÁNÍ VZT SYSTÉMU</b> .....	<b>8</b>
A.1 NUCENÉ VĚTRÁNÍ A JEHO DISTRIBUCE VZDUCHU .....	8
A.1.1 DŮLEŽITÉ POJMY .....	8
A.1.2 OBRAZY PROUDĚNÍ.....	9
A.1.3 ZPŮSOBY DISTRIBUCE VZDUCHU .....	12
A.1.4 DISTRIBUČNÍ ELEMENTY .....	14
A.2 SIMULACE PROUDĚNÍ VZDUCHU VZT SYSTÉMŮ .....	21
A.2.1 POPIS SIMULACÍ .....	21
A.2.2 POUŽITÍ.....	21
A.2.3 VÝHODY CFD SIMULACÍ .....	22
A.2.4 NEVÝHODY CFD SIMULACÍ.....	22
A.2.5 POSTUP PŘI CFD SIMULACÍCH .....	22
A.2.6 OKRAJOVÉ PODMÍNKY.....	25
A.2.7 STÁŘÍ VZDUCHU .....	26
<b>B. PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>27</b>
B.1 ÚVOD – PRAKTICKÁ ČÁST .....	27
B.1.1 POPIS MODELOVANÉHO PROSTŘEDÍ.....	27
B.1.2 PŮDORYS ŘEŠENÉ MÍSTNOSTI .....	28
B.2 CFD MODELOVÁNÍ .....	29
B.2.1 PREPROCESSING.....	29
B.2.2 POSTPROCESSING .....	36
	56
<b>C. PROJEKT</b> .....	<b>57</b>
C.1.1 SPECIFIKACE PRVKŮ .....	57
C.1.2 ROZDĚLENÍ NA FUNKČNÍ CELKY .....	58

C.1.3	PŮDORYS JÍDELNY 1.008 (ŘEŠENÉ MÍSTNOSTI).....	60
C.1.4	TEPELNÉ BILANCE V ŘEŠENÉM PROSTORU .....	61
C.1.5	URČENÍ PRŮTOKU VZDUCHU PRO DANÝ PROSTOR JÍDELNY.....	63
C.1.6	KONCOVÉ ELEMENTY V PROSTORÁCH JÍDELNY .....	64
C.1.7	DIMENZE POTRUBÍ PRO PROSTOR JÍDELNY .....	65
C.1.8	VZT JEDNOTKA PRO ZÓNU Č.1 – JÍDELNA .....	67
C.1.9	ÚPRAVY VZDUCHU (H-X DIAGRAM).....	70
C.1.10	ÚTLUM HLUKU PRO DANOU MÍSTNOST JÍDELNY.....	71
C.1.11	IZOLACE VZT POTRUBÍ .....	74
C.1.12	IZOLACE VZT POTRUBÍ JEDNOTKY PRO JÍDELNU .....	74
C.2	PROJEKT .....	78
C.2.1	TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	78
C.3	PODROBNÁ TECHNICKÁ SPECIFIKACE PRVKŮ .....	83
C.4	FUNKČNÍ SCHÉMA VZT ZAŘÍZENÍ.....	84
C.4.1	VZT ZAŘÍZENÍ Č.1 (JÍDELNA).....	84
<b>D.</b>	<b>POUŽITÉ ZDROJE.....</b>	<b>86</b>
<b>E.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ .....</b>	<b>88</b>
<b>F.</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ .....</b>	<b>90</b>
<b>PŘÍLOHY.....</b>		<b>93</b>
1.	VÝSTUP Z PROGRAMU AEROCAD .....	93
2.	VÝKRESY .....	93
	<b>PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VYSOKOŠKOLSKÉ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE.....</b>	<b>99</b>

## ÚVOD

Diplomová práce řeší problematiku větrání stravovacího provozu pomocí CFD modelování. Podklady pro vypracování v podobě výkresů byly poskytnuty v elektronické podobě. Práci jsem rozdělil do tří částí a to na teoretickou, praktickou a projektovou.

V teoretické části popisuji problematiku CFD simulací, obrazy proudění a jednotlivé distribuční elementy. V praktické části se věnuji přímo simulacím proudění vzduchu na zadané budově v určeném prostoru, konkrétně se věnuji větrání stravovacího provozu. Cílem je porovnat dvě varianty a vybrat tu optimálnější na základě rychlosti proudění vzduchu v obytné oblasti. V projektové části se věnuji návrhu systému vzduchotechniky pro zadaný prostor, kde je obsažena i technická zpráva, která obsahuje důležité informace o systému.

## A. TEORETICKÁ ČÁST – VĚTRÁNÍ VZT SYSTÉMU

### A.1 NUCENÉ VĚTRÁNÍ A JEHO DISTRIBUCE VZDUCHU

#### A.1.1 DŮLEŽITÉ POJMY

##### A.1.1.1 DOSAH PROUDU

Dosah proudu představuje vzdálenost pomyslné roviny od čela vyústky, kde rychlost proudění klesne pod mezní hodnotu což je obvykle 0,5 m/s.

##### A.1.1.2 OBRAZ PROUDĚNÍ

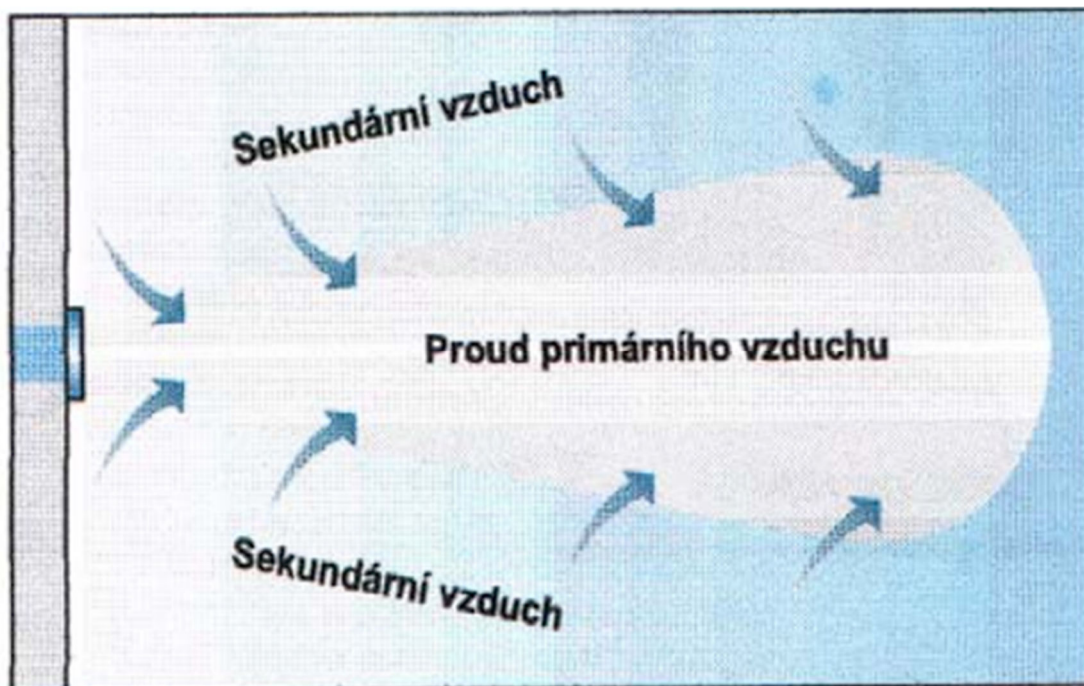
Umožňují vizuální představu o charakteru průtoku (proudění) vzduchu v místnosti. Tyto obrazy proudění ukazují směr, jakými se vzduch pohybuje.

##### A.1.1.3 PRIMÁRNÍ PROUD

Tvoří přiváděný proud vzduch a malá část vzduchu z místnosti, která je tímto proudem strhávána.

##### A.1.1.4 SEKUNDÁRNÍ PROUDY

Můžeme definovat jako druhořadé proudění vzduchu v místnosti, které jsou indukované primárními proudy.



Obrázek 1 Zobrazení druhotných proudů v prostoru [1]

### A.1.1.5 IZOTERMNÍ PROUD

Proud přiváděného vzduchu se stejnou teplotou jako je teplota vzduchu v místnosti.

### A.1.1.6 PŘIROZENÁ KONVEKCE

Je udávána účinkem vztlakových sil. Nastane díky vlivu samotného sdílení tepla, když tepelným zdrojem ohřejeme tekutinu. Jestli probíhá přirozená konvekce v neomezeném prostoru nazýváme to konvekcí volnou. Při malých rychlostech proudění ovlivňuje přirozená konvekce proudění vzduch v místnosti.

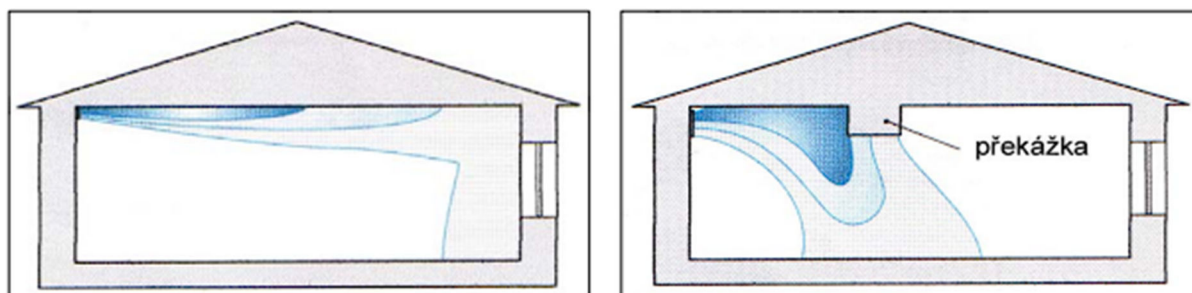
Rychlost vzduchu v obytných zónách

- Rychlost vzduchu  $< 0,1$  m/s, je nízká účinnost větrání
- Rychlost vzduchu  $> 0,25$  m/s, zde hrozí nebezpečí průvanu
- Obvykle rychlost vzduchu je  $\frac{1}{2}$  mezní rychlosti

## A.1.2 OBRAZY PROUDĚNÍ

### A.1.2.1 COANDA EFEKT

Ve svislé stěně těsně pod stropem je distribuční element – když vzduch vystupuje z elementu dojde k přilnutí ke stropu a prodlouží se dosah proudu v obvyklých případech o  $\frac{1}{3}$ . K tomuto efektu dochází kvůli podtlaku mezi horní částí proudu vzduchu a stropem a ten vzniká důsledkem rozdílné indukce sekundárního vzduchu od primárního v jeho horní a spodní části. Vzniká i v rohu svislých stěn nejen u stropu.



Obrázek 2 Zobrazení podstropního efektu [1]

### A.1.2.2 KOMPAKTNÍ PROUD

Charakterizuje ho minimální indukce vzduchu a je to dlouhý, hladký proud s co nejmenším počtem okrajových turbulencí. Kompaktní proud se využívá například pomocí dýz pro přívod vzduchu na větší vzdálenost. Nejvíce se uplatní u letištních hal, sportovních hal, obchodních center, tělocvičien, plaveckých bazénů, skladů apod.

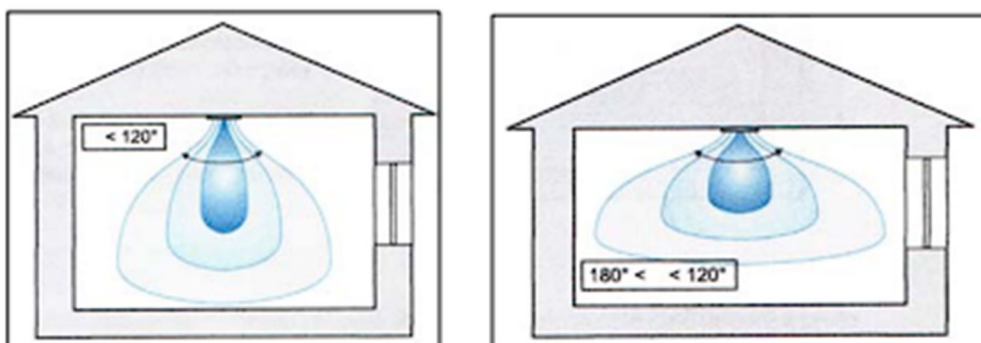


Obrázek 3 Zobrazení kompaktního proudu [1]

### A.1.2.3 KUŽELOVÝ PROUD

U větších prostor je úhel proudu distribuovaného vzduchu do  $120^\circ$  a má větší dosah. U nižších prostor má proud výstupního vzduchu v rozmezí  $120^\circ - 180^\circ$  a má menší dosah.

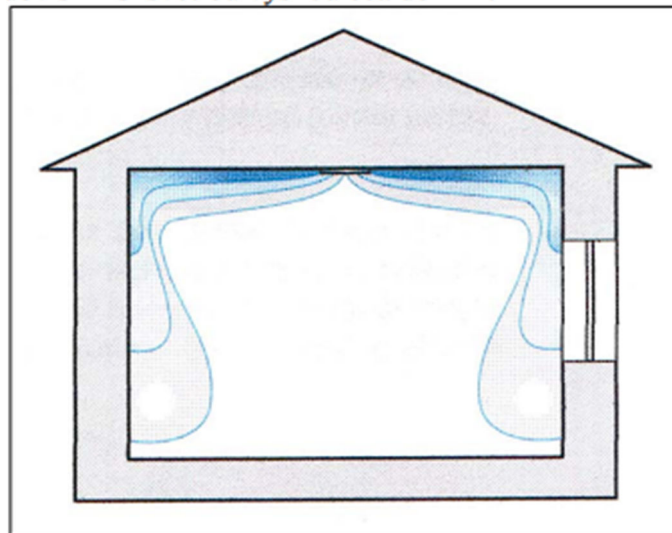
- Větší prostory – obchodní centra, letištní haly, sklady atd. Použití anemostatů
- Nižší prostory – administrativní a obchodní prostory. Použití vířivých výústí.



Obrázek 4 Zobrazení kuželového proudu [1]

#### A.1.2.4 RADIÁLNÍ PROUD

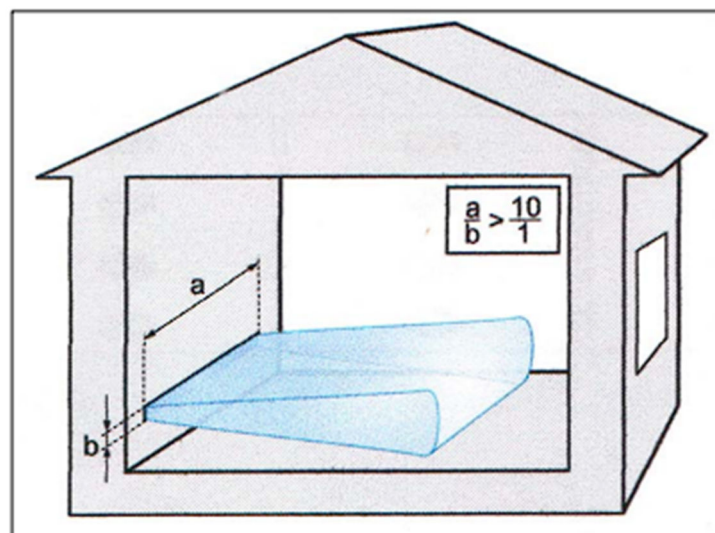
Výstupní proud vzduchu má úhel přibližně 180°. Jedná se čistě o podstropní proud. Použijeme ho pro teplovzdušné vytápění, nebo pro přívod chladného vzduchu. Distribuční prvky jsou vířivé výústě a deskové difuzory, které jsou jednoúčelově tvarované. Vhodné použití je u budov s menší světlou výškou do 4m.



Obrázek 5 Zobrazení radiálního proudu [1]

#### A.1.2.5 PLOCHÝ PROUD

Vytváří se u distribučních elementů, které jsou čtyřhranné. Kratší strana by měla být minimálně 10krát menší než strana delší. Distribuční prvky jsou kompaktní lineární výústě, vzduchotechnické výústky, mřížky a dlouhé distribuční pásy.



Obrázek 6 Zobrazení plochého proudu [1]

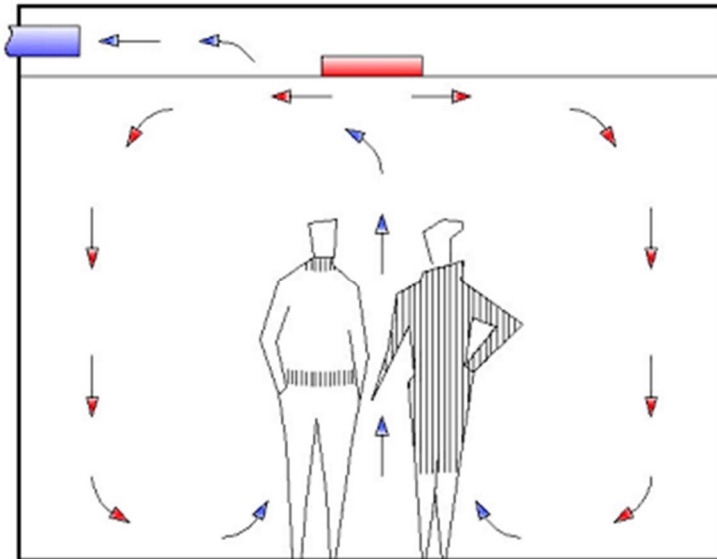
### A.1.3 ZPŮSOBY DISTRIBUCE VZDUCHU

Distribuce vzduchu se v zásadě rozděluje na tři kategorie:

- Směšovací způsob
- Zaplavovací způsob
- Vytěšňování

#### A.1.3.1 DISTRIBUCE VZDUCHU SMĚŠOVÁNÍ

Dochází zde k míchání vnitřního vzduchu s proudy přiváděného vzduchu a tím dochází k turbulentnímu proudění. V pracovní oblasti se znehodnocený vzduch ředí buď přímým proudem přiváděného vzduchu, nebo zpětnými proudy. Patří mezi nejčastější způsob distribuce vzduchu a o tom přesvědčí i množství vyráběných distribučních elementů. Mezi tyto distribuční elementy řadíme obdélníkové vyústky, anemostaty, dýzy, vířivé anemostaty, štěrby atd.

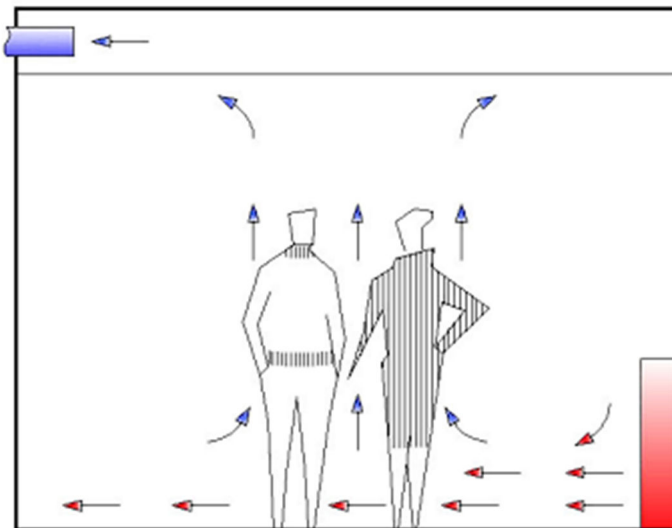


Obrázek 7 Zobrazení distribuce vzduchu směšováním [1]

### A.1.3.2 DISTRIBUCE VZDUCHU ZAPLAVOVÁNÍM

Do oblasti se vzduch přivede malou rychlostí většinou do 0,5 m/s velkoplošnou výustí, která je umístěná u podlahy. U tohoto způsobu větrání prakticky nevzniká cirkulace vzduchu v oblasti. Vzduch se v oblasti pohybuje pomocí tepelné konvekce, která vzniká podél zdrojů tepla. Mezi zdroje tepla řadíme osob, elektromagnetické vybavení, technologie apod. Vzduch, který je ohřátý, stoupá směrem vzhůru ke stropu, kde většinou dochází k odsávání.

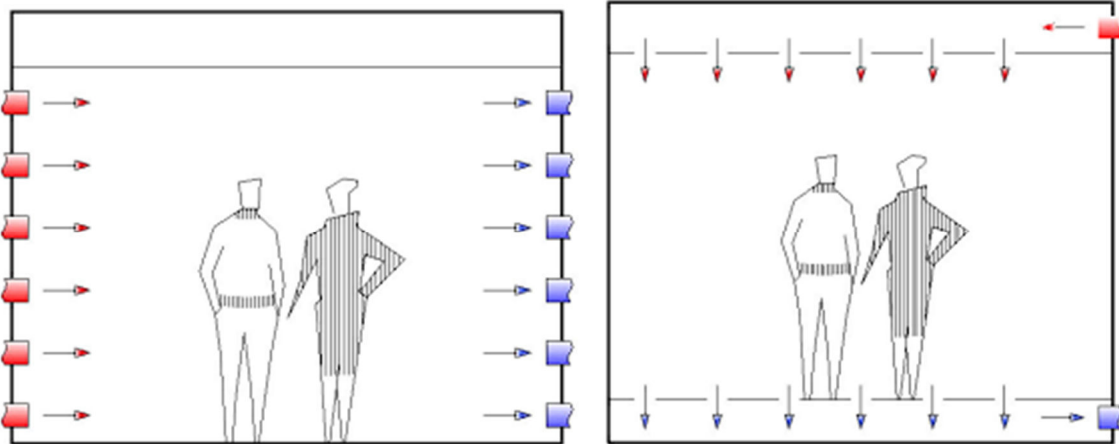
Zaplavování se používá jen pro chlazení, protože vzduch, který je přiveden musí být stabilizován, a to teplotně u podlahy. To znamená, že je u podlahy držen vztlačovými silami. Přivedený vzduch je chladnější zpravidla o 1-3 K oproti vzduchu nad pracovní zónou a ohřeje se od zdrojů tepla v pracovní oblasti. Vzduch se přivádí pomocí velkoplošných vyústek.



Obrázek 8 Zobrazení distribuce vzduchu zaplavováním [1]

### A.1.3.3 DISTRIBUCE VZDUCHU VYTĚŠŇOVÁNÍM

Přivedený vzduch vytlačuje píستovým způsobem znehodnocený vzduch z prostoru. Použije se třeba pro vytvoření laminárního proudění v čistých prostorech, kde je vzduch přiveden celou plochou stropu, nebo ze stěny v místnosti. Odvod poté může být řešen například podlahou, případně protilehlou stěnou.



Obrázek 9 Zobrazení distribuce vzduchu vytěšňováním [1]

### A.1.4 DISTRIBUČNÍ ELEMENTY

Distribuční elementy můžeme rozdělit podle konstrukce na:

- obdélníkové výusti
- štěrbiny
- trysky
- pole trysek
- anemostaty
- vířivé anemostaty
- velkoplošné vyústky
- podlahové vyústky
- talířové ventily
- textilní vyústky
- speciální vyústky

#### **A.1.4.1 OBDELNÍKOVÉ VÝUSTKY**

Nejčastější výústky jsou tvaru obdélníka, které jsou tvořeny rámečkem v němž jsou umístěny lamely, kterými lze upravit proud a tvar vzduchu. Výústky co přivádí vzduch jsou často dvouřadé s vertikální i horizontální řadou lamel. Pro odvod vzduchu z prostoru se používají jednořadé výústky. Pro nastavování průtoku na výústkách se používá regulační ústrojí, které je tvořeno buď protiběžnými, nebo náběhovými listy.

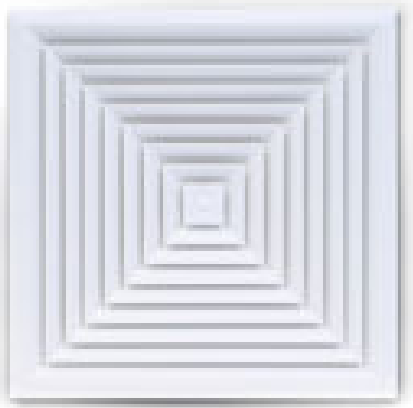
Rozsah průtoku je různý a je vhodný spíše pro velký průtok vzduchu, přibližně do 1100 m<sup>3</sup>/h. Rychlost vzduchu, který proudí z vyústí je omezený hlučností, ale to se vztahuje hlavně na využití konkrétního prostoru. Rychlost přívodní výústky pracují až 4 m/s, v komfortních zónách je však omezená do 1,5 m/s. Rozdíl  $\Delta t_p$  se volí do 6 K. Tyto výústky lze umístit přímo do potrubí, podhledů, příček.



**Obrázek 10** *Obdélníková výústka [7]*

#### **A.1.4.2 ANEMOSTATY**

Jedná se o stropní vyústky , které jsou vkládány do podhledů místností, nebo mohou být instalovány volně pod stropem. V místnostech se světloú výškou 2,6 m – 4 m. Používají se pro přívod, ale i odvod vzduchu. Anemostaty jsou tvořeny ze soustavy pevných profilovaných lamel a to zaručuje rovnoměrný přívod vzduchu do všech směrů. Průtoky vzduchu u anemostatů jsou až do 2000 m<sup>3</sup>/h. Pracovní rozdíl teplot  $\Delta t_p=8K$ . Tvar může být čtvercový, nebo kruhový a může zde být i jako součást přípojovací box se svislým, nebo vodorovným napojením na VZT systém. U hrdla v přípojovacím boxu je regulační klapka.



**Obrázek 11** Čtvercový anemostat [2]

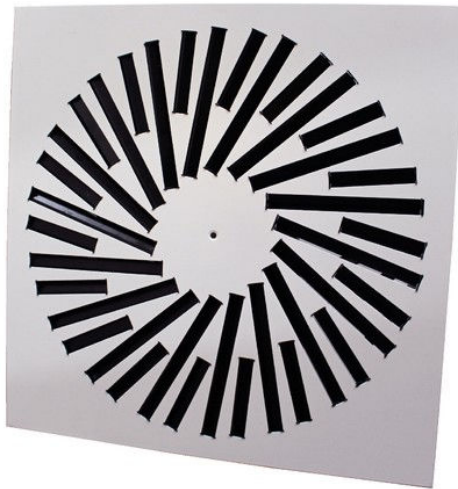


**Obrázek 12** Kruhový anemostat [2]

#### **A.1.4.3 VÍŘIVÉ ANEMOSTATY**

Lamely u vířivých anemostatů mohou být buď pevné, nebo nastavitelné a jejich konstrukce je uzpůsobena tak, aby došlo k intenzivnímu směšování přivedeného vzduchu se vzduchem v místnosti. Mezi hodně důležité věci patří nastavování výstupních lamel, protože při přechodu z vytápění na chlazení a opačně je potřeba řešit dosahy proudu při rozdílných teplotách vzduchu, který je přiveden. Nejčastěji používané vířivé anemostaty jsou s pevnými lamelami, upravenými tak, aby šly použít pro obě roční období.

Využití je v místnostech s výškami od 2,6m do 6m a vhodnější jsou pro přívod vzduchu do prostoru. Pro odvod vzduchu se nevyplatí kvůli ceně. Průtoky vzduchu jsou od 200 m<sup>3</sup>/h do 1500 m<sup>3</sup>/h a dokáží pracovat s velkým pracovním rozdílem teplot až do 12 K. Uplatnění najdou hlavně v prostorách s vysokou tepelnou zátěží, mezi které řadíme obchodní centra, nebo administrativní prostory s větším podílem prosklených ploch.



**Obrázek 13** *Vířivý anemostat [3]*

#### A.1.4.4 TALÍŘOVÉ VENTILY

Pro odvádění vzduchu z prostoru se nejčastěji používají talířové ventily, ale mohou být využity i pro přívod, pokud k tomu jsou přizpůsobeny. Vhodné využití je pro malé průtoky vzduchu. Tvořen je vstupním kuželem a středovým diskem, který je nastavitelný, jímž dochází k regulaci průtoku vzduchu. Malé průtoky, s kterými ventily pracují jsou od 30 m<sup>3</sup>/h do 200 m<sup>3</sup>/h. Průměry, které se vyrábí, jsou v rozmezí od 80 až 200 mm a výroba je z plastu nebo ocelového plechu. Nejčastěji se z talířovými ventily potkáme u hygienických zařízení, nebo pro distribuci teplo-vzdušného vytápění RD.



Obrázek 14 a) odvodní ventil b) přívodní ventil [2]

#### A.1.4.5 TRYSKY

U trysek je chování podobné jako u obdélníkových vyústek, avšak trysky mají lepší možnost usměrnění proudu vzduchu, což se hodí pro neizotermní proudění. Velká výhoda je možnost distribuce velkého množství vzduchu a při vysokých výtokových rychlostech zachovat tichý chod. Speciálním případem je všesměrové pole trysek, který se používá například v televizních studiích.



Obrázek 15 a) samostatná tryska b) pole trysek [1]

#### **A.1.4.6 ŠTĚRBINOVÉ VYÚSTKY**

Jsou nejvíce charakterizovány tím, že jejich délka je několikanásobně větší než šířka, která je v rozmezí 15-50mm. Jejich největší využití najdeme v kancelářích, konferenčních sálech a podobně pro klimatizaci a komfortní větrání. Nejvhodnější prostor pro přívod vzduchu touto vyústkou je s výškou 2,6 – 4 m. Vystupující směr vzduchu může být přizpůsoben požadavkům. Je možnost vytvoření plošného proudění a to znamená, že mohou posloužit jako vzduchové clony. Přívod vzduchu je od 50 m<sup>3</sup>/h do 500 m<sup>3</sup>/h na jeden metr délky štěrby. Pracovní rozdíl teplot je 6K. Omezení může přijít jen s hlučností zařízení. Štěrbiny jsou jednořadé, dvouřadé a mohou být až čtyřřadé. Štěrbinová výust' je tvořena i připojovací komorou s hrdlem, kde je umístěna regulační klapka.



**Obrázek 16** Štěrbina s připojovacím hrdlem [2]

#### A.1.4.7 PODLAHOVÉ VYÚSTKY

Nejčastější umístění těchto vyústek je do falešných dvojitých podlah, kde je vedeno potrubí. Tyto vyústky se používají tam, kde působí konvekční proudění, které vzniká od lidí, nebo elektronického vybavení. Umisťují se do prostorů místnosti, kde není dlouhodobý pobyt osob kvůli riziku vznikajícího průvanu v blízkosti těchto vyústek. Přibližně by měli být umístěny 0,5 m od míst k sezení. Pracovní rozdíl teplot je do 4K jak pro vytápění tak i pro chlazení. Nízké jsou rychlosti proudění, které bývají okolo 0,3 m/s a průtoky vzduchu by měli být do 500 m<sup>3</sup>/h. Vyústka je většinou vybavena košem, který jde vyjmout pro zachycení nečistot. Výúst je tvořena mřížkou pro vytvoření vířivého proudu, která je umístěna na otočném kotouči.



Obrázek 17 Podlahové výustě [1]

## A.2 Simulace proudění vzduchu VZT systémů

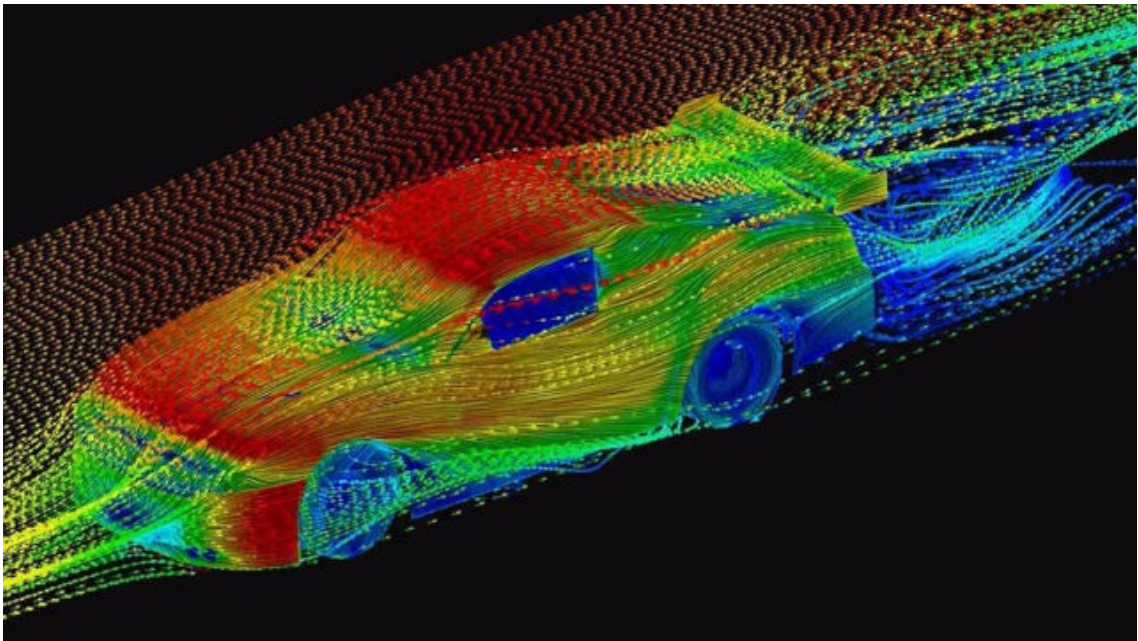
### A.2.1 Popis simulací

Pro detailnější zpracování simulací a proudění různých plynů a tekutin v různém prostředí se používá vědecká metoda CFD (Computational Fluid Dynamics), což můžeme přeložit jako výpočetní dynamiku tekutin.

- Je to technika, která využívá fyzikální chování, jako je rychlost, teplota, tlak, při proudění tekutin a plynů a pomocí numerických metod a počítačových algoritmů je schopna vyřešit detailní simulaci.

### A.2.2 Použití

Přímo technika CFD se používá například při řešení aerodynamiky letadel a automobilů, dále právě při návrhu vzduchotechnických systémů, analýza proudění vody, nebo vzduchu, návrh turbín atd...



Obrázek 18 Příklad CFD simulace [6]

### **A.2.3 Výhody CFD simulací**

Šetření času a nákladů – Asi největší výhodou CFD simulací je že, umožňují testovat a optimalizovat návrhy a modely, před samotnou realizací, což výrazně ušetří čas a peníze, které by se jinak utratili za prototypy.

Rizika – CFD simulace umožňují provést rizikové scénáře, které můžou nastat a to bez fyzického ohrožení na zdraví. Do této kategorie řadíme nehody nebo havárie.

Vizualizace – CFD simulace umožňují vizuální výstupy pro snadnější pochopení chování např. daného plynu, nebo tekutiny v systému a lépe se tak prezentují výsledky ostatním.

Změny – lehká analýza modelu při změnách jak tvaru, tak okrajových podmínek

### **A.2.4 Nevýhody CFD simulací**

Výpočetní technika – tato metoda je náročná na výpočetní výkon počítače

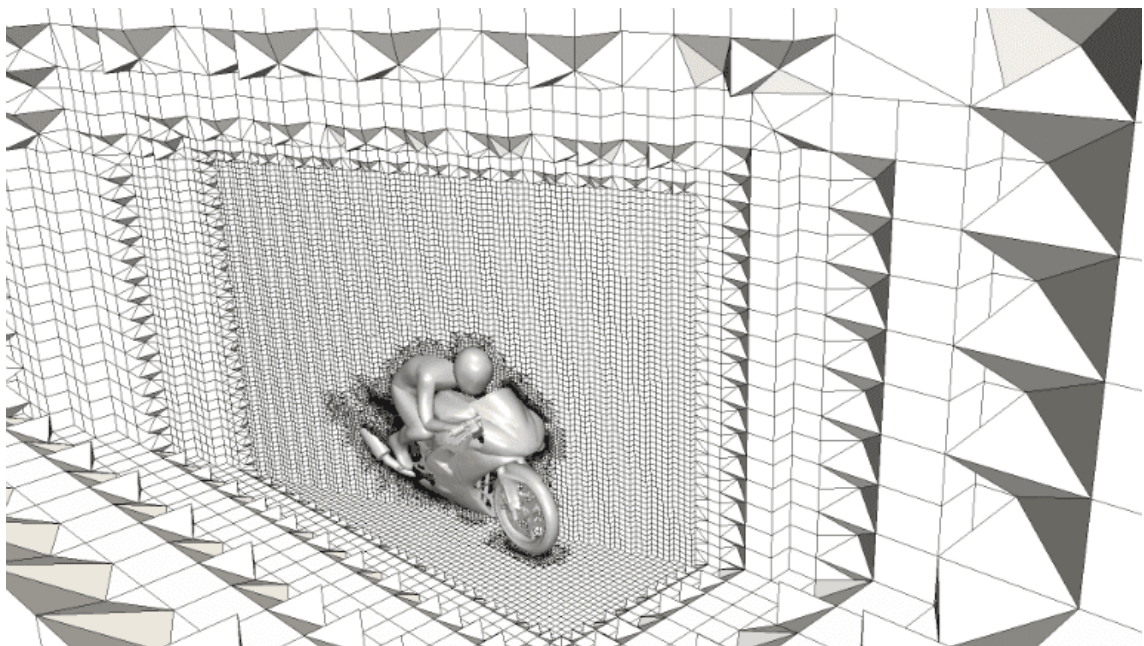
### **A.2.5 Postup při CFD simulacích**

V simulacích postupujeme dle následujících třech bodů Pre-procesing, Pro-cesing a Post-procesing

### A.2.5.1 Pre-Processing

Zahrnuje geometrii, nastavení materiálových vlastností a nastavení počátečních a okrajových podmínek. Problémy jsou s geometrií, kde je nutné mít kvalitní CAD geometrii bez vad, protože je to klíčové pro nastavení analýzy CFD. Do problematiky se řadí: Mezery, volné stěny, hrany, uzly, ostré úhly, překrývající se stěny, chybějící stěny. Ideální je zaplnit mezery, rozdělit povrchy s velkým zakřivením a odstranit nepotřebné detaily. Geometrii lze nahrát ve formátech .stp/ .step, .stl, .iges, doporučovaný je .stp/ .step, protože je nejstabilnější.

Klíčovým krokem je takzvaný mashing. Ten rozděluje fyzickou oblast na buňky. Numerické řešení je počítáno v jednotlivých buňkách řešením rovnic řídicího proudění tekutin uvnitř. Jak moc síť buněk zjemnit závisí na konkrétním problému. Například když má daná tekutina velké změny vlastností musí se dát velký pozor na to, aby síť byla dostatečně jemná pro co nejlepší výsledky. V podstatě se začne s hrubou sítí a síť se zjemňuje pro konkrétní oblasti v problematice vzducho-techniky například u výustek.



Obrázek 19 Ukázka meshe [4]

Prvním krokem je výběr typu simulace (stlačitelná, nestlačitelná, přírodní konvekce atd...). Jakmile typ simulace je zvolen, nastaví se další fyzikální parametry. Například pokud chceme počítat s efektem turbulence na proudění tekutin, nastaví se turbulence jako parametr a pokud chceme zanedbat efekty turbulence, tak se nastaví laminární proudění tekutin. Pokud je proudění tekutin časově závislé, můžeme nastavit přechodný režim a jakmile není časově závislé nastavíme ustálený stav.

Dále se poskytnou materiálové vlastnosti, počáteční podmínky a okrajové podmínky. Přiřadí se vlastnosti tekutině. Výběr počátečních a okrajových podmínek je jedním z nejdůležitějších kroků.

#### **A.2.5.2 Procesing**

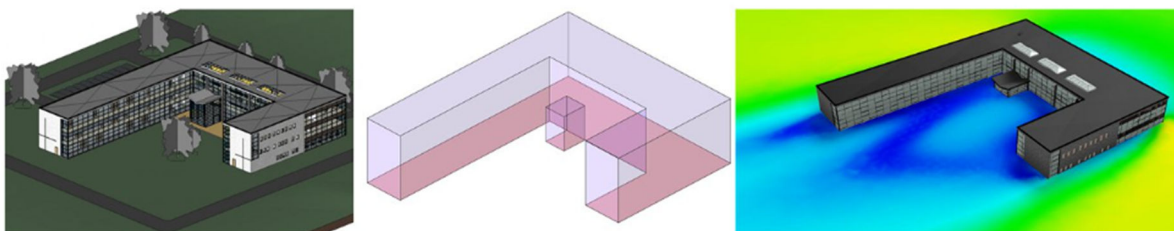
Dalším krokem je specifikace numerických parametrů

#### **A.2.5.3 Postprocesing**

Výsledky CFD simulací lze získat v podobě grafické (vektory), číselné nebo pomocí grafů.

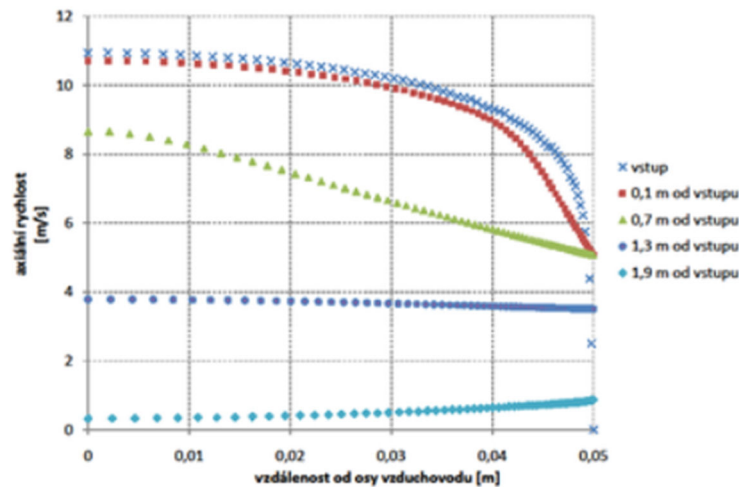
Číselné výsledky jsou prezentovány jako střední hodnoty tlaků, a rychlostí. Můžeme zde vyhodnotit i hmotnostní či objemové průtoky jednotlivými oblastmi proudění. Případně lze získat jako výstup toků tepla stěnami apod.

Vyhodnocení, které je nejčastější je varianta grafického zobrazení základních proudových veličin. Například tlakové pole, teplotní pole, nebo rychlostní pole.



**Obrázek 20** Rychlostní pole u obtékání budovy [5]

Mimo grafické výstupy lze výsledky prezentovat i pomocí grafů.



Obrázek 21 Vyhodnocení ve formě grafů [5]

### A.2.6 Okrajové podmínky

Jedna z nejdůležitějších věcí v CFD simulacích je správná volba okrajových podmínek, které zajišťují

**Wall conditions** – Podmínka, která se používá, abychom zjistili chování tekutiny na povrchu pevných těles, což jsou stěny potrubí, tělesa vozidel atd. Běžná okrajová podmínka pro stěny je nulová rychlost a nulový gradient tlaku.

**Inlet and outlet conditions** – Přívodní podmínky definují vlastnost tekutiny, která přichází do simulované oblasti. Mohou obsahovat informace o teplotě, rychlosti, koncentraci látek apod. Odtokové podmínky určují chování tekutiny, která opouští simulovanou oblast.

**Symmetry conditions** – Když je část oblasti symetrická může se uvažovat se symetrickou okrajovou podmínkou, která odráží proudění tak, že se vytváří podmínky vzhledem k určené rovině.

**Periodic conditions** – Používá se v případě periodické geometrie. Tyto podmínky simulují opakování určité části oblasti.

**Free surface conditions** – Simulace s volným povrchem jsou okrajové podmínky pro určení chování volného povrchu tekutin. Mezi to řadíme například proudění vodní hladiny.

### **A.2.7 Stáří vzduchu**

Kvalita vzduchu v interiérech je klíčový prvek pro pohodu obyvatel, hlavně proto, že ve většině zemích lidé tráví cca 90% svého času v tomto prostředí. Lidé mohou trpět nemocí souvisejícími s vnitřním prostředím, kterým se může předcházet pomocí správného průtoku ventilace daného prostředí. K onemocnění dochází například kvůli bakteriím, plísním, přenosu člověka, toxickým látkám a podobně.

Ventilační vzduch v místnostech je většinou udržován v pohybu kvůli tlakovým rozdílům.

Stáří vzduchu znamená průměrný čas, který potřebují molekuly vzduchu při pohybu k dosažení zájmového bodu. Výpočet je v ustáleném stavu. Stáří vzduchu lze spočítat po vytvoření simulace v CFD a lze to spočítat jako samostatnou operaci.

## **B. PRAKTICKÁ ČÁST**

### **B.1 ÚVOD – PRAKTICKÁ ČÁST**

Praktická část diplomové práce zkoumá CFD simulace proudění vzduchu v místnosti č. 1.008 – Jídelna v Alzheimer centru na základě navrženého projektu z mé bakalářské práce.

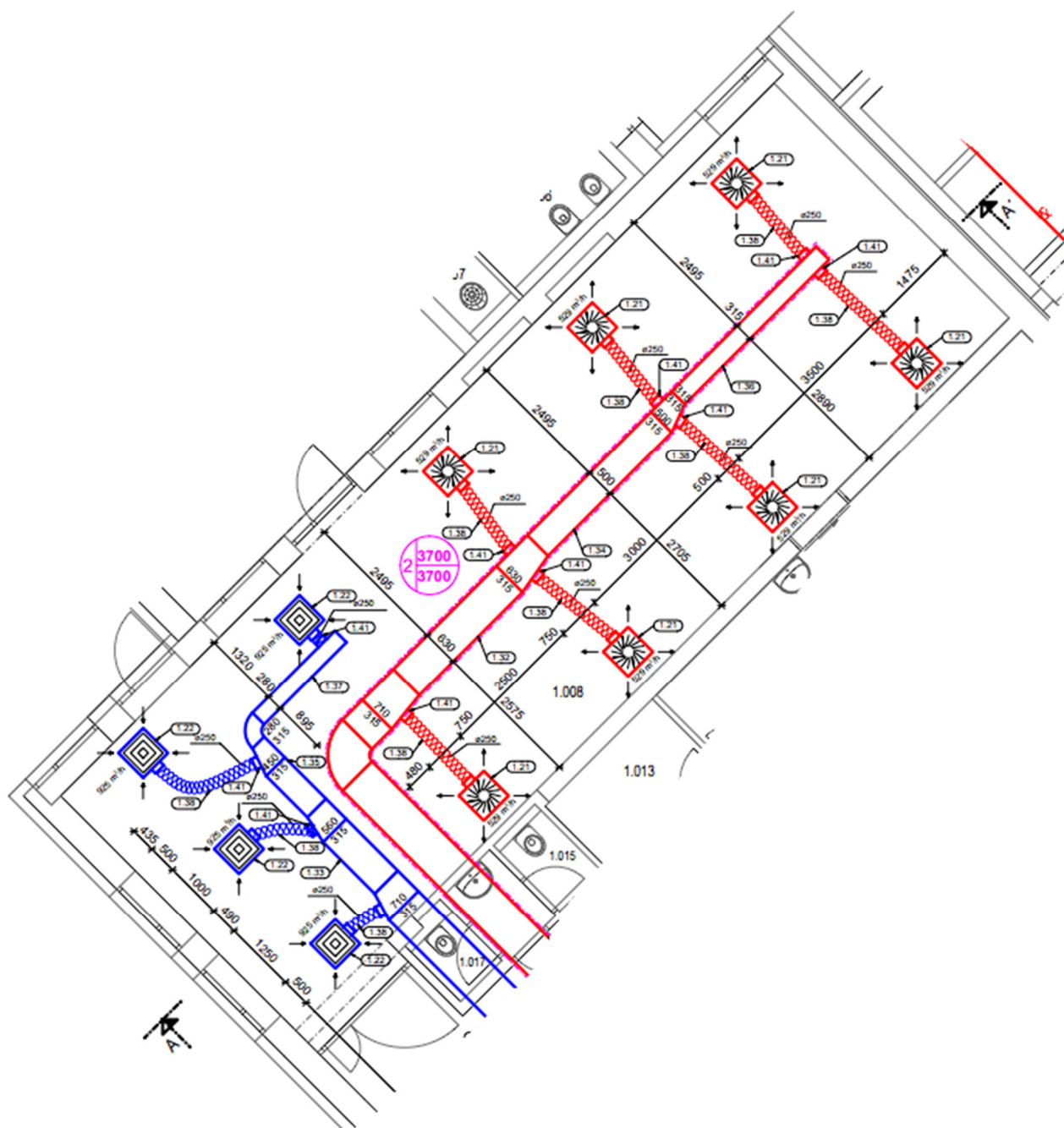
#### **B.1.1 Popis modelovaného prostředí**

Prostor prostředí, kde bude probíhat simulace proudění vzduchu je jídelna v Alzheimer centru, která je obsluhována vlastní vzduchotechnickou jednotkou. Jídelna má plochu 97,4 m<sup>2</sup> se světlou výškou 2,835 m, což činí objem místnosti 276 m<sup>3</sup>. V prostoru se uvažuje o obsazenosti jídelny v maximálním počtu 40 lidí.

Prostor jídelny je uvažován v rovnotlaku. Vzduch, který bude sloužit pro větrání je nasáván přes fasádu a protidešťovou žaluzií. Fasáda je orientovaná na východní stranu. Vzduch, který bude nasáván se bude ve vzduchotechnické jednotce filtrovat, rekuperovat, ohřívat a případně chladit. Po této úpravě je vzduch dopravován do jednotlivých distribučních elementů pomocí čtyřhranného potrubí. Hodnoty, na které se vzduch bude upravovat, jsou uvedeny v technické zprávě. V simulaci tohoto prostředí uvažujeme s teplotou 20°C. Jako přírodní elementy v první variantě jsou vířivé vyústky.

Odvod vzduchu je řešen pomocí čtvercových anemostatů a přes čtyřhranné potrubí je šachtou vyveden nad střechu. Nejdříve než je odveden projde vzduchotechnickou jednotkou, kde dochází k filtraci, rekuperaci a následně dojde k odvedení do exteriéru.

## B.1.2 PŮDORYS ŘEŠENÉ MÍSTNOSTI



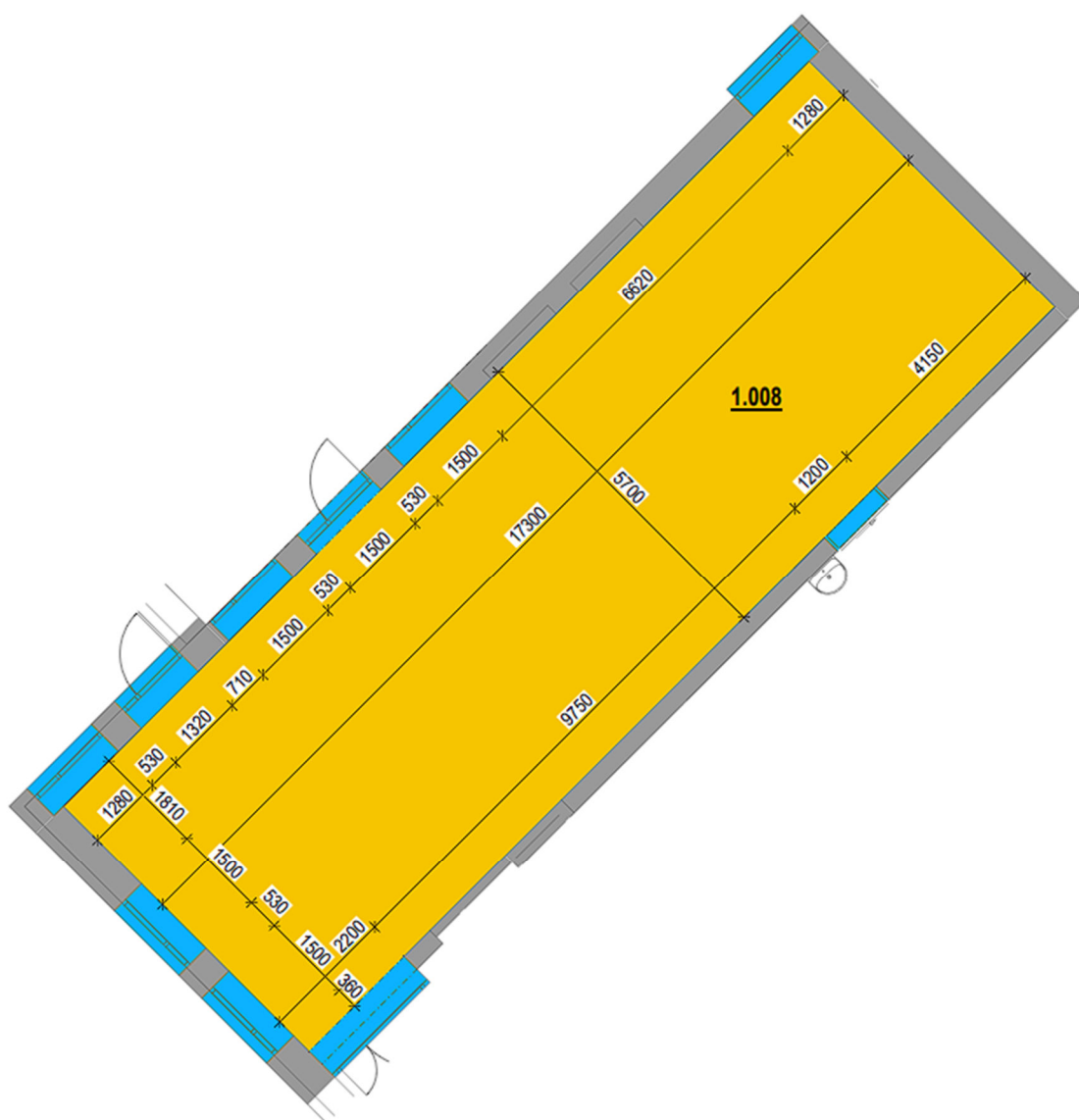
Obrázek 22 Půdorys místnosti jídelny 1.008, na kterou se bude simulace aplikovat varianta 1

## B.2 CFD MODELOVÁNÍ

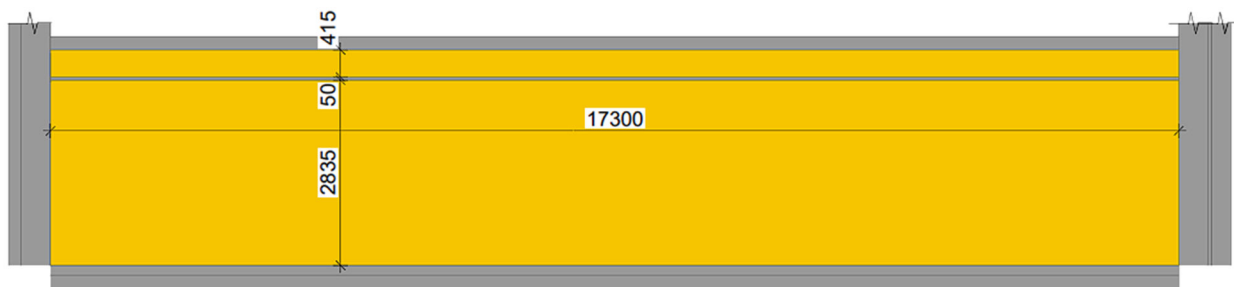
Model místnosti je vymodelovaný přímo ve výpočtovém programu Simcenter STAR-CCM+ 2020.1, který umožňuje jednoduchou a přehlednou práci.

### B.2.1 Preprocessing

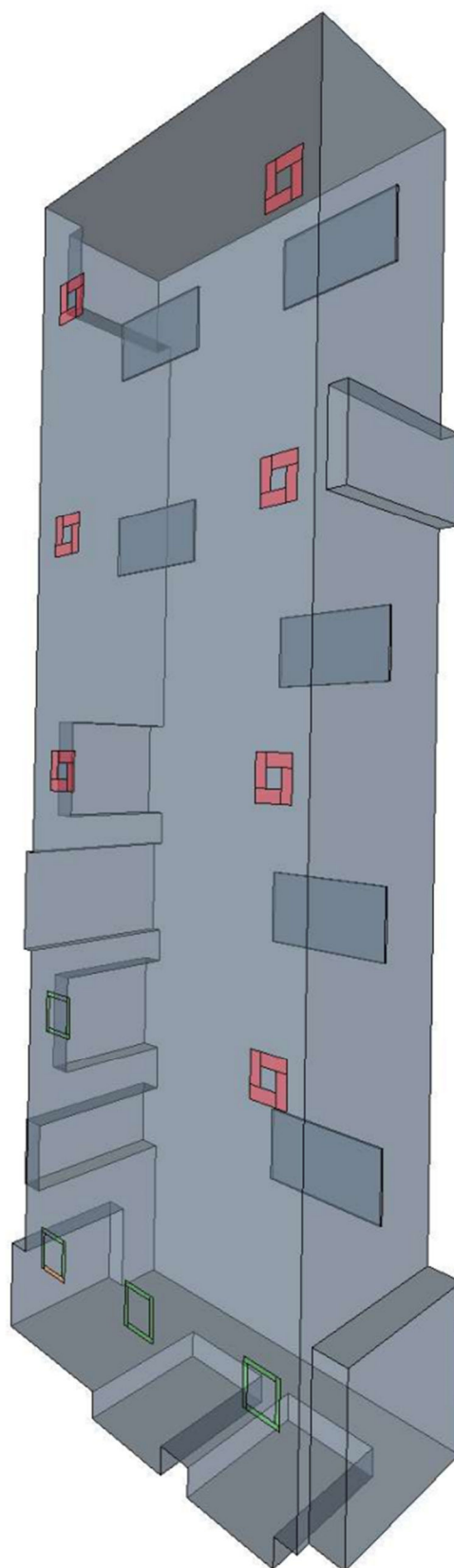
#### B.2.1.1 Geometrie modelu



Obrázek 23 Schéma řešené místnosti



**Obrázek 24** Schématický řez místnosti



**Obrázek 25** Geometrie výpočtového modelu s rozmístěním přívodních a odvodních elementů a vnitřního vybavení

### B.2.1.2 Výpočetní síť modelu

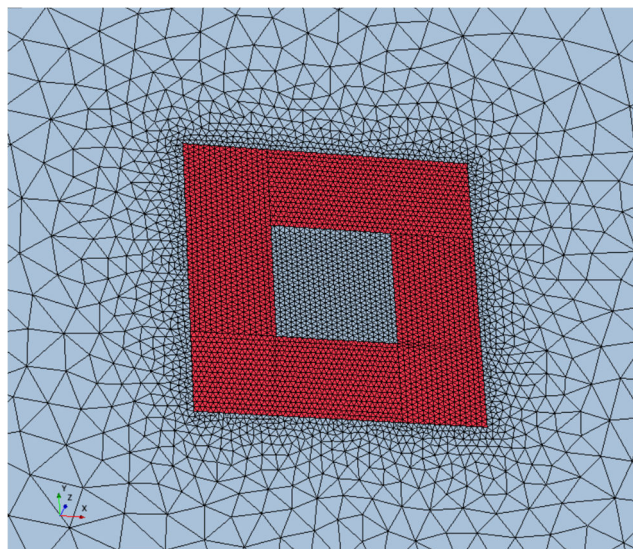
Objemová výpočtová síť a její maximální velikost buněk je nastavená na 0,3m. V okolí vyústek přívodních i odvodních je velikost zmenšená na 0,009m, to by mělo vyhovět přesnějším výsledkům simulací. Každá jednotlivá vyústka byla modelovaná zvlášť na jednotlivé části, abychom mohli nastavit přesnější proudění vzduchu a vyhnout se možným chybám.

Maximum Cell Size	
Size Type	Relative to base
Percentage of Base	100.0
Absolute Size	0.3 m

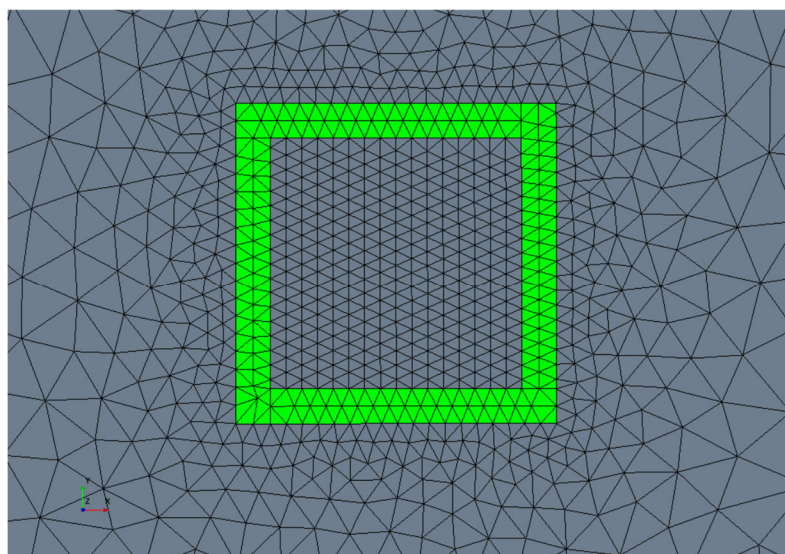
Obrázek 27 Nastavení maximální velikosti buněk

Minimum Surface Size	
Size Type	Relative to base
Percentage of Base	3.0
Absolute Size	0.009 m

Obrázek 26 Nastavení minimální velikosti buněk



Obrázek 28 Zobrazení přívodního elementu, který je rozdělen na pět jednotlivých částí



Obrázek 29 Zobrazení odvodní vyústky, která je rozdělena na pět částí

### B.2.1.3 Modelování fyziky

V mém konkrétním případě jsem uvažoval s CFD simulací pro ustálený děj a proto se průtok přírodního vzduchu a okrajové podmínky v čase nemění. Teplota přírodního vzduchu je stejná jako teplota vzduchu v místnosti. Pro izotermický výpočet jsem uvažoval trojrozměrný model prostoru a plyn s konstantní hustotou. Výpočetní nastavení je coupled flow a proudění vzduchu turbulentní s modelem turbulence k- $\epsilon$ . Celá simulace je brána jako ustálená.

### B.2.1.4 Okrajové podmínky

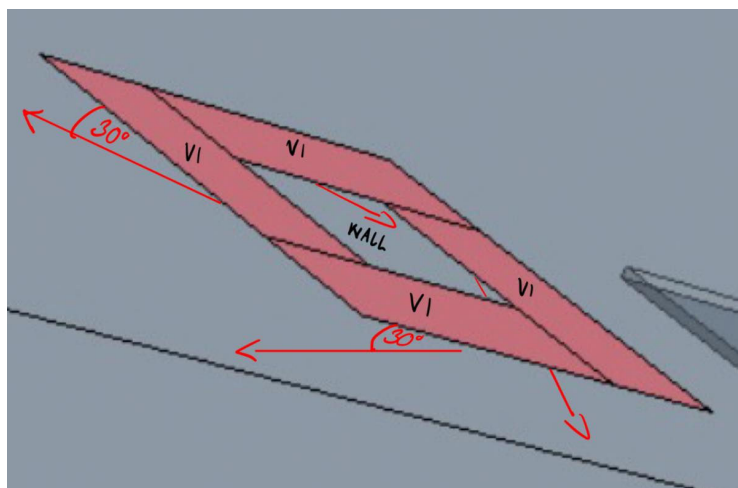
Při modelování prostoru jsem u stěn, stropu, podlahy a vnitřního vybavení použil funkci „wall“.

Okrajové podmínky u odvodních vyústek jsem nastavil jako podmínku *outlet*, kde nastavení *split ratio* u jedné celé vyústky bylo rovno 0,25, což mi při čtyřech odvodních vyústkách dalo potřebný součet rovno 1 a tudíž dochází ke stejnému odvodu vzduchu jako je do prostoru přivedeno.

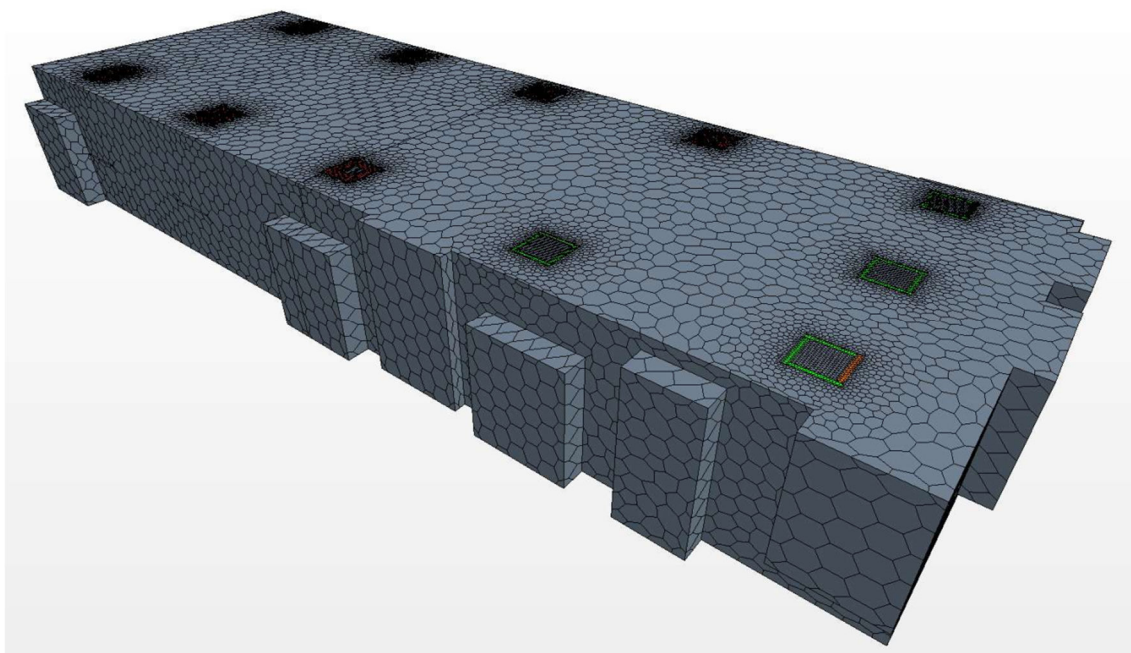
„*Velocity inlet*“ je nastavení u vyústek přívodu vzduchu, kde se nastavuje rychlost proudění vzduchu, avšak toto nastavení je normála k ploše, kterou nastavujeme a proto v mém případě u vířivých vyústí musím nastavit úhel z každé jednotlivé plochy. Musí se tedy provést rozklad sil a úhel výsledného proudu jsem nastavil 30°. Nastavená rychlost he 0,498 m/s.

průtok	529	m <sup>3</sup> /h
A	600	mm
S	0,36	m <sup>2</sup>
S <sub>ef</sub>	0,295	m <sup>2</sup>
1 štěrbina	0,07375	m <sup>2</sup>
A <sub>s</sub>	0,427475	m
B <sub>s</sub>	0,172525	m
v	0,498117	m/s

Tabulka 1 Rychlost vzduchu z přívodní vyústky



Obrázek 30 Zobrazení nastavených směrů proudů z vířivé vyústky

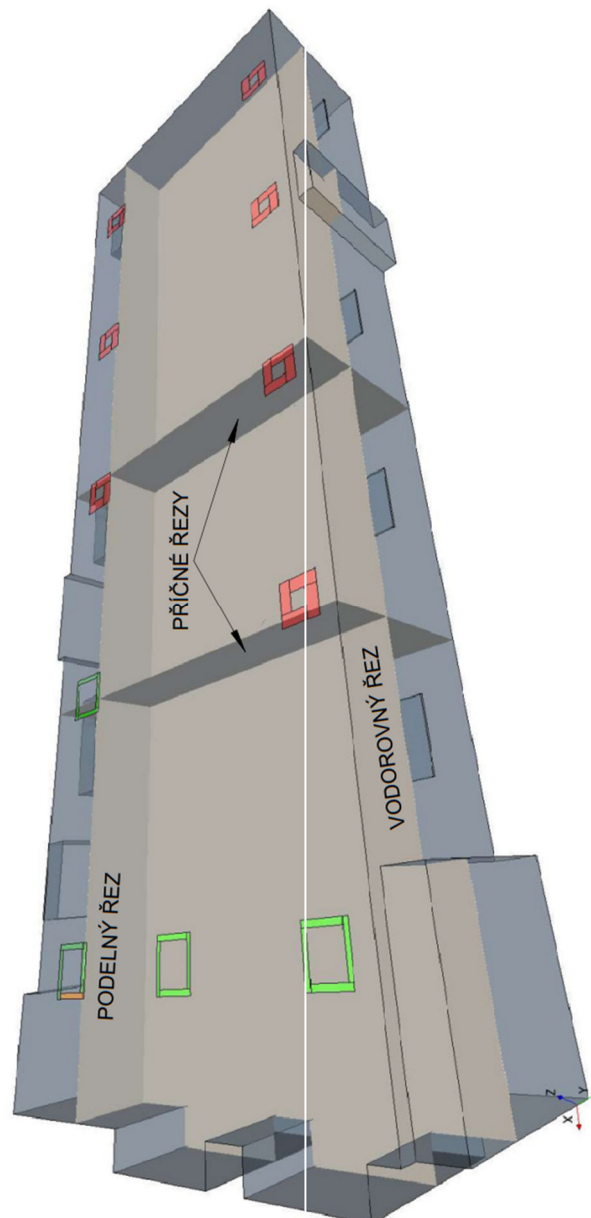


**Obrázek 31** Zobrazení meshe v jídelně

## B.2.2 Postprocessing

### B.2.2.1 Vedené řezy

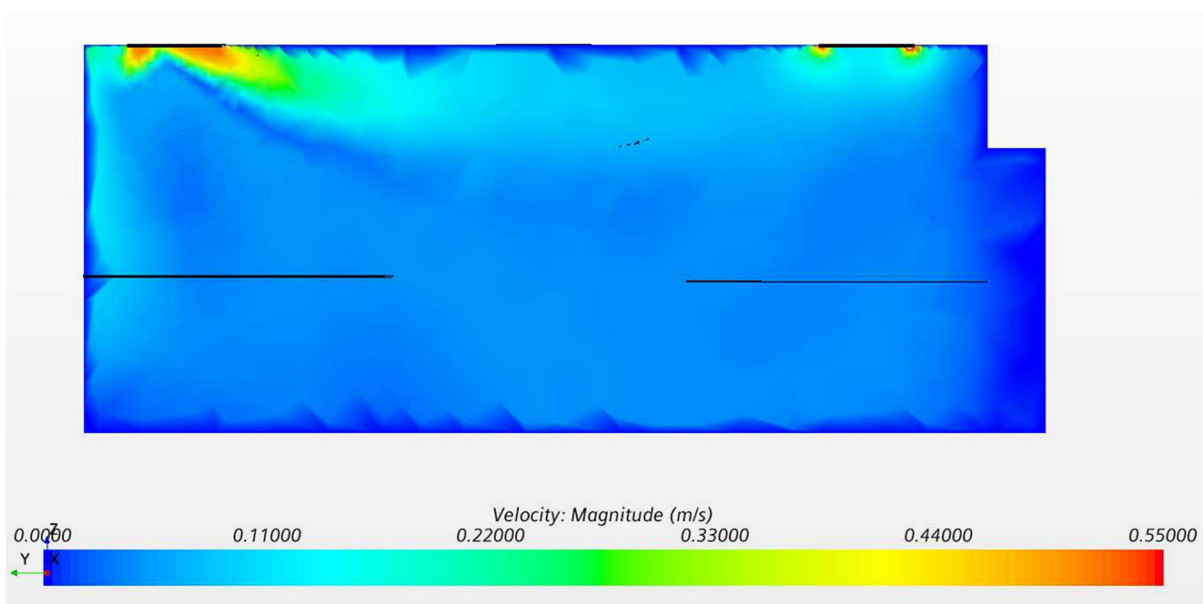
Mezi výstupy simulací řadíme i zobrazování průběhů rychlostí a teplot v jednom podélném řezu, jednom vodorovném řezu a dvou příčných řezech. V obou výstupových variantách jsou řezy vedené stejným místem. Vodorovný řez je umístěn ve výšce 1,3 m od podlahy pro zjištění hodnot v úrovni hlavy pro sedící v jídelně.



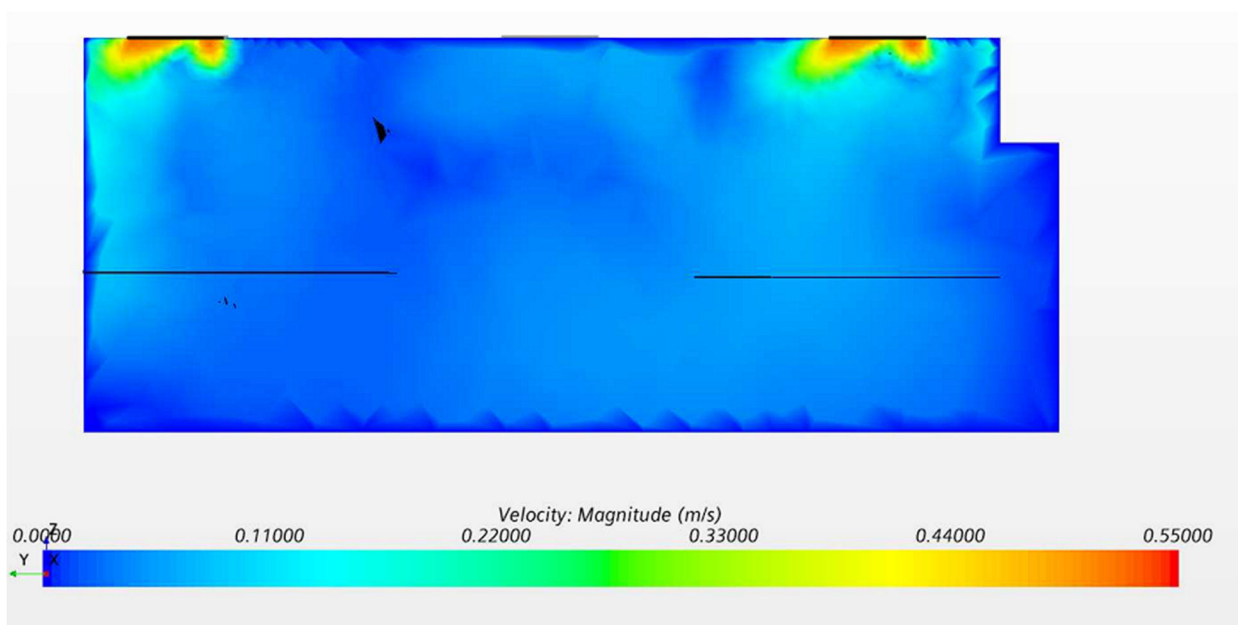
Obrázek 32 Roviny řezu

### **B.2.2.2 Varianta č.1 podle projektové dokumentace**

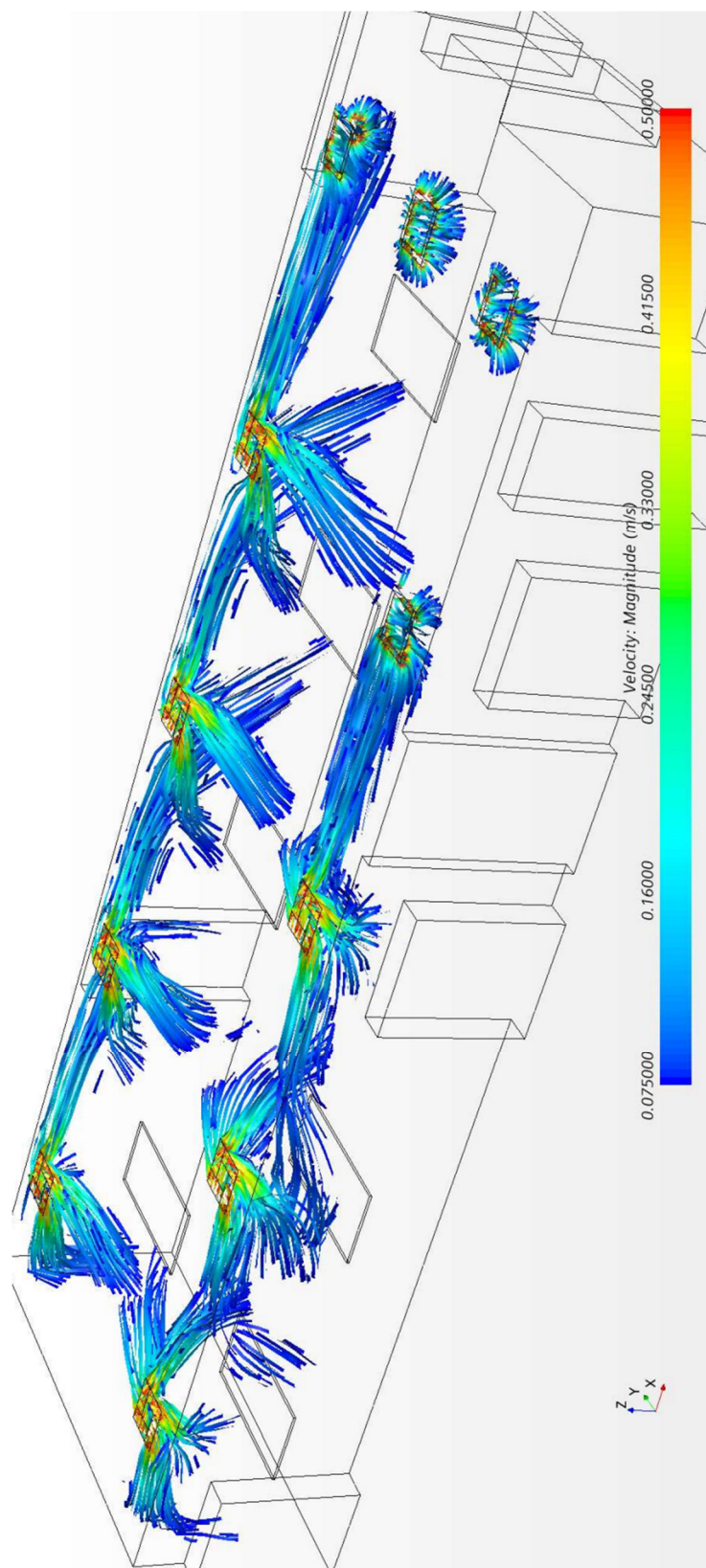
Tato varianta ukazuje proudění vzduchu, konkrétně směr a jeho rychlost. Neuvažuje se zde s tepelnými zisky jak z exteriéru (okolí), tak ani z vnitřního prostředí. Teplota vzduchu, který se přivádí je stejná jako teplota v místnosti. Pomocí sedmy přírodních vyústek, které jsou umístěny podél obou podélných stěn je do prostoru distribuován vzduch a odvod vzduchu je realizován přes tři odvodní vyústky, které jsou při jedné z příčných stěn, která je nejvíce prosklená. Každá přírodní vyústka je složená z pěti jednotlivých částí z toho čtyři jsou nastavené, abys přiváděli vzduch (efektivní plocha vyústky) a jedna je pod podmínkou *wall*. Každá z jednotlivých částí má nastavený proudění vzduchu jiným směrem pod úhlem 30°, abychom co nejpřesněji nasimulovali proudění vzduchu vířivé vyústky. Odvod vzduchu je řešen tlakovým rozdílem pomocí nastavení na každé odvodní vyústce příkazem split ratio.



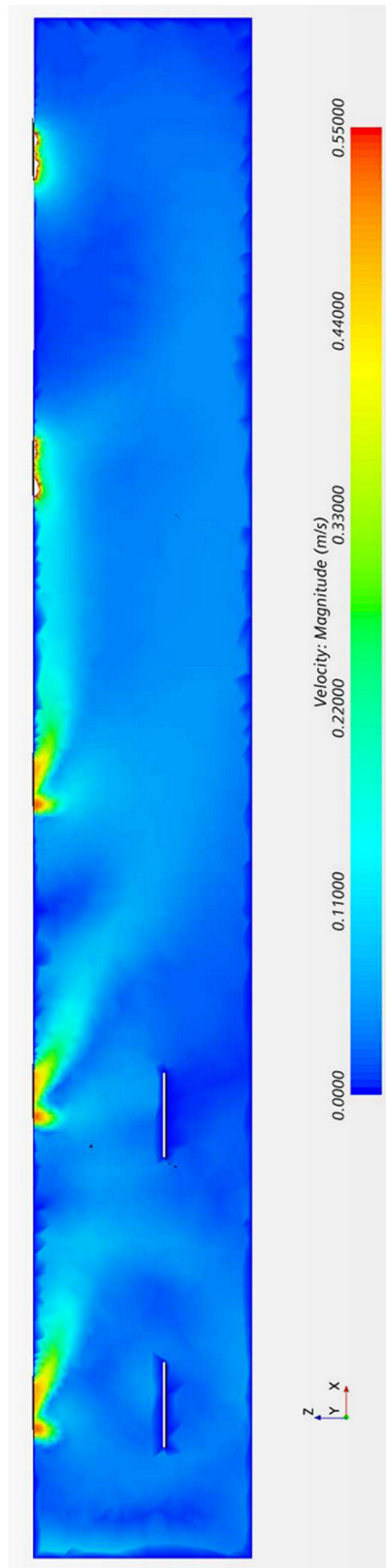
**Obrázek 34** Zobrazení rychlostí proudění vzduchu pomocí příčného řezu jídelnou přes přívodní a odvodní vyústku



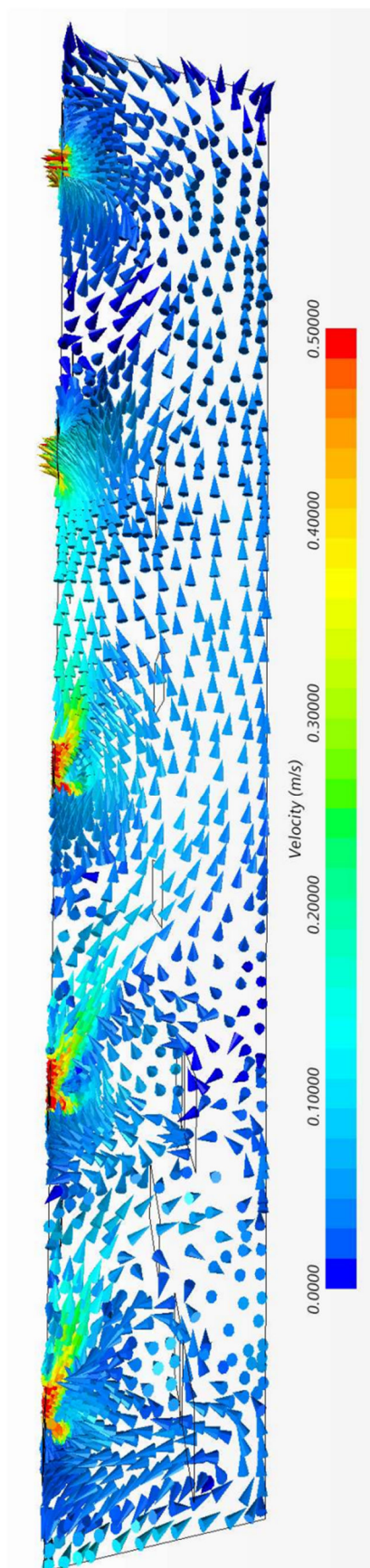
**Obrázek 33** Zobrazení rychlostí proudění vzduchu pomocí příčného řezu jídelnou přes 2 přívodní vyústky



Obrázek 35 Zobrazení proudění vzduchu proudnicemi



**Obrázek 36** Zobrazení rychlostí proudění vzduchu pomocí podélného řezu jídelnou



**Obrázek 37** Zobrazení směru a rychlosti proudění vzduchu v podélném řezu jídelnou

## Závěr

### Průběh rychlostí

Rychlost proudění vzduchu jsem posuzoval pro celou místnost v úrovni hlavy při sezení u jídelního stolu, což je 1,3m vysoko od podlahy a to z důvodu využití místnosti jako jídelny.

Řez pro pobytovou oblast	
1. Varianta rychlost m/s	
v průměrná	0,0367
v maximální	0,134
v minimální	0,002

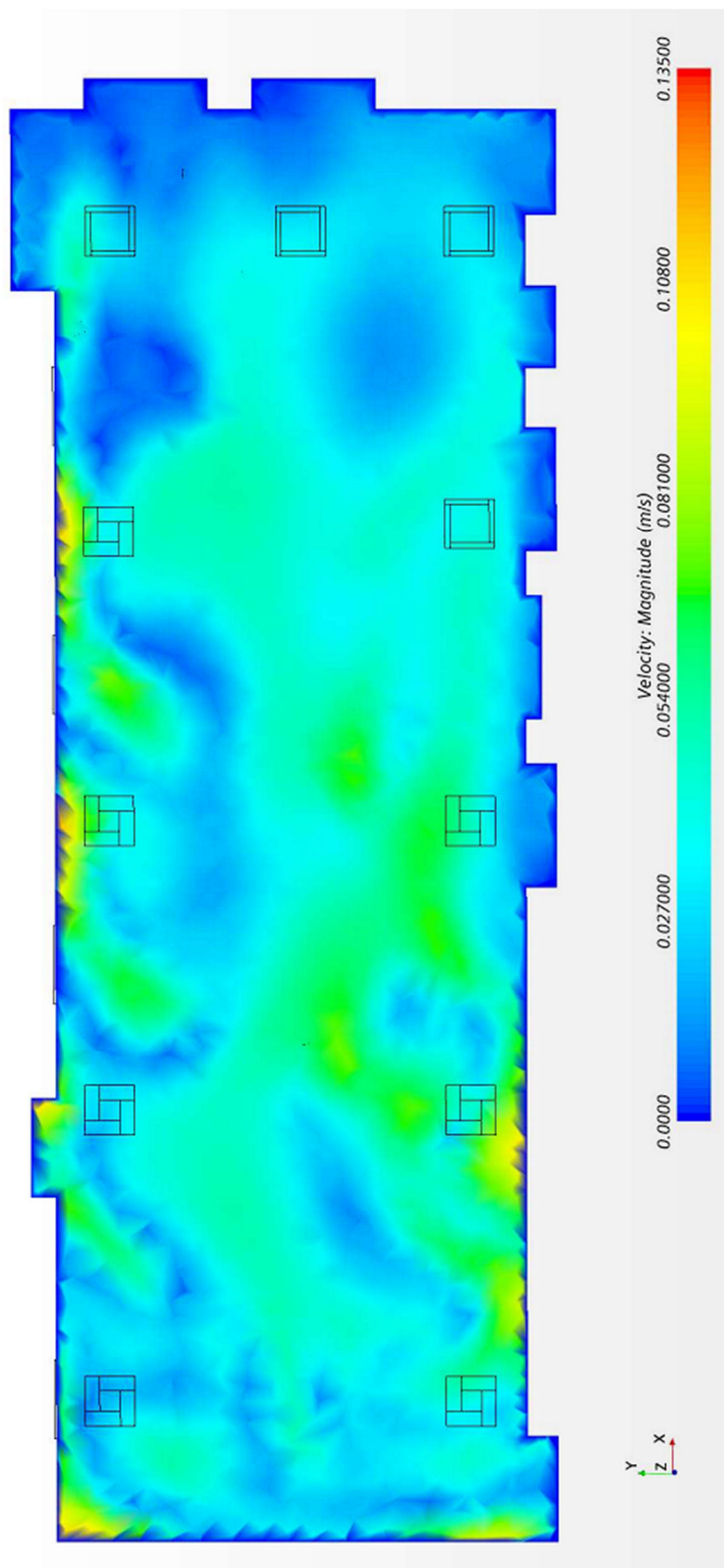
Tabulka 2 Přehled rychlostí v pobytové oblasti 1,3m nad podlahou

Maximální rychlost proudění vzduchu v této výšce 1,3m na podlahou je 0,134 m/s což vyhovuje podmínce  $<0,2$  m/s. Minimální hodnota rychlosti vzduchu v tomto vodorovném řezu místnosti je 0,002 m/s a průměrná rychlost 0,0367 m/s. V této simulaci, ale přivedený vzduch není ovlivňován rozdílnými teplotami mezi přivedeným vzduchem a vzduchem v místnosti, a proto se nepovažuje za úplně směrodatný.

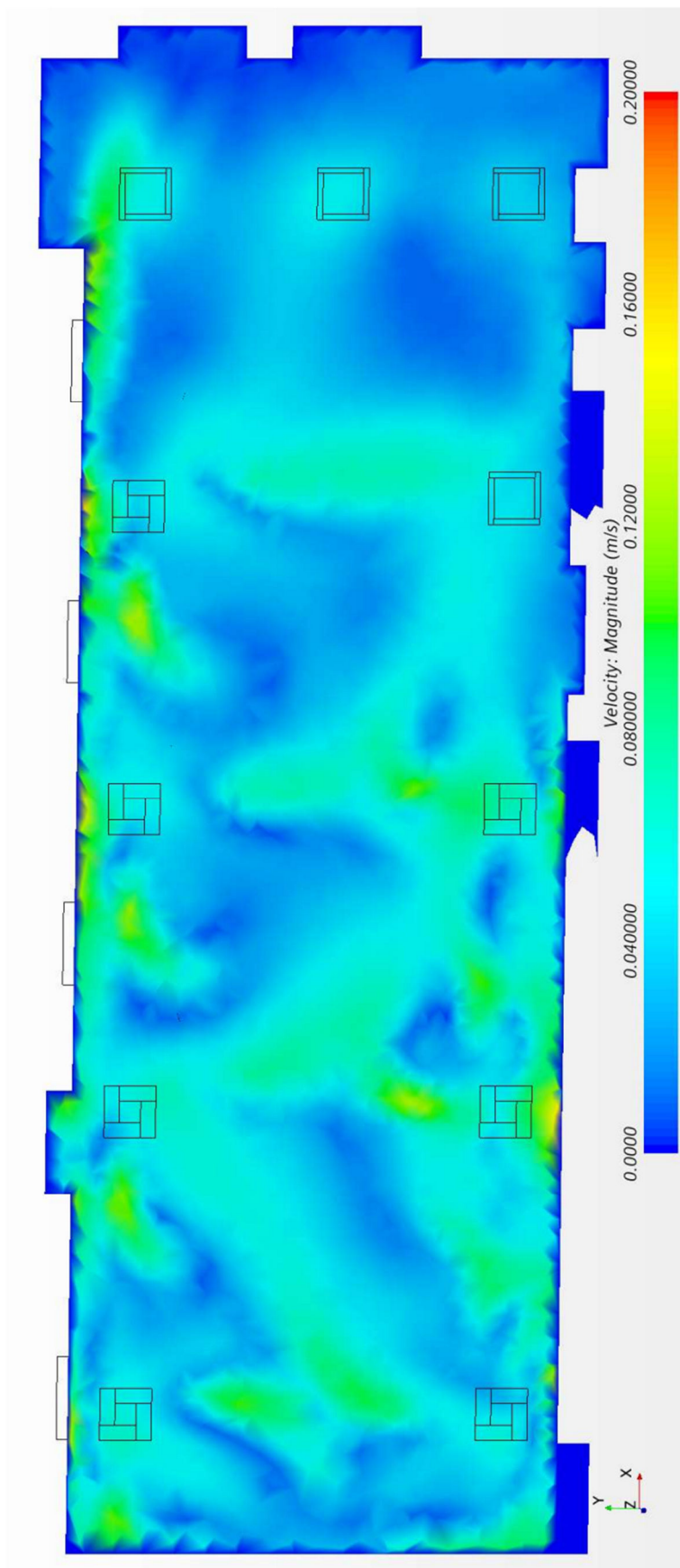
Řez pro pobytovou oblast	
1. Varianta rychlost m/s	
v průměrná	0,0442
v maximální	0,186
v minimální	0,001

Tabulka 3 Přehled rychlostí v pobytové oblasti 1,8m nad podlahou

Ve výšce 1,8 metrů nad podlahou se také vyhodnotilo, že v místě hlavy například pro případnou obsluhu jídelny nebude vznikat nikde žádný nepříjemný průvan  $<0,2$  m/s.



**Obrázek 38** Zobrazení rychlostí proudění vzduchu ve vodorovném řezu 1,3m nad podlahou



Obrázek 39 Zobrazení rychlostí proudění vzduchu ve vodorovném řezu 1,8m nad podlahou

### B.2.2.3 2.VARIANTA S MENŠÍM POČTEM PŘÍVODNÍCH VYÚSTEK

V druhé variantě jsem zredukoval počet přívodních vyústí a osadil je do podhledu na osu místnosti do jedné řady. Musel jsem změnit typ vyústky kvůli hlu-ku, kde rozměry ze 600x600mm se změni na 625x625 mm a samozřejmě se změni i průtok z 529 m<sup>3</sup>/h na 925 m<sup>3</sup>/h a rychlost vystupujícího vzduchu z 0,498 m/s na 0,543 m/s.

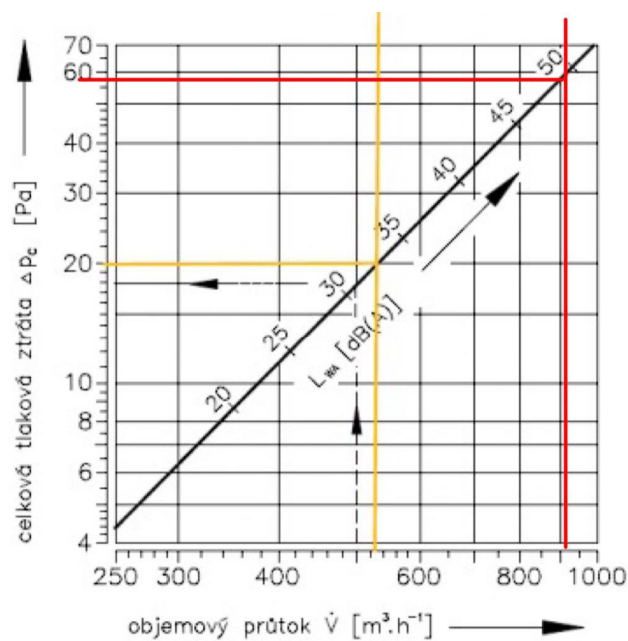


Obrázek 40 Půdorys místnosti jídelny 1.008, na kterou se bude simulace aplikovat varianta 2

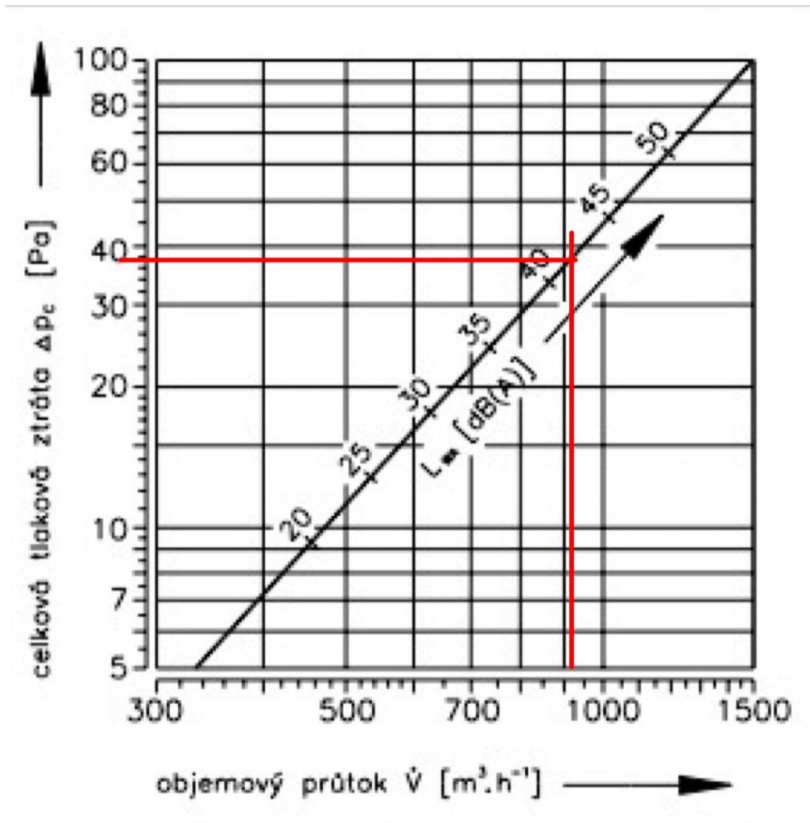
<b>průtok</b>	925	m <sup>3</sup> /h
<b>A</b>	625	mm
<b>S</b>	0,390625	m <sup>2</sup>
<b>S<sub>ef</sub></b>	0,473	m <sup>2</sup>
<b>1 štěrbina</b>	0,11825	m <sup>2</sup>
<b>A<sub>s</sub></b>	0,427475	m
<b>B<sub>s</sub></b>	0,172525	m
<b>v</b>	0,543223	m/s

**Tabulka 4** Průtok, plocha, efektivní plocha a výstupní rychlost z vyústky varianty 2

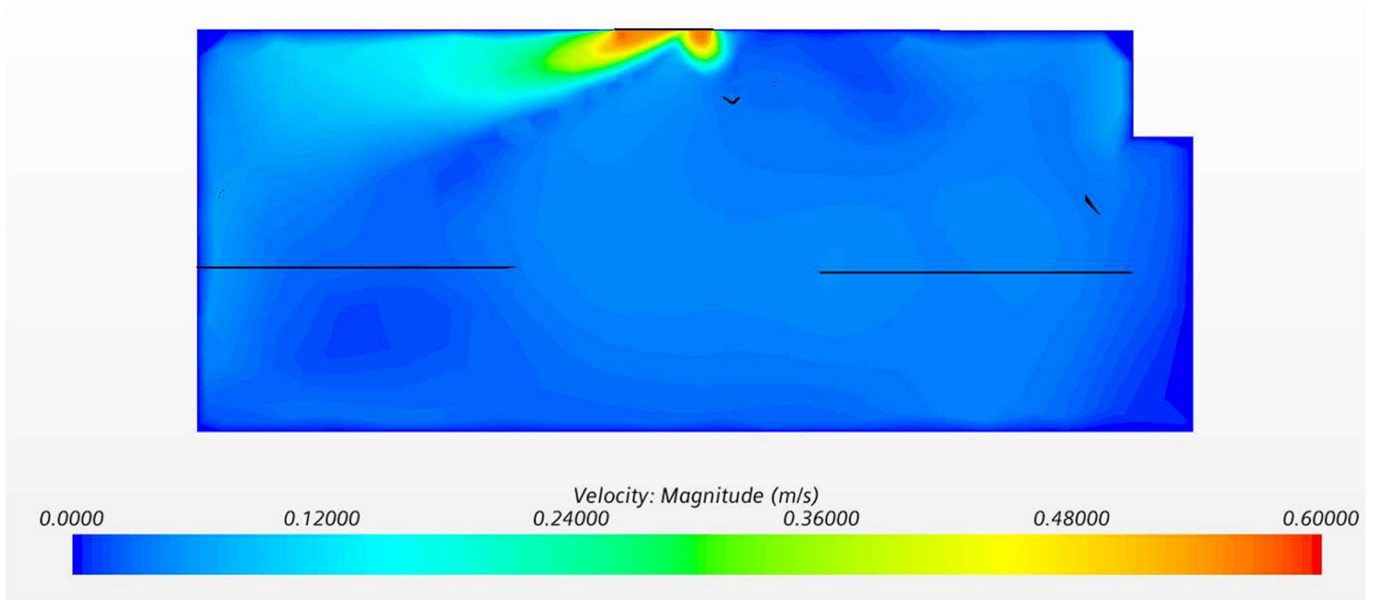
Při stejné vyústce by byl akustický výkon vyústky okolo 50 dB což je hodně a proto jsem změnil typ na VVM 625/54 lamel z VVM 600/24 lamel.



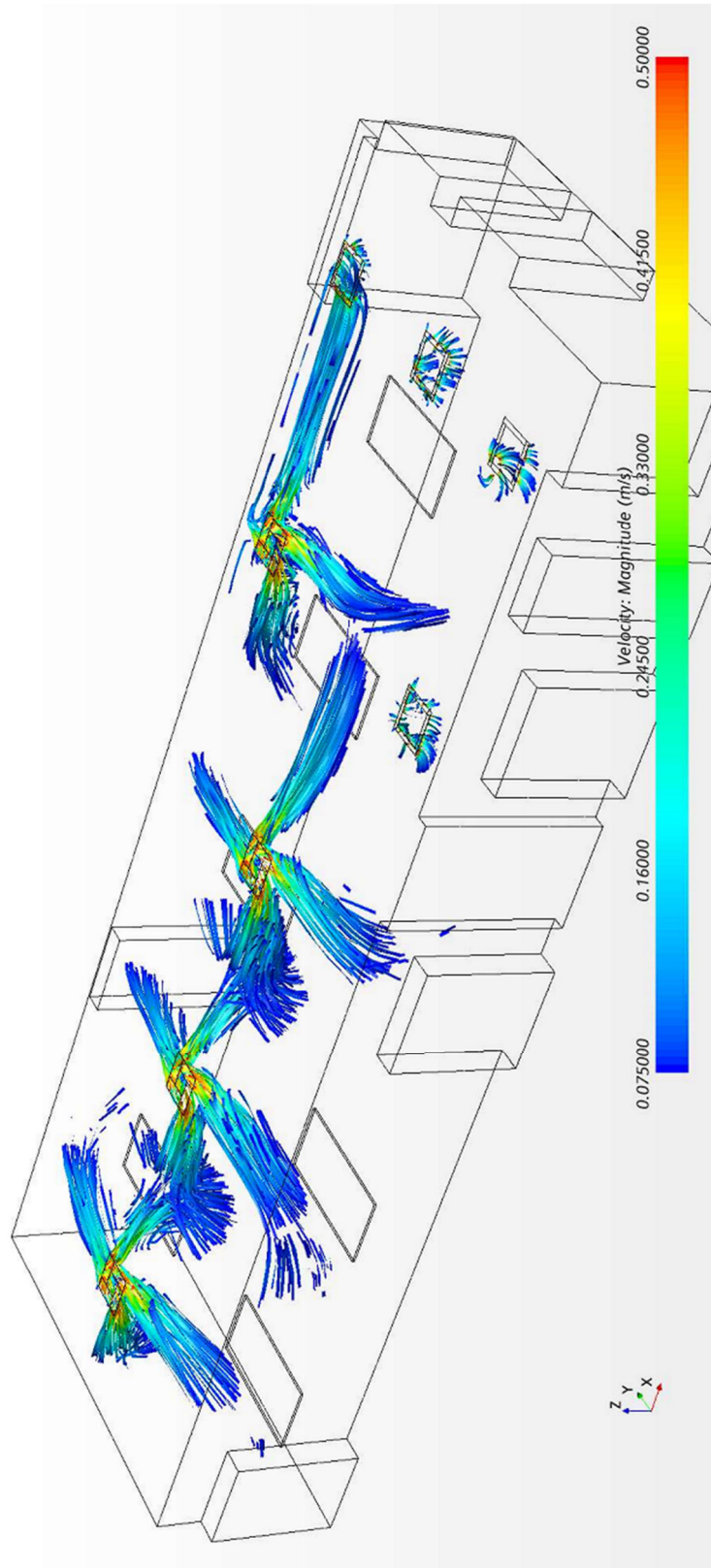
**Obrázek 41** Akustický výkon vyústky VVM 600/24 lamel



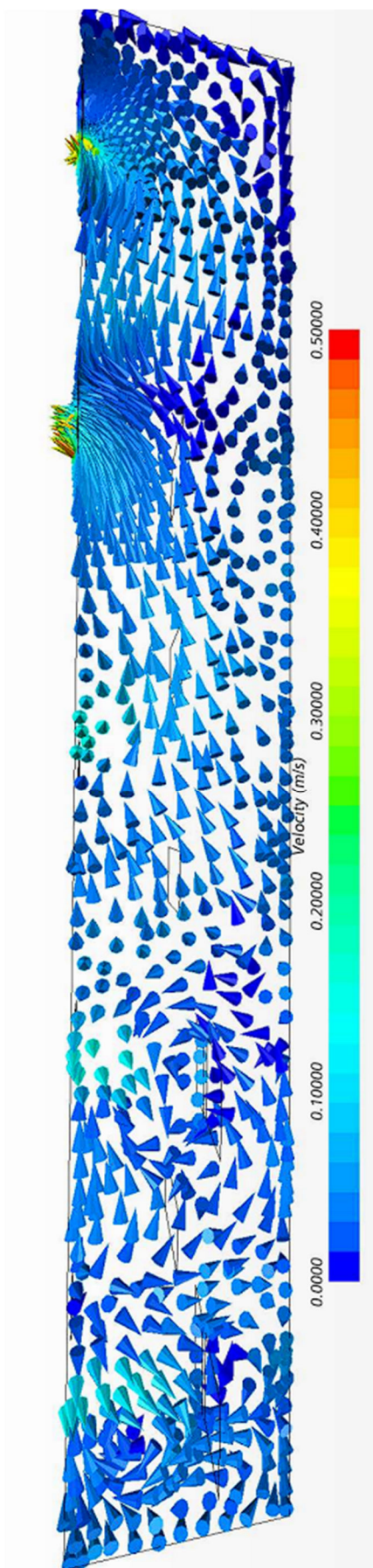
Obrázek 43 Akustický výkon výústky VVM 625/54 lamel



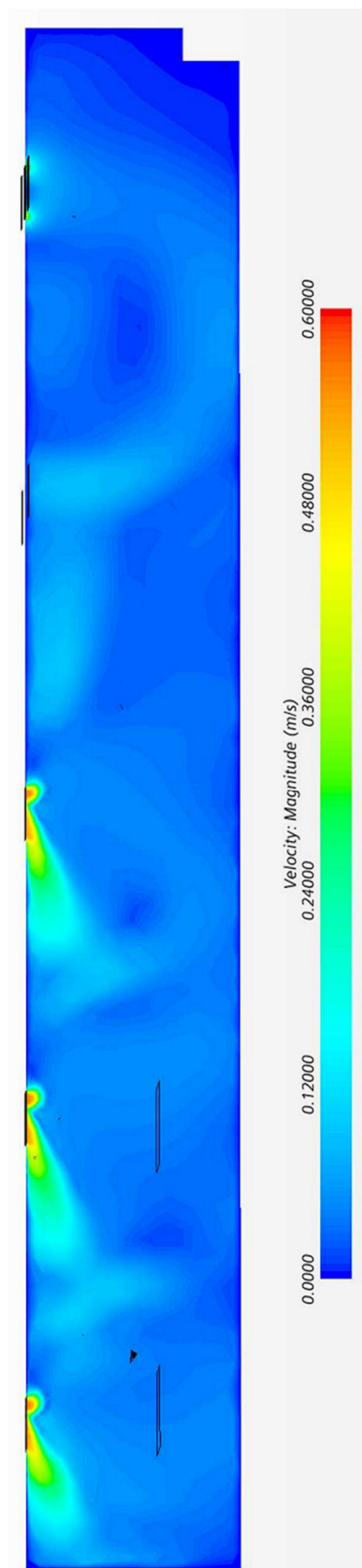
Obrázek 42 Zobrazení rychlostí proudění vzduchu pomocí příčného řezu jídelnou přes přívodní výústku ve variantě 2



Obrázek 44 Zobrazení proudění vzduchu proudnicemi ve variantě 2



**Obrázek 45** Zobrazení směru a rychlosti proudění vzduchu v podélném řezu jídelnou stoly ve variantě 2



**Obrázek 46** Zobrazení rychlosti proudění vzduchu pomocí podélného řezu jídelnou přes přívodní vyústky

# ZÁVĚR

## Průběh rychlostí

Rychlost proudění vzduchu jsem i u druhé varianty posuzoval pro celou místnost v úrovni hlavy při sezení u jídelního stolu, což je 1,3m vysoko od podlahy.

Řez pro pobytovou oblast	
2. Varianta rychlost m/s	
v průměrná	0,0351
v maximální	0,115
v minimální	0,0008

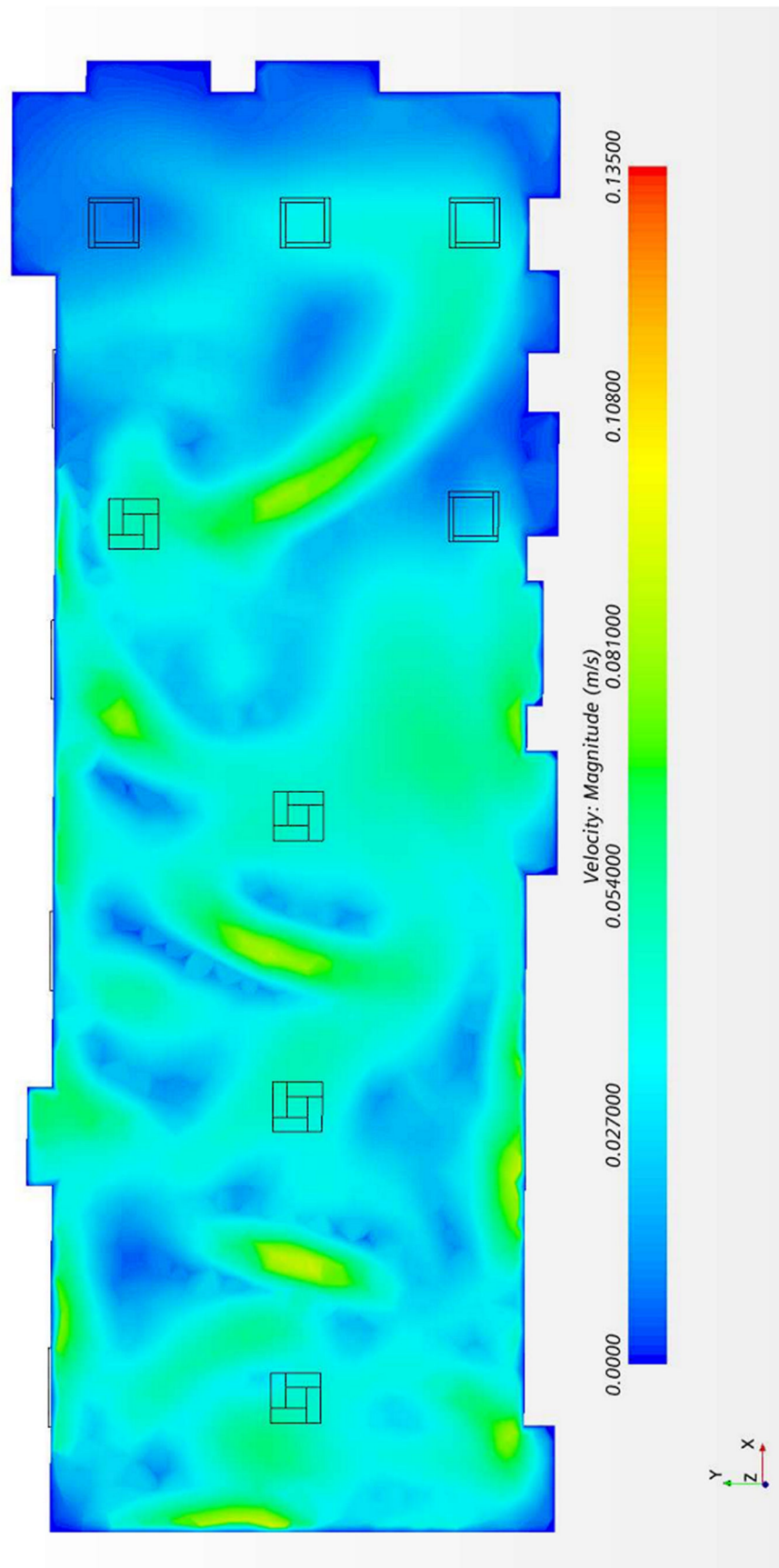
Obrázek 47 Přehled rychlostí v pobytové oblasti 1,3m nad podlahou ve variantě 2

Maximální rychlost proudění vzduchu v této výšce 1,3m na podlahou je 0,115 m/s a to vyhovuje podmínce  $<0,2$  m/s. Minimální hodnota rychlosti vzduchu v tomto vodorovném řezu místnosti je 0,0008 m/s a průměrná rychlost 0,0351 m/s. V této simulaci opět přivedený vzduch není ovlivňován rozdílnými teplotami mezi přivedeným vzduchem a vzduchem v místnosti.

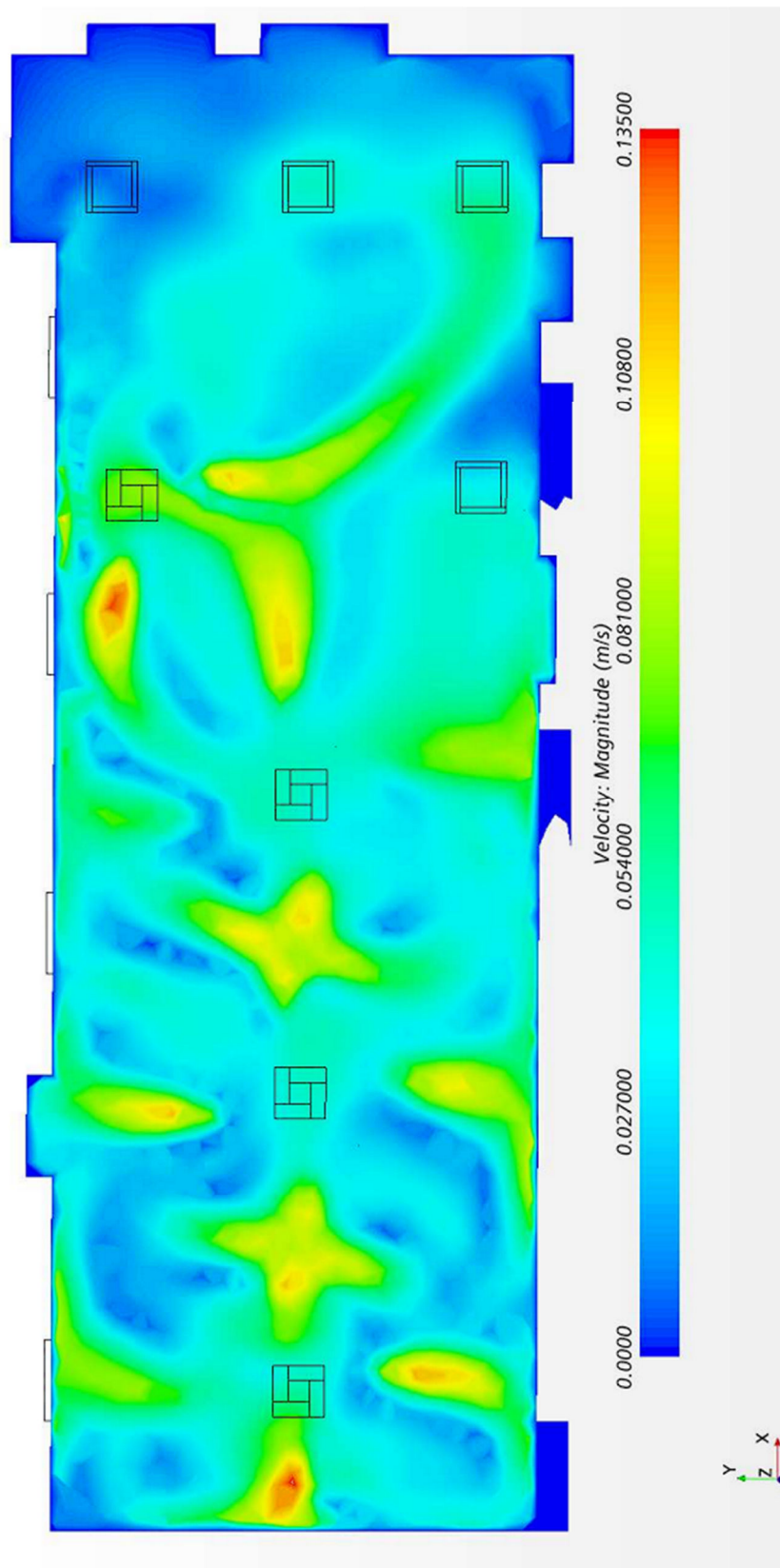
U této varianty se sice zredukuje počet přívodních elementů, ale zvýší se hluk vystupující z vyústky. Pro porovnání s variantou číslo 1 tato varianta zvýší hluk o 7dB při použití stejných komponent a proto se nabízí použít lepší tlumiče hluku.

TAB 1 - Přívodní potrubí											
P	$L_{WA}(dB/A) / f$ (Hz)			125	250	500	1000	2000	4000	8000	Σsoučet
1	Přívod - výtlak (výstup) $L_{vent}$			51	68	71	76	72	68	60	79
2	Přirozený útlum:										
3	Rovné potrubí	11,95		7,17	5,38	3,59	2,39	2,39	2,39	2,39	
4	Oblouky	2		0	0	2	4	6	6	6	
5	tlumič hluku			<b>11,0</b>	<b>16,0</b>	<b>29,0</b>	<b>41,0</b>	<b>34,0</b>	<b>26,0</b>	<b>17,0</b>	
6	vlastní hluk tlumiče			0	0	0	0	0	0	0	
7	Odbočka k výustce			11,95	11,95	11,95	11,95	11,95	11,95	11,95	
8	Ohybné potrubí			16	21	17,5	13,5	10	12,5	8	
9	Útlum koncovým odrazem			5,5	2,3	0,7	0,2	0,1	0,0	0,0	
10	Hluk ve výustce $L_w$			-0,60	11,40	6,22	2,94	7,60	9,14	14,66	18
				0,87	13,79	4,19	1,97	5,75	8,21	29,21	
11	Vlastní hluk výustky $L_1$										41
12	Hluk vystupující z výustky $L_2$										41
13	Korekce na počet výustek $K_1$	4									6,02
14	Hluk všech přívodních výustek L										47

Tabulka 5 Výpočet hluku s použitím méně vyústek ve VZT systému



**Obrázek 48** Zobrazení rychlostí proudění vzduchu ve vodorovném řezu 1,3m nad podlahou ve variantě 2



**Obrázek 49** Zobrazení rychlostí proudění vzduchu ve vodorovném řezu 1,8m nad podlahou ve variantě 2

### B.2.2.4 VZÁJEMNÉ SROVNÁNÍ

Nakonec této práce se hodí vyhodnotit jednotlivé výhody a nevýhody obou variant.

#### HLUK

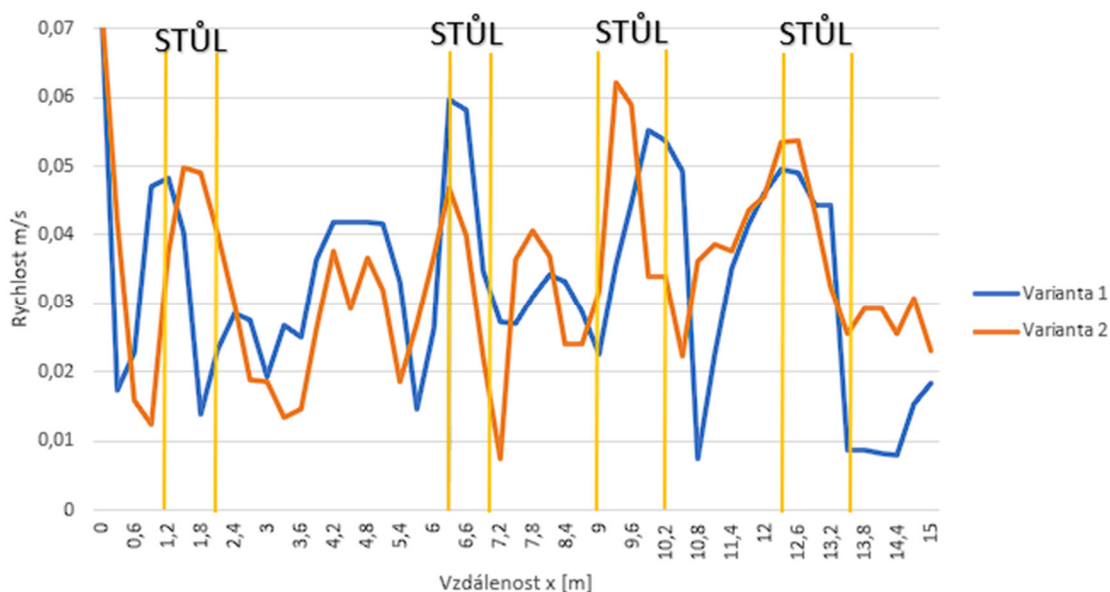
Z hlediska hluku je jasně lepší varianta číslo 1, kde je hluk přívodních vyústek menší o 7 dB, než ve variantě číslo 2 z toho vyplývá, že elementy s větším průtokem vzduchu budou hlučnější, a proto se musí elementy buď zvětšit, nebo utlumit vzduchotechnickou jednotku pomocí tlumičů hluku.

#### PRÁCE A OBSLUHA

Na práci a následnou obsluhu bude jednodušší varianta číslo 2 z hlediska menšího počtu přívodních vyústek. Montáž bude pouze čtyř vyústek namísto sedmy (varianta č.1) a obsluha méně elementů nám bude šetřit čas, peníze a starosti.

#### Z HLEDISKA RYCHLOSTI VZDUCHU V MÍSTĚ STOLŮ VE VÝŠCE 1,3 m

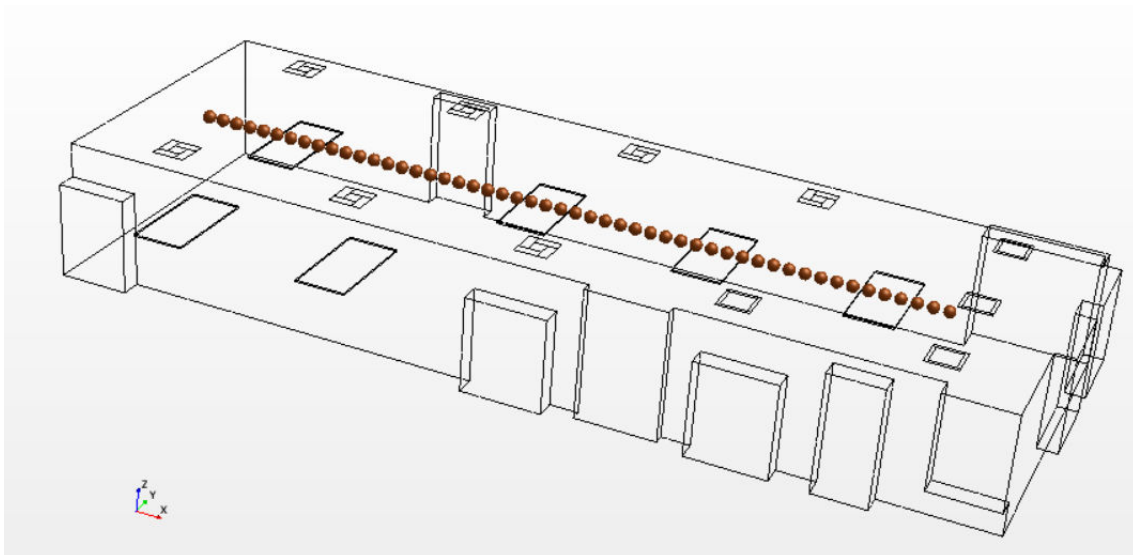
Z výstupních dat lze konstatovat, že rychlost v místě, kde jsou stoly a ve výšce 1,3 metrů nad podlahou bude rychlost proudění vzduchu v obou variantách téměř stejná. Aby v této úrovni bylo dostatečně provětráno musí být rychlost proudění větší než 0,05 m/s, což jak vidíme na grafu nesplňuje Varianta 1 u 1. stolu a varianta 2 u druhého stolu.



Obrázek 50 Porovnání obou variant pomocí rychlosti proudění vzduchu v dané linii

	Vzdálenost	Rychlost m/s	
	[m]	Varianta 1	Varianta 2
	0	0,07	0,07
	0,3	0,02	0,04
	0,6	0,02	0,02
	0,9	0,05	0,01
STŮL	1,2	0,05	0,04
	1,5	0,04	0,05
	1,8	0,01	0,05
	2,1	0,02	0,04
	2,4	0,03	0,03
	2,7	0,03	0,02
	3	0,02	0,02
	3,3	0,03	0,01
	3,6	0,03	0,01
	3,9	0,04	0,03
	4,2	0,04	0,04
	4,5	0,04	0,03
	4,8	0,04	0,04
	5,1	0,04	0,03
	5,4	0,03	0,02
	5,7	0,01	0,03
	6	0,03	0,04
	STŮL	6,3	0,06
6,6		0,06	0,04
6,9		0,03	0,02
7,2		0,03	0,01
	7,5	0,03	0,04
	7,8	0,03	0,04
	8,1	0,03	0,04
	8,4	0,03	0,02
	8,7	0,03	0,02
STŮL	9	0,02	0,03
	9,3	0,04	0,06
	9,6	0,04	0,06
	9,9	0,06	0,03
	10,2	0,05	0,03
	10,5	0,05	0,02
	10,8	0,01	0,04
	11,1	0,02	0,04
	11,4	0,04	0,04
	11,7	0,04	0,04
	12	0,05	0,05
STŮL	12,3	0,05	0,05
	12,6	0,05	0,05
	12,9	0,04	0,04
	13,2	0,04	0,03
	13,5	0,01	0,03
	13,8	0,01	0,03
	14,1	0,01	0,03
	14,4	0,01	0,03
	14,7	0,02	0,03
	15	0,02	0,02
	<b>Průměr</b>	<b>0,033</b>	<b>0,034</b>

Tabulka 6 Data rychlosti proudění vzduchu v místě stolů 1,3m nad podlahou



**Obrázek 51** Zobrazení 50 bodů v prostoru pro účely zjištění rychlosti

## **CELKOVÉ ZHODNOCENÍ**

Celkově bych systém VZT doporučil lépe optimalizovat, protože dle analýzy rychlostního pole nedochází k vyvětrání některých prostorů v jídelně. Optimalizovat by šlo nastavením lamel a tím nastavení jiného úhlu proudu, nebo zvolit větší výstupní rychlost vyústky. Pozitivum ovšem je, že nikde nedochází k nepříjemnému průvanu.

## **C. PROJEKT**

### **C.1.1 SPECIFIKACE PRVKŮ**

Navržení vzduchotechnické jednotky se provedlo pomocí programu AeroCad od firmy Remak. Vzduchotechnická jednotky pro zónu je umístěna ve vlastních strojovnách na pevném rámu, který je vysoký 300 mm pro případný odvod kondenzátu. V přílohách číslo 1 nalezneme celkovou specifikaci vzduchotechnické jednotky.

### C.1.2 Rozdělení na funkční celky

Zde je možné vidět rozdělení na jednotlivé funkční zóny, kde oranžová barva znázorňuje můj řešený prostor v diplomové práci - jídelny.

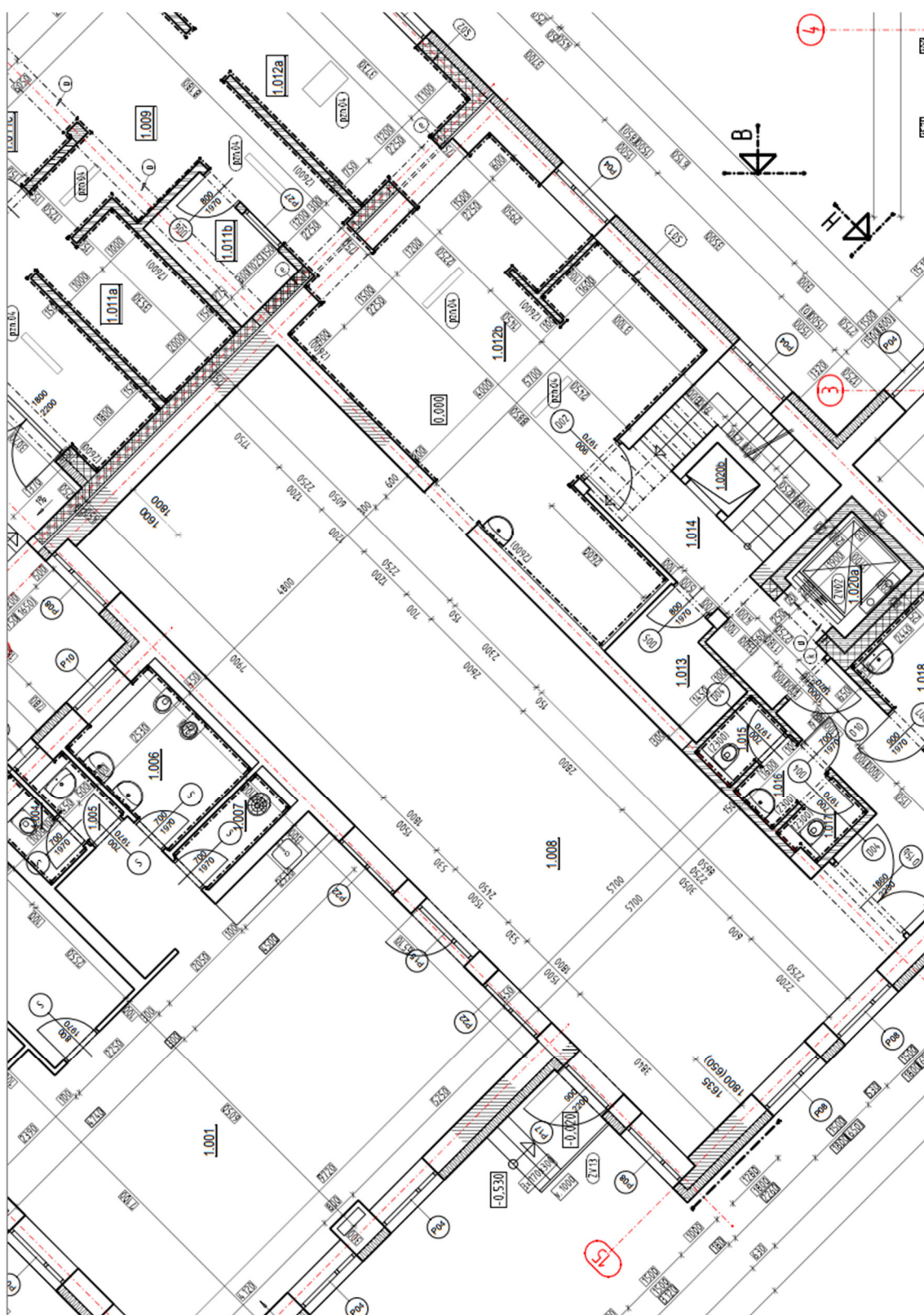


Obrázek 52 Rozdělení na funkční celky

OZNAČ ENÍ	NÁZEV MÍSTNOSTI	PLOCH PODLAHA HA	PLOCH PODLAHA HA	OZNAČ ENÍ	NÁZEV MÍSTNOSTI	PLOCH PODLAHA HA	OZNAČ ENÍ	NÁZEV MÍSTNOSTI	PLOCH PODLAHA HA
1.001	HERNA	69,28 PVC (st)		1.035	CHODBA	16,12 PVC	1.068	KOUPELNA S WC	8,96 KER.DLAŽBA
1.002	ZADVĚŘÍ	8,72 KER.DLAŽBA (st)		1.036	KOUPELNA S WC	4,25 KER.DLAŽBA	1.068b	CHODBA	3,90 PVC
1.003	SAITVA	9,67 KER.DLAŽBA (st)		1.037a	POKOU 2L	15,10 PVC	1.068b	POKOU 2L	16,84 PVC
1.004	WC ZAM.	1,50 KER.DLAŽBA (st)		1.037b	CHODBA	3,35 PVC	1.071	CHODBA	8,25 PVC
1.005	PŘEDSÍN	1,43 KER.DLAŽBA (st)		1.038	KOUPELNA S WC	4,25 KER.DLAŽBA	1.072	KOUPELNA S WC	4,52 KER.DLAŽBA
1.006	WC-DĚTI	6,27 KER.DLAŽBA (st)		1.039a	POKOU 2L	15,10 PVC	1.073a	POKOU 2L	17,06 PVC
1.007	UKLID.MIST.	2,33 KER.DLAŽBA (st)		1.039b	CHODBA	3,35 PVC	1.073b	CHODBA	3,90 PVC
1.008	JIDELNA	97,37 PVC		1.040	ORDINACE	23,41 PVC	1.074	KOUPELNA S WC	4,45 KER.DLAŽBA
1.009	CHODBA	29,44 KER.DLAŽBA		1.041	DEZ-DEK.POMŮCEK	6,64 KER.DLAŽBA	1.075a	POKOU 2L	16,84 PVC
1.010	ZASOBOVACÍ RAMP A	4,76 KER.DLAŽBA		1.042	UKLID.MISTNOST	2,89 KER.DLAŽBA	1.075b	CHODBA	3,90 PVC
1.011a	PŘIPRAVA MASA A	7,21 KER.DLAŽBA		1.043	CHODBA	9,89 PVC	1.076	CHODBA	3,23 PVC
1.011b	KANCELAR	4,48 KER.DLAŽBA		1.044	SC.HODIŠTŮVÝ PROSTOR	16,24 PVC	1.077	SC.HODIŠTŮVÝ PROSTOR	36,46 PVC
1.011c	SKLAD POTRAVIN	19,13 KER.DLAŽBA		1.045	VYTAHOVÁ ŠACHTA	5,67	1.078	ROZVODNA	14,27 PVC
1.011d	SKLAD GASTRO ODPAD	2,80 KER.DLAŽBA		1.046	WC-Z	1,79 KER.DLAŽBA	1.078	TECH.MISTNOST	3,90 PVC
1.011e	UKLID.MISTNOST	2,17 KER.DLAŽBA		1.047	WC-Z	1,79 KER.DLAŽBA	1.079	VYTAHOVÁ ŠACHTA	5,67
1.011f	SKLAD NEPOTZASOB	4,06 KER.DLAŽBA		1.048a	SESTERNA	16,16 PVC	1.080	CHODBA	4,20 PVC
1.011g	PŘIPRAVA ZELENINY	11,56 KER.DLAŽBA		1.048b	SESTERNA	8,77 PVC	1.081	POKOU 2L	16,84 PVC
1.012a	PROVOZ KUCHYNĚ	31,45 KER.DLAŽBA		1.049	DENNÍ MISTNOST	11,31 PVC	1.081b	CHODBA	3,90 PVC
1.012b	PROVOZ KUCHYNĚ	39,88 KER.DLAŽBA		1.050a	PR.SKLAD-ODPAD	0,85 KER.DLAŽBA	1.082	KOUPELNA S WC	4,47 KER.DLAŽBA
1.013	PROVOZ KUCHYNĚ	4,31 KER.DLAŽBA		1.050b	PR.SKLAD-ŠP.PRADLO	0,85 KER.DLAŽBA	1.083a	POKOU 2L	17,06 PVC
1.014	CHODBA	8,48 KER.DLAŽBA		1.050c	PR.SKLAD-CISTE	0,83 KER.DLAŽBA	1.083b	CHODBA	4,03 PVC
1.015	WC-M	1,60 KER.DLAŽBA		1.051a	POKOU 2L	14,98 PVC	1.084	KOUPELNA S WC	4,47 KER.DLAŽBA
1.016	PŘEDSÍN	1,76 KER.DLAŽBA		1.051b	CHODBA	3,28 PVC	1.085a	POKOU 2L	17,06 PVC
1.017	WC-Z	1,53 KER.DLAŽBA		1.052	KOUPELNA S WC	4,25 KER.DLAŽBA	1.085b	CHODBA	3,90 PVC
1.018	WC-BEZB	5,64 KER.DLAŽBA		1.053	CHODBA	27,76 PVC	1.086	KOUPELNA S WC	4,52 KER.DLAŽBA
1.019a	CHODBA	16,33 KER.DLAŽBA		1.054	KOUPELNA S WC	4,25 KER.DLAŽBA	1.087	CHODBA	12,90 PVC
1.019b	VSTUPNÍ HALLA	50,73 KER.DLAŽBA		1.055a	POKOU 2L	15,10 PVC	1.088	KOUPELNA S WC	4,47 KER.DLAŽBA
1.020	VYTAHOVÁ ŠACHTA	3,23		1.055b	CHODBA	3,35 PVC	1.089a	POKOU 2L	16,84 PVC
1.021	VYTAHOVÁ ŠACHTA	1,08		1.056	KOUPELNA S WC	4,25 KER.DLAŽBA	1.089b	CHODBA	3,90 PVC
1.021	ZADVĚŘÍ	13,79 KER.DLAŽBA		1.057a	POKOU 2L	14,98 PVC	1.090	KOUPELNA S WC	4,47 KER.DLAŽBA
1.022	PRUMACÍ MISTNOST	14,75 KER.DLAŽBA		1.057b	CHODBA	3,28 PVC	1.091a	POKOU 2L	17,06 PVC
1.023	KANCELAR	21,05 KER.DLAŽBA		1.058a	POKOU 2L	14,99 PVC	1.091b	CHODBA	4,03 PVC
1.024	CHODBA	5,10 KER.DLAŽBA		1.058b	CHODBA	3,28 PVC	1.092	KOUPELNA S WC	4,52 KER.DLAŽBA
1.025	SKLAD	3,64 KER.DLAŽBA		1.059	KOUPELNA S WC	4,25 KER.DLAŽBA	1.093	CEN.TRA LNI KOUPELNA	14,42 KER.DLAŽBA
1.026	PŘEDSÍN	2,05 KER.DLAŽBA		1.060	KOUPELNA S WC	4,25 KER.DLAŽBA	1.093a	POKOU 2L	17,06 PVC
1.027	WC-Z	1,49 KER.DLAŽBA		1.061a	POKOU 2L	14,08 PVC	1.093b	CHODBA	3,90 PVC
1.028	CHODBA	42,68 PVC		1.061b	CHODBA	3,11 PVC	1.094a	POKOU 2L	15,88 PVC
1.029	SKLAD	11,65 KER.DLAŽBA		1.063a	POKOU 2L	14,99 PVC	1.094b	CHODBA	3,91 PVC
1.030	SKLAD-LEKARNA	4,25 KER.DLAŽBA		1.063b	CHODBA	3,28 PVC	1.095	KOUPELNA S WC	4,54 KER.DLAŽBA
1.031a	POKOU 2L	15,10 PVC		1.064	KOUPELNA S WC	4,25 KER.DLAŽBA	1.095a	POKOU 2L	15,88 PVC
1.031b	CHODBA	3,35 PVC		1.065a	POKOU 2L	14,68 PVC	1.095b	CHODBA	3,91 PVC
1.032	KOUPELNA S WC	4,25 KER.DLAŽBA		1.065b	CHODBA	3,11 PVC	1.096	KOUPELNA S WC	4,48 KER.DLAŽBA
1.033a	POKOU 2L	15,10 PVC		1.066	KOUPELNA S WC	4,25 KER.DLAŽBA	1.097	CHODBA	21,38 PVC
1.033b	CHODBA	3,35 PVC		1.067a	POKOU 2L	17,06 PVC	1.099	SPOLEČENSKÁ	78,69 PVC
1.034	KOUPELNA S WC	4,25 KER.DLAŽBA		1.067b	CHODBA	3,90 PVC	<b>PLOCHA MÍSTNOSTI CELKEM:</b>		<b>1473,08</b>

Tabulka 7 Tabulka místností v objektu

### C.1.3 PŮDORYS JÍDELNY 1.008 (ŘEŠENÉ MÍSTNOSTI)



Obrázek 53 Půdorys jídelny 1.008

### C.1.4 TEPELNÉ BILANCE V ŘEŠENÉM PROSTORU

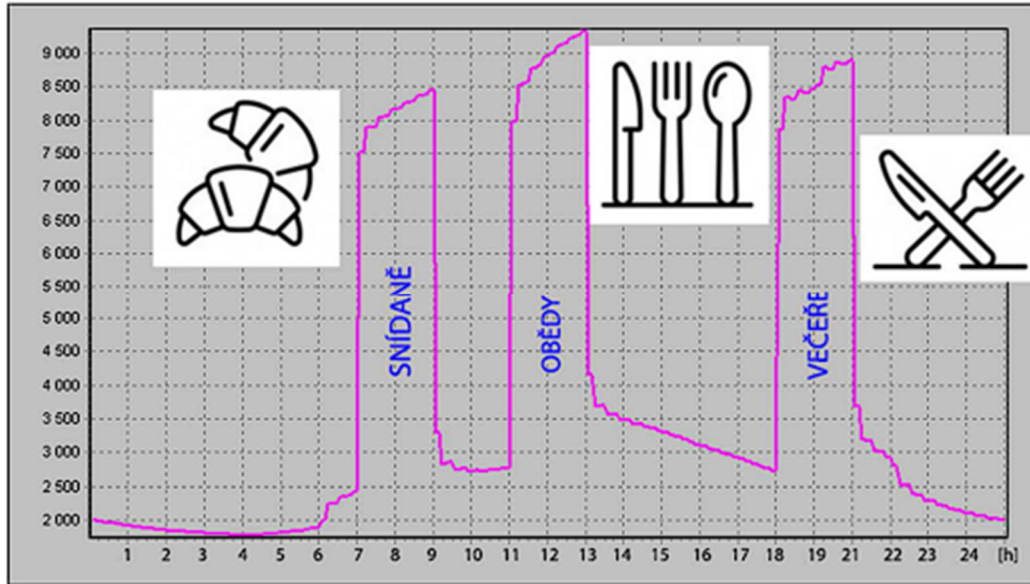
Tepelné zisky jsem vypočítal pomocí programu Teruna. V jídelně bude největší tepelný zisk od osob a jednotlivých jídel a proto jsem uvažoval v tepelných ziscích s plnou obsazeností jídelny, což je 40 osob.

místnost				Q
Č. MÍSTNOSTI	NÁZEV	PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	OBJEM [m <sup>3</sup> ]	TEP. ZTRÁTY [W]
Zařízení č.1 - Klimatizace jídelny				
1.008	Jídelna	97,37	350,53	1036,275

Tabulka 9 Vypočítané tepelné ztráty prostoru

místnost				Q
Č. MÍSTNOSTI	NÁZEV	PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	OBJEM [m <sup>3</sup> ]	TEP. ZISKY [W]
Zařízení č.1 - Klimatizace jídelny				
1.008	Jídelna	97,37	350,53	9322

Tabulka 8 Vypočítané tepelní zisky prostoru



Obrázek 54 Graf tepelných zisků v prostoru jídelny v průběhu celého dne

### C.1.5 URČENÍ PRŮTOKU VZDUCHU PRO DANÝ PROSTOR JÍDELNY

Průtok přiváděného vzduchu jsem stanovil podle počtu osob a následně podle druhu jejich fyzické aktivity podle nařízení vlády č.361/2007 – stanovení podmínek při práci a podle ČSN EN 15665/Z1 pro bytové prostory.

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h <sup>-1</sup> ]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [m <sup>3</sup> /(h·os)]	Kuchyně [m <sup>3</sup> /h]	Koupelny [m <sup>3</sup> /h]	WC [m <sup>3</sup> /h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

Tabulka 10 ČSN EN 15665 - požadavky na větrání obytných budov

Pro tento prostor se průtok vzduchu řešil na pokrytí tepelných zisků a ztrát a z toho se vybrala horší varianta.

$$V_p = \frac{Q_z}{\rho \cdot c \cdot \Delta t} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

$$V_p = \frac{Q_{tz}}{\rho \cdot c \cdot \Delta t} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Kde:

$Q_z$  – tepelná ztráta místnosti [kW]

$\rho$  – hustota vzduchu [kg/m<sup>3</sup>]

$c$  – měrná tepelná kapacita vzduchu [J.kg<sup>-1</sup>. K<sup>-1</sup>]

$\Delta t$  – rozdíl teplot [K]

Kde:

$Q_{tz}$  – tepelný zisk místnosti [kW]

$\rho$  – hustota vzduchu [kg/m<sup>3</sup>]

$c$  – měrná tepelná kapacita vzduchu [J.kg<sup>-1</sup>. K<sup>-1</sup>]

$\Delta t$  – rozdíl teplot [K]

Odvod vzduchu je řešen aby prostor byl rovnotlaký, tudíž odvod vzduchu se rovná přívodu. Jídelna by neměla být v podtlaku, aby si nepřiváděla vzduch z kuchyně, která je hned ve vedlejší místnosti

místnost							Q		přívod			
Č. MÍSTNOSTI	NÁZEV	PLOCHA[m <sup>2</sup> ]	OBJEM[m <sup>3</sup> ]	POČET OSOB	POŽAD. VÝMĚNA VZDUCHU [h <sup>-1</sup> ]	VZD./OSOBA, ZAŘÍZENÍ [m <sup>3</sup> /h]	TEP. ZISKY [W]	TEP. ZTRÁTY [W]	HYG. VZD na s potřební jednotku [m <sup>3</sup> /h]	VZD NA KRYTÍ T. ZISKŮ [m <sup>3</sup> /h]	VZD NA KRYTÍ T. ZTRÁT [m <sup>3</sup> /h]	PŘÍVOD [m <sup>3</sup> /h]
Zařízení č.1 - Klimatizace jídelny												
1.008	Jídelna	97,4	350,5	40	2	35	9322	1036,28	1400	3688	287	3700
									Σ	3700		

Tabulka 11 Výměna vzduchu v řešeném prostoru jídelny

### C.1.6 KONCOVÉ ELEMENTY V PROSTORÁCH JÍDELNY

Pro přívod vzduchu v jídelně jsem zvolil vířivé vyústky od firmy Mandík.

Č. MÍSTNOSTI	NÁZEV	PRŮTOK VZDUCHU	OZNAČENÍ	HLADINA AKUSTICKÉHO VÝKONU	CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA
Zařízení č.1 - Klimatizace jídelny		[m <sup>3</sup> /h]		dB	Pa
1.008	Jídelna	7x529	MANDÍK-VVM 600,625 24 lamel	32,5	20

Tabulka 12 Distribuční elementy pro přívod vzduchu ve variantě 1 v jídelně

Jako odvodní elementy v prostorách jídelny jsou uvažovány anemostaty od firmy Mandík.

Č. MÍSTNOSTI	NÁZEV	PRŮTOK VZDUCHU	OZNAČENÍ	HLADINA AKUSTICKÉHO VÝKONU	CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA
Zařízení č.1 - Klimatizace jídelny		[m <sup>3</sup> /h]		dB	Pa
1.008	Jídelna	4x925	MANDÍK-ALCM 600	42	7

Tabulka 13 Odvodní elementy v jídelně



ODVOD VZDUCHU												
u	V	L	V'	S'	d'	AxB	d	v	R	$\xi$	Z	Z+R <sup>PL</sup>
.	m <sup>3</sup> /h	m	m/s	m <sup>2</sup>	m	mm	m	m/s	Pa/m	.	Pa	Pa
1	925	2,9	3	0,086	0,330	315*280	0,088	2,913	0,45	0,3	1,528	2,833
2	1850	4,6	3,7	0,139	0,421	315*450	0,142	3,625	0,45	0,6	4,731	6,801
3	2775	6,3	4,4	0,175	0,472	315*560	0,176	4,370	0,45	0,3	3,437	6,272
4	3700	15,26	5	0,206	0,512	315*710	0,224	4,595	0,67	0,6	7,603	17,827
											$\Sigma$	33,733
											tlumič	56
											Odvod	54
											sání	7,5
											klapky	10
											$\Sigma$	161,23

Tabulka 15 Dimenze potrubí pro odvod vzduchu

### C.1.8 VZT jednotka pro zónu č.1 – Jídelna

Uvažovaný druh jednotky v jídelně je AeroMaster XP 06.

<b>Základní parametry zařízení</b>		
Druh, rozměr	AeroMaster XP 06	
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne	
Hmotnost (+-10%)	867 kg	
Umístění VZT jednotky	Vnitřní	
Materiálové provedení		
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)	
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech	
	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	3700 m <sup>3</sup> /h	3700 m <sup>3</sup> /h
Externí tlaková rezerva	142 Pa	161 Pa
Rychlost v průřezu	2.26 m/s	2.26 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%	M5 / ISO ePM 10 >60%
2. stupeň filtrace	-	-
SFP <sub>vi</sub>	729 W.m <sup>-3</sup> .s	677 W.m <sup>-3</sup> .s



**Hlukové parametry zařízení**

Oktávnové pásmo	L <sub>wA</sub> okt [dB(A)]								ΣL <sub>wA</sub> [dB(A)]
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Přívod - sání	40	46	61	64	62	59	55	49	68
Přívod - výtlak	41	51	68	71	76	72	68	60	79
Přívod - okolí	40	40	51	47	52	47	44	40	56
Odvod - sání	40	49	65	69	67	64	62	57	73
Odvod - výtlak	42	51	67	70	75	71	66	61	78
Odvod - okolí	40	40	51	47	52	47	44	40	56

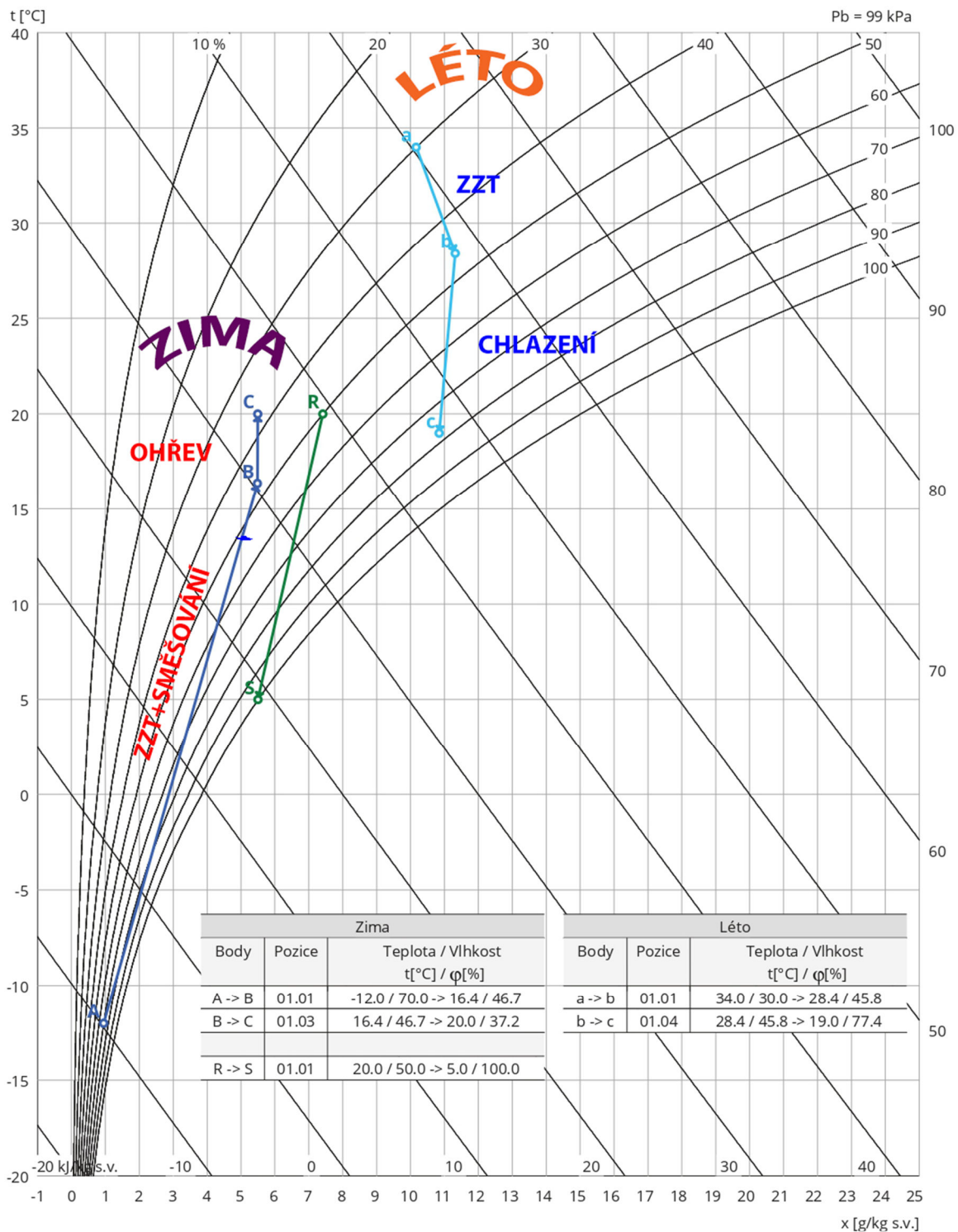
**Tabulka 16** *Hlukové parametry VZT zařízení pro jídelnu***Nejdůležitější parametry vybraných komponentů**

	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-12.0 → 7.9 °C	62 %, 7.3 kW	
Směšování	7.9 → 16.4 °C	70.0 %	
Ohřev	16.4 → 20.0 °C	4.5 kW	70/50 °C, Voda, 1.0 kPa, 0.20 m <sup>3</sup> /h, 1 "
Chlazení	28.4 → 19.0 °C	12.5 kW	7.0/15 °C, Voda, 2.7 kPa, 1.37 m <sup>3</sup> /h, 1 "

**Tabulka 17** *Nejdůležitější parametry vybraných komponentů VZT zařízení pro jídelnu*

## C.1.9 ÚPRAVY VZDUCHU (h-x diagram)

### C.1.9.1 Místnost jídelny



Obrázek 57 h-x diagram úpravy vzduchu v jídelně



## Návrh buňkových tlumičů G / GE / GH

Zadejte název projektu  
Zadejte název tlumiče

Tlaková ztráta:		56 Pa
dpr	=	
Q	m <sup>3</sup> /h	3 700
a	mm	500
b	mm	500
L	mm	1 000
typ		G
s	mm	250
dzt		0,10
dzt		0,70
t	°C	21,0
p	Pa	101 325
res	%	20
ro	kg/m <sup>3</sup>	1,20
w	m/s	4,11
n	ks	2
s	mm	90
w	m/s	11,42
dzs		2,46
dzt		2,14
dzc		4,60
c	m/s	343,88
Ma		0,03
S	m <sup>2</sup>	0,09
H	m	0,50
delta		0,02
W <sub>0</sub>	W	1,00
B	dB	63,00

Vypočet je proveden dle ČSN EN ISO 14183, odhad nepřesnost ± 10%

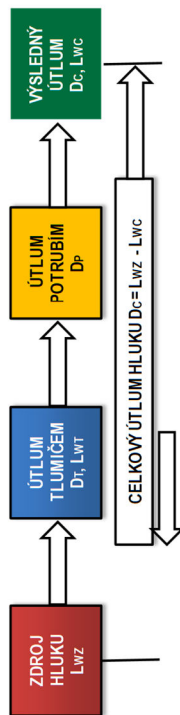
Vlastní hluk:		Vypočet je proveden dle ČSN EN ISO 14183, odhad nepřesnost ± 3 dB									
f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LWT-A
LWT-Lin	dB	60,0	54,1	48,4	43,1	38,4	33,6	28,1	22,3	16,3	40,8

### Útlum a váha buňkového tlumiče:

f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	M
Dr	dB	6,0	7,0	11,0	16,0	29,0	41,0	34,0	26,0	17,0	kg/ks
2sigR	dB	±7	±6	±4	±4	±4	±4	±4	±4	±4	±7

Tabulka 19 Návrh buňkových tlumičů pro zónu jídelny - přívod

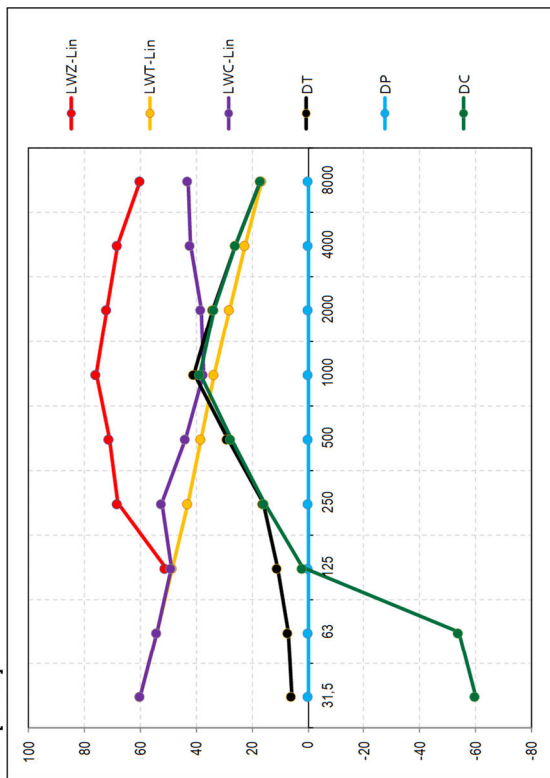
Zatlumení zdroje - koncepce výpočtu:



Zatlumení zdroje - výpočet:

Zadejte tvar hlučkového spektra (L = lineární, A = kořtované)		Zadejte tvar hlučkového spektra (L = lineární, A = kořtované)										
f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A	
LWZ-Lin	dB			51,0	68,0	71,0	76,0	72,0	68,0	60,0	60,0	78,8
Dr	dB	6,0	7,0	11,0	16,0	29,0	41,0	34,0	26,0	17,0	-	-
LWT-Lin	dB	60,0	54,1	48,4	43,1	38,4	33,6	28,1	22,3	16,3	40,8	-
Dp	dB	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LWC-Lin	dB	60,0	54,1	49,0	52,5	43,6	37,4	38,4	42,0	43,0	49,5	-
Dc	dB	-60,0	-54,1	2,0	15,5	27,4	38,6	33,6	26,0	17,0	29,4	-

Graf - [dB / Hz]:



Závěrečné shrnutí výsledků:

Instalační rozměr potrubí	500 x 500 - 1000	Počet buňek v tlumiči	2 ks
Označení tlumiče	G250x500x1000.1	Hmotnost bez potrubí	22 kg
Brutto cena buňkových tlumičů bez potrubí (bez DPH, EXW Uhlíské Janovice)			2 290 Kč

Tlaková ztráta:		56 Pa	
dpr =			
Q	3 700	m <sup>3</sup> /h	celkový průtok vzduchu tlumičem
a	500	mm	šířka potrubí (odpovídá násobkům šířky buňky)
b	500	mm	výška potrubí (skladem v násobcích 500 mm)
L	1 000	mm	délka tlumiče (1000, 1500 nebo 2000), atypy na vyžádání
typ	G	-	zadejte typ tlumiče "G", "GE" nebo "GH"
š	250	mm	šířka buňky (200, 250, 300, 400, 500)
dzi	0,10	-	bez náběhu dzi=1, s náběhem dzi=0,1
dzi	0,70	-	bez výběhu dzi=1, s výběhem dzi=0,7
t	21,0	°C	teplota vzduchu (-50 až 200°C)
p	101 325	Pa	stlačitý tlak v potrubí (98000 až 110000 Pa)
res	20 %	%	rezerva na místní podmínky
ro	1,20	kg/m <sup>3</sup>	hustota vzduchu
w	4,11	m/s	rychlost proudění vzduchu v profilu a x b
n	2	ks	počet buněk v řadě vedle sebe (= a/s)
s	90	mm	průběžná mezera v buňce
wi	11,42	m/s	rychlost proudění uvnitř v tlumiči
dzs	2,46	-	součinitel tlakové ztráty pro náběh a výběh
dzi	2,14	-	součinitel tlakové ztráty třením v tlumiči
dzc	4,60	-	celkový součinitel tlakové ztráty tlumiče (dzs+dzi)
c	343,88	m/s	rychlost zvuku ve vzduchu při teplotě t
Mia	0,03	-	Machovo číslo
S	0,09	m <sup>2</sup>	plocha nejmenšího průřezového průřezu buňkového tlumiče
H	0,50	m	největší příčný rozměr potrubí
delta	0,02	-	spektrální obsah vysokých kmitočtů
Wb	1,00	W	referenční výkon
B	63,00	dB	konstanta tlumiče

Vypočet je proveden dle ČSN EN ISO 14183, odhad nepřesností ± 10%

#### Vlastní hluk:

f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LWT-A
LWT-Lin	dB	60,0	54,1	48,4	43,1	38,4	33,6	28,1	22,3	16,3	40,8

Vypočet je proveden dle ČSN EN ISO 14183, odhad nepřesností ± 3 dB

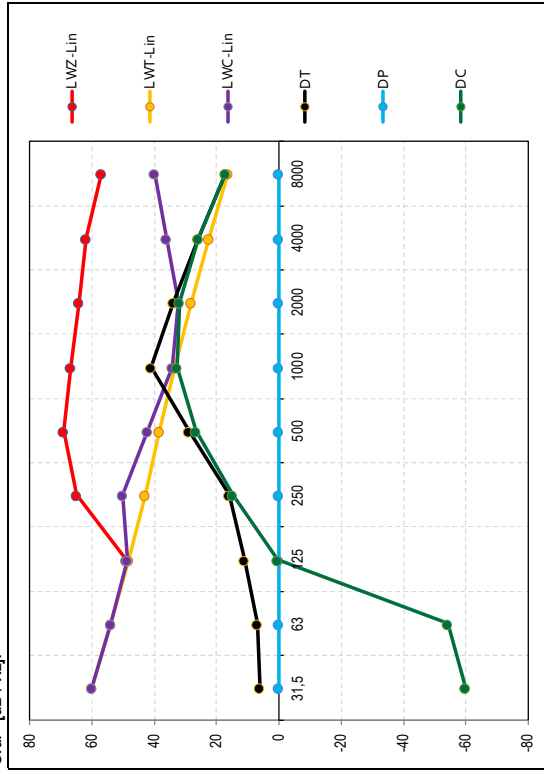
#### Útlum a váha buňkového tlumiče:

f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	M
Dr	dB	6,0	7,0	11,0	16,0	29,0	41,0	34,0	26,0	17,0	kg/ks
2sigR	dB	±7	±6	±4	±4	±4	±4	±4	±4	±4	±7
											11,0

#### Zatlumení zdroje - výpočet:

Zadejte tvar hlukového spektra (L = lineární, A = korigované)		L										
f	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A	
LWZ-Lin	dB			49	65	69	67	64	62	57	71,7	
Dr	dB	6,0	7,0	11,0	16,0	29,0	41,0	34,0	26,0	17,0	-	-
LWT-Lin	dB	60,0	54,1	48,4	43,1	38,4	33,6	28,1	22,3	16,3	40,8	
Dp	dB	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
LWC-Lin	dB	60,0	54,1	48,7	50,0	42,3	34,3	32,2	36,2	40,0	46,3	
Dc	dB	-60,0	-54,1	0,3	15,0	26,7	32,7	31,8	25,8	17,0	25,5	

#### Graf - [dB / Hz]:



#### Závěrečné shrnutí výsledků:

Instalační rozměr potrubí	500 x 500 - 1000	Počet buněk v tlumiči	2 ks
Označení tlumiče	G250x500x1000,1	Hmotnost bez potrubí	22 kg
Brutto cena buňkových tlumičů bez potrubí (bez DPH, EXW Uhlířské Janovice)	2 290 Kč		

Tabulka 20 Návrh buňkových tlumičů pro zónu jídelny - odvod

### C.1.11 IZOLACE VZT POTRUBÍ

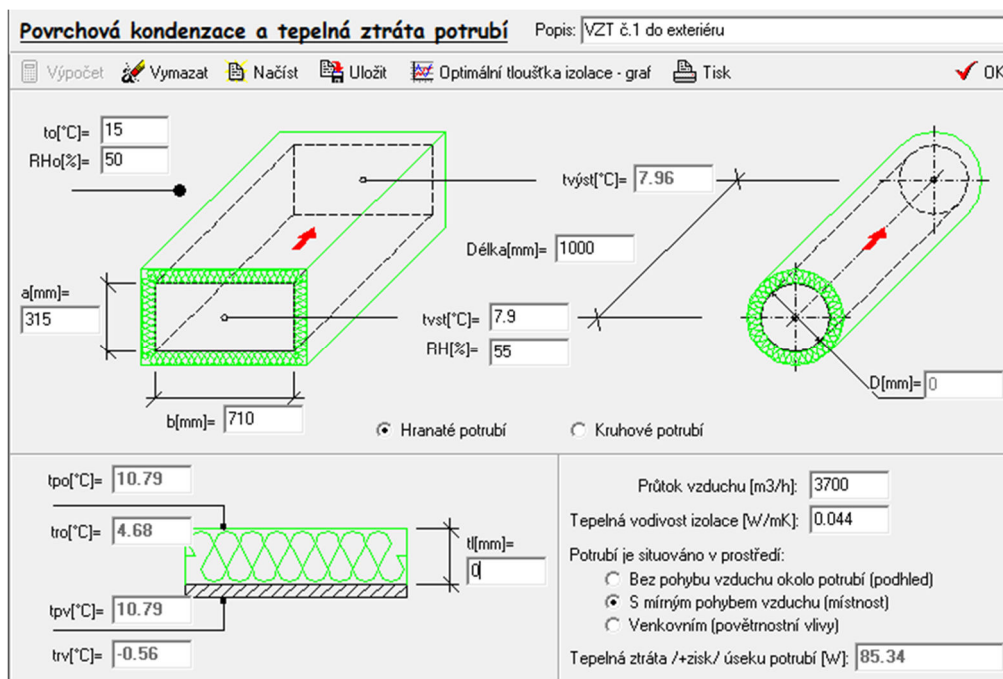
Výpočet tepelné ztráty a povrchové kondenzace potrubí jsem spočítal pomocí programu Teruna. Pro izolování VZT potrubí jsem uvažoval s tepelnou izolací od dodavatele ISOVER. Jedná se o typ Isover ML-3. V tomto případě není potřeba izolace, která bude odolnější proti mechanickému namáhání a proto se volila levnější varianta v této podobě. Isover ML-3 je lehká lamelová rohož ze skelného vlákna na hliníkové fólii.



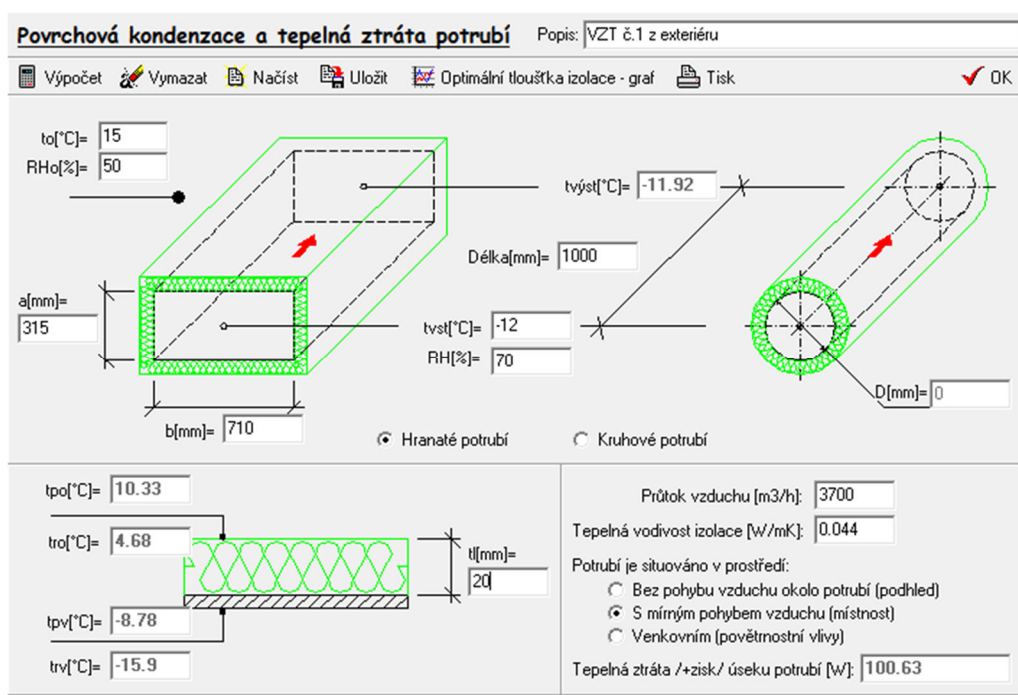
Obrázek 58 Isover ML-3

### C.1.12 Izolace VZT potrubí jednotky pro jídelnu

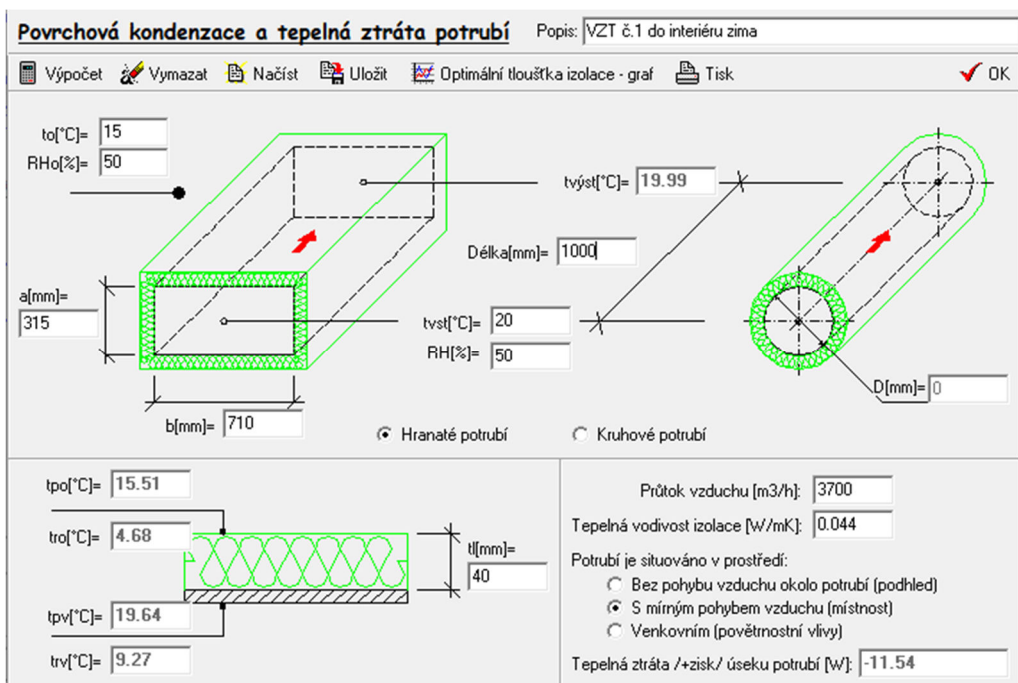
#### C.1.12.1 Izolace v zimě



Obrázek 59 Izolace potrubí mezi jednotkou a exteriérem VZT jednotky pro jídelnu (odvod) - zima

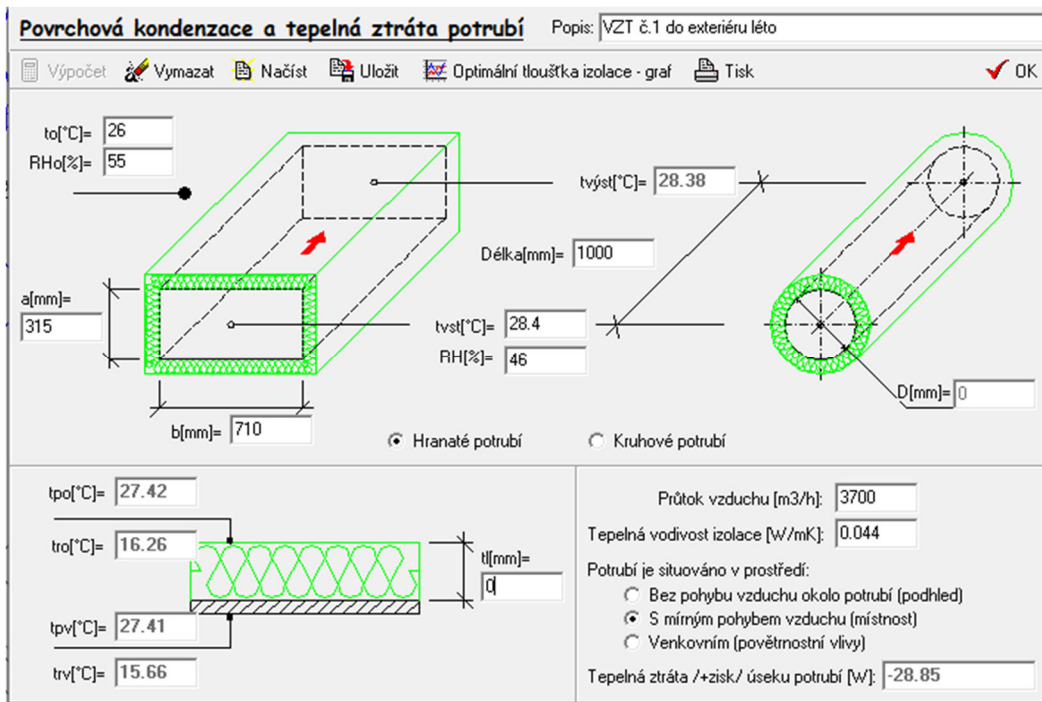


**Obrázek 60** Izolace potrubí mezi jednotkou a exteriérem VZT jednotky pro jídelnu (přívod) - zima

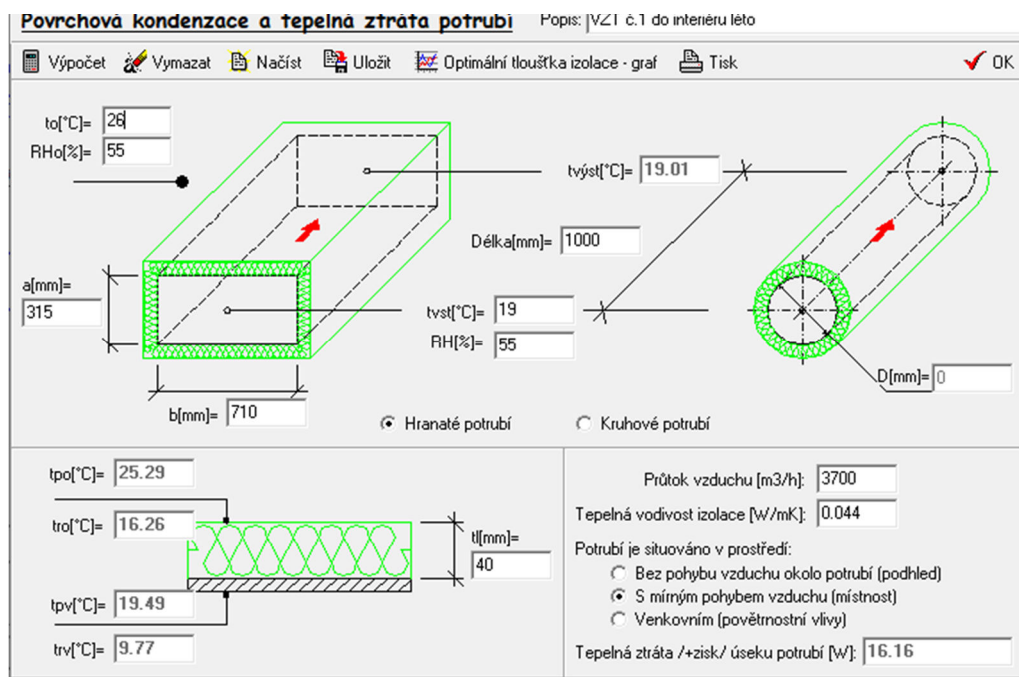


**Obrázek 61** Izolace potrubí mezi jednotkou a interiérem VZT jednotky pro jídelnu (přívod) - zima

### C.1.12.2 Izolace v létě



Obrázek 63 Izolace potrubí mezi jednotkou a exteriérem VZT jednotky pro jídelnu (odvod) - léto



Obrázek 62 Izolace potrubí mezi jednotkou a interiérem VZT jednotky pro jídelnu (přívod) - léto

**Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí** Popis: VZT č.1 z exteriéru léto

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimální tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 26$   
 $\text{RH}_o[\%] = 55$

$a[\text{mm}] = 315$   
 $b[\text{mm}] = 710$

$\text{tvst}[^\circ\text{C}] = 34$   
 $\text{RH}[\%] = 30$

$\text{tvst}[^\circ\text{C}] = 33.93$   
 $\text{Délka}[\text{mm}] = 1000$

Hranaté potrubí     Kruhové potrubí

$t_{po}[^\circ\text{C}] = 30.74$   
 $t_{ro}[^\circ\text{C}] = 16.26$   
 $t_{pv}[^\circ\text{C}] = 30.7$   
 $t_{rv}[^\circ\text{C}] = 13.97$

$l[\text{mm}] =$   
 $d$

Průtok vzduchu [m<sup>3</sup>/h]: 3700  
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.044

Potrubí je situováno v prostředí:

- Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
- S mírným pohybem vzduchu (místnost)
- Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: -96.16

**Obrázek 64** Izolace potrubí mezi jednotkou a exteriérem VZT jednotky pro jídelnu (přívod) - léto

## C.2 PROJEKT

### C.2.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA

#### C.2.1.1 Úvod

V této projektové dokumentaci se řeší vzduchotechnika Alzheimercentra ve Zlosyni. Tento objekt obsahuje 4 podlaží z něhož řešíme 1. nadzemní podlaží. Navrhujeme zde tři vzduchotechnické zařízení, kde každá funkční zóna obsahuje jedno zařízení. Zóna číslo 1 se zabývá klimatizací jídelny, zóna číslo 2 se zabývá teplo-vzdušným větráním ubytovacích zařízení Alzheimercentra a 3 zařízení se zabývá klimatizací kuchyně.

#### C.2.1.2 Pomocné podklady

Mezi pomocné podklady pro zpracování byly použity výkresy půdorysů a řezů stavebního objektu. Dále zde byly převzaty součinitele prostupu tepla. Projekt byl zpracován pomocí příslušných zákonů, prováděcích vyhlášek, norem a podklady od různých výrobců.

- ČSN 12 7010/Z1 Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení – Obecná ustanovení
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Vyhláška 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA, 2007, xx, 262 s. : il. (některé barev.) ; 23 cm. ISBN 978-80-7366-091-8.
- Podklady od firemního výrobce ATREA s.r.o.
- Podklady od firemního výrobce REMAK a.s.
- Podklady od firemního výrobce MANDÍK a.s.
- Software Teruna

### C.2.1.3 Hodnoty pro výpočet

**Tabulka A.3.14 – Kralupy nad Vltavou**  
(vztažná nadmořská výška 197 m.; průměrný tlak vzduchu 99,4 kPa)

Percentil (procento výskytu)	Teplé období roku			Chladné období roku	
	99,6 %	99 %	98 %	0,4 %	1 %
Teplota venkovního vzduchu (°C)	35,3	33,8	32,3	-20,9	-16,9
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	72,8	70,0	67,4	-	-
Absolutní extrémy	Maximum			Minimum	
Teplota venkovního vzduchu (°C)	37,2			-25,3	
Entalpie venkovního vzduchu (kJ/kg s.v.)	82,6			-24,8	

**Tabulka 21** Klimatické podmínky v okolí daného objektu

### C.2.1.4 Koncepční řešení zařízení

Vzduchotechnické zařízení je navrženo pro klimatizaci jídelny a tím zajištění pohody hostům. Přívod vzduchu je distribuován pomocí vířivých vyústek a odvod pomocí anemostatů. Výměna vzduchu je rovnotlaká. Vzduchotechnická jednotka je umístěna ve vlastní strojovně.

Sání čerstvého vzduchu vzduchotechnické jednotky bude řešeno přes stěnu ve strojovně kde na konci potrubí bude osazena proti dešťová žaluzie výfuk odváděného vzduchu bude vyveden nad střechu. Tímto docílíme, že se nebude nasávat znehodnocený vzduch z objektu.

Ohřev přiváděného vzduchu bude pomocí otopné vody s teplotním spádem 70°/50°C. Napojení do vzduchotechnické jednotky zajistí profese ÚT.

Vzduch, který proudí ze vzduchotechnických jednotek bude proudit pomocí čtyřhranného potrubí z pozinkovaného plechu třídy těsnosti B. Ke koncovým elementům vede z čtyřhranného potrubí flexi potrubí. Odvod bude řešen stejným způsobem.

### **C.2.1.5 Klimatizace jídelny (VZT zařízení č.1)**

Uvažovaný druh jednotky pro funkci větrání v jídelně je AeroMaster XP 06.

#### **Skladba**

**Přívod:** tlumící vložka, klapka, filtr, deskový rekuperátor, ventilátor, ohřivač, chladič, eliminátor kapek, tlumící vložka

**Odvod:** tlumící vložka, filtr, ventilátor, deskový rekuperátor, prázdná sekce, klapka, tlumící vložka

Vzduchotechnická jednotka je uložena na nosné konstrukci o výšce 300 milimetrů, kvůli lepšímu odvodu kondenzátu. Konstrukce je opatřena izolátorem chvění IS-TAKO s ocelovou pružinou podlepenou pryžovou rýhovanou pružinou.

Průtok přiváděného a odváděného vzduchu činí 3700 m<sup>3</sup>/h.

Voda pro chlazení má teplotní spád 7°C/15°C. Všechna potrubí která přivádí vzduch budou opatřena izolací o tloušťce 40 milimetrů od firmy ISOVER, konkrétně typ ML-3

Ovládání a regulaci zprostředkuje profese MaR

### **C.2.1.6 MaR systém**

- Profese měření a regulace bude regulovat a měřit námi navržené systémy vzduchotechniky
- Pomocí frekvenčního měniče budou ovládány veškeré ventilátory a nastavování jejich výkonů. To platí pro přívod i odvod. Ovládací zařízení budou silově napojena. Výkon můžeme nastavit podle potřeb daného provozu
- Systém MaR bude určovat teplotu vzduchu pomocí řízení výkonu vodního chladiče
- Chránění protimrazové ochrany na deskovém výměníku
- Systém osadí teploměry a měření vlhkosti vzduchu na vzduchotechnické systémy podle potřeb
- Osazení teploměrů a měřičů vlhkosti vzduchu do interiéru i exteriéru
- Uzavírací klapky, které jsou na jednotce se budou pomocí systému ovládat a dodají se k nim servopohony
- V případě poruchy provozu ventilátorů Je systém opatřen signalizací
- Filtry budou snímány a následně proběhne signalizace pokud dojde k zanesení
- Signalizace ohledně poruch

### **C.2.1.7 Nároky na energii**

Aby byla zajištěna funkčnost musí být zajištěn přísun elektrické energie.

### **C.2.1.8 Ostatní profese**

#### **Stavební práce**

- zhotovit prostupy stavební konstrukcí pro potrubí VZT, které jsou větší, než je skutečný rozměr potrubí (na každé straně 50 mm) vč. následného začištění a zaizolování
- zhotovení vhodných prostupů pro vedení chladiva vč. následného začištění a zaizolování
- vytvoření dopravních tras nejen pro montáž zařízení VZT, ale i s ohledem na pozdější údržbu, servis a opravy
- zajištění přístupu k požárním klapkám, regulačním klapkám a ostatním prvkům vyžadující pravidelný servis tak, aby byla možná údržba dle standardů investora

#### **Elektro**

- silové napojení je nutno provést ve vazbě s M+R
- uzemnění zařízení
- způsob napojení je nutno přizpůsobit konkrétnímu zařízení
- napojení servopohonů požárních klapek a požárních stěnových uzávěrů (nutno provést v součinnosti s EPS)

#### **Zdravotechnika**

- odvod kondenzátu od chladičů VZT jednotek a od výměníků zpětného získávání tepla

### **C.2.1.9 Prostředky pro snížení vibrací a přenosu hluku**

- zařízení, která jsou zdrojem nežádoucích vibrací a otřesů budou uložena na pryžových izolátorech chvění
- potrubí budou na závěsech od stavební konstrukce pružně odděleny, jednotky a ventilátory budou od potrubní sítě odděleny pružnými dilatačními manžetami
- v prostupech stavebních konstrukcí bude potrubí VZT od stavební konstrukce pružně odděleno (např. obalením pružným materiálem)
- do VZT potrubí budou umístěny tlumiče hluku, přičemž hluk bude eliminován v místě strojovny (hned u jednotky)

#### **C.2.1.10 Izolace**

Pro izolování VZT potrubí jsem použil tepelnou izolaci od firmy ISOVER. Jedná se o typ Isover ML-3. Isover ML-3 je lehká lamelová rohož ze skelného vlákna na hliníkové fólii. Tloušťka izolace na přívodním potrubí je 40 mm. Na odvodním potrubí izolace není potřeba.

#### **C.2.1.11 Montáž, provoz a údržba VZT systémů**

Zrealizování vzduchotechnických systémů provede kvalifikovaná firma. Před montáží musí být v objektu provedeny veškeré stavební úpravy, aby došlo k jednoduché montáži celého systému. Při montážích se bude postupovat podle pokynů a rad jednotlivých výrobců. Závěsy budou kotveny ke stropní konstrukci. Zde je nutná konzultace se statikem. Před zavedením daného systému do provozního chodu se musí provést následné zkoušky:

- zkouška funkčnosti systému
- regulace průtoku vzduchu v potrubí
- měření hluku v místnostech
- měření hluku ve venkovním prostředí
- zkontrolování požárních klapek

Nutnost je provedení pravidelné údržby jednotlivých zařízení minimálně dvakrát ročně. U tukových filtrů by mělo docházet k čištění 1x do týdne. O udržování a obsluhování daného zařízení se bude starat vždy kvalifikovaná osoba.

#### **C.2.1.12 Protipožární opatření**

Protipožární klapky budou osazeny v místě kde potrubí vychází z technické místnosti. Protipožární klapky jsou navrženy od firmy MANDÍK typu FDMQ. V případě požárů klapky uzavřou a tím znemožní šíření požáru a zplodin.

#### **C.2.1.13 Závěr technické zprávy**

Jednotlivé vzduchotechnické zařízení splňují požadavky kladené na funkčnost daného typu objektu. Cílem těchto zařízení je splnit požadovanou optimální pohodu prostředí pro uživatele objektu.

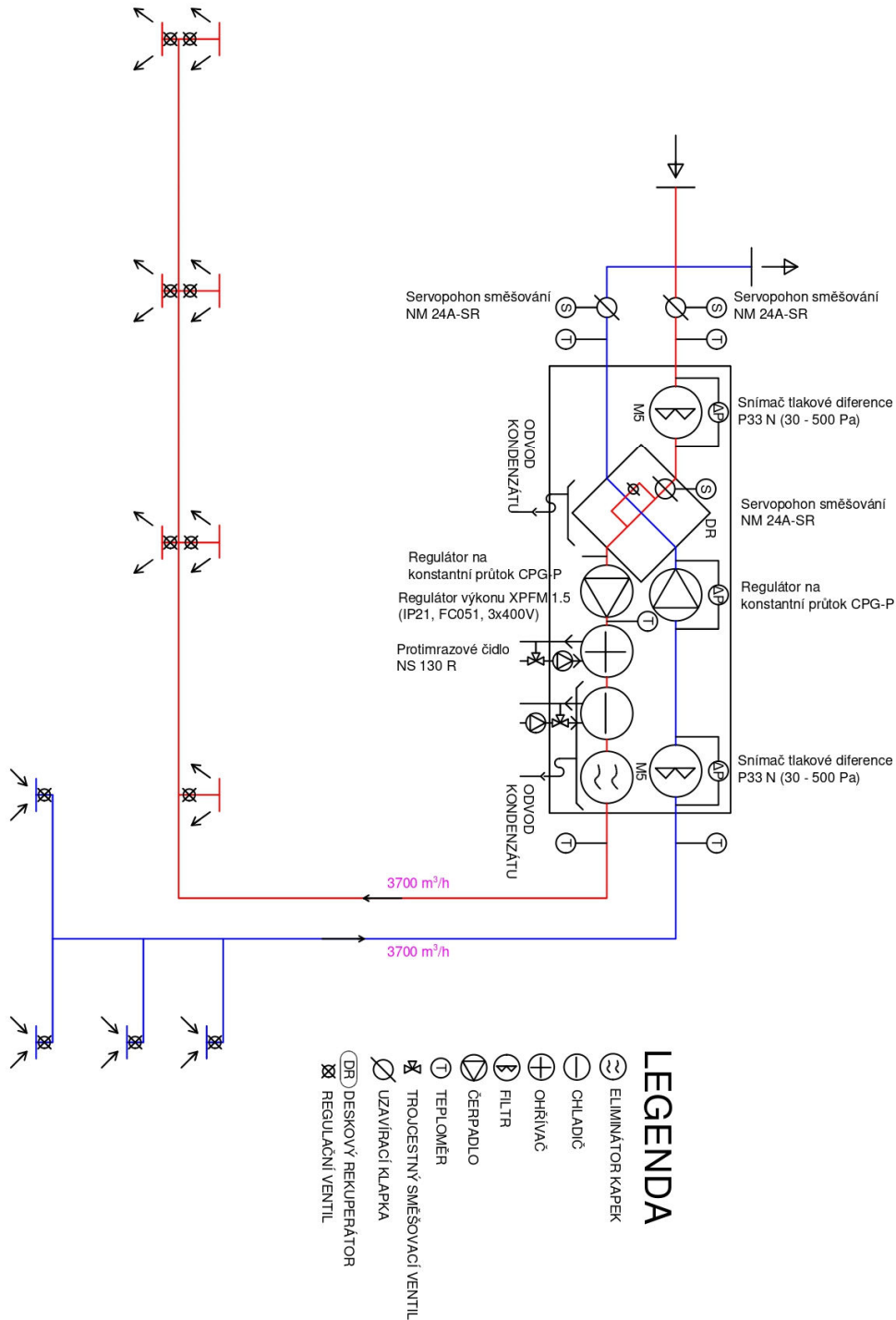
### C.3 PODROBNÁ TECHNICKÁ SPECIFIKACE PRVKŮ

OZN	Název	Počet kusů	Počet metrů	jídelna
1.01	VZT jednotka s deskovým rekuperátorem	1		
1.21	přívodní vířivá výústka MANDÍK VVM 600,625 24 lamel	7		
1.22	odvodní anemostat MANDÍK ALCM 600	4		
1.31	čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu o obvodu 2050 mm		42	
1.32	čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu o obvodu 1890 mm		2,5	
1.33	čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu o obvodu 1750 mm		1,25	
1.34	čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu o obvodu 1630 mm		3	
1.35	čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu o obvodu 1530 mm		1	
1.36	čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu o obvodu 1260 mm		3,5	
1.37	čtyřhranné potrubí z pozinkovaného plechu o obvodu 1190 mm		2	
1.38	spiro flexi hadice Ø250mm	11		
1.41	regulační klapka	11		
1.42	protipožární klapka	2		
1.43	tlumič hluku buňkový GREIF 500x500-1000	2		
1.44	tlumič hluku buňkový GREIF 500x500-1500	1		

Tabulka 22 Specifikace prvků v jídelně

## C.4 FUNKČNÍ SCHÉMA VZT ZAŘÍZENÍ

### C.4.1 VZT zařízení č.1 (Jídelna)



Obrázek 65 Funkční schéma VZT zařízení pro jídelnu

## ZÁVĚR

Praktická a projektová část diplomové práce se zpracovala pro prostor jídelny v Alzheimer centru. Řešený prostor byl jeden funkční celek. V praktické části byla pomocí CFD simulací řešena rychlost proudění vzduchu v daném prostoru a posuzováno ve dvou variantách, kde nebyla doporučena ani jedna z variant. V projektové části jsou uvedeny všechny náležitosti pro projekt VZT pro stavební povolení. Vzduchotechnické jednotky byly navrženy s ohledem na životní prostředí, hlučnost a ekonomiku.

Práce byla zpracovaná podle příslušných vyhlášek, zákonů, norem a podkladů od jednotlivých výrobců.

## D. POUŽITÉ ZDROJE

1. ČSN 12 7010/Z1 VZDUCHOTECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ – NAVRHOVÁNÍ VĚTRACÍCH A KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ – OBECNÁ USTANOVENÍ
2. NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 272/2011 SB., O OCHRANĚ ZDRAVÍ PŘED NEPŘÍZNIVÝMI ÚČINKY HLUKU A VIBRACÍ
3. VYHLÁŠKA 268/2009 SB., O TECHNICKÝCH POŽADAVCÍCH NA STAVBY
4. Směrnice VDI 2052
5. ČSN 73 0548 - VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE KLIMATIZOVANÝCH PROSTORŮ
6. GEBAUER, GÜNTER, OLGA RUBINOVÁ A HELENA HORKÁ. VZDUCHOTECHNIKA. 2. VYD. BRNO: ERA, 2007, XX, 262 S. : IL. (NĚKTERÉ BAREV.) ; 23 CM. ISBN 978-80-7366-091-8.
7. NORMA ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. 2011.
8. *Webová adresa: [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)*  
[cit. 2022-05-19]. URL: <https://vetrani.tzb-info.cz/regulace-vetrani-klimatizace/9796-model-rizeni-vzduchotechnicke-jednotky>
9. *Webová adresa: [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)*  
[cit. 2022-05-19]. URL: <https://vetrani.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-vetrani-klimatizace/10199-nova-ceska-legislativa-a-normy-pro-vetrani-a-klimatizaci>
10. DRKAL, František, Martin BARTÁK a Jan SCHWARZER. CFD na ústavu techniky prostředí. Tzb-info [online]. 2006 [cit. 2024-01-01]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/2975-cfd-na-ustavu-techniky-prostredi>
11. Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb. Tzb-info.cz [online]. 2013, 25.2.2013 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>
12. Chladicí trám nebo fan-coil?. Tzb-info.cz [online]. 2011, 6.6.2011 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7147-chladici-tram-nebo-fan-coil>
13. [2] V. ZMRHAL, M. LAIN, Prvky větracích a klimatizačních zařízení (II) - 2. část  
Distribuce vzduchu, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí, [online], [01.01. 2024]  
Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vzduchotechnicka-zarizeni/4139-prvky-vetracich-a-klimatizacnich-zarizeni-ii-2-cast>
14. *Webová adresa: [www.mandik.cz](http://www.mandik.cz)*
15. [1] TZ2 – Distribuce vzduchu, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra technických zařízení budov, [online], [5.12. 2023] Dostupné z: [https://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/14/tz2\\_2009/du-4-podklady.pdf](https://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/14/tz2_2009/du-4-podklady.pdf)
16. [4] ALI, Asad. CFD Workflow Guide: How to Set Up a Fluid Dynamics Analysis. Simscale.com [online]. 2023 [cit. 2024-01-01]. Dostupné z: <https://www.simscale.com/blog/cfd-workflow-quick-guide/>
17. [5] AUTODESK. Autodesk Simulation CFD. Adeon.cz [online]. c2002-2022 [cit. 2024-01-01]. Dostupné z: <https://www.adeon.cz/katalog/autodesk/cfd/>

18. [6] Použití CFD simulací v konstrukčním procesu. In: <https://resources.sw.siemens.com> [online]. c2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://resources.sw.siemens.com/cs-CZ/video-cfd-simulation>
19. [3] Vířivé vyústky [online]. [25.11.2023] Dostupné z: [https://www.ventilatory.cz/virivy-anemostat-ctvercovy-am-622x622-mm-36-lamel-x1371?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQiAhc-sBhCEARIsAOVwHuQ1mZFrDTXkYmjtpWP9-yOONG25hIFajjPICBbVXcHXKl1AEXocomgaAou4EALw\\_wcB](https://www.ventilatory.cz/virivy-anemostat-ctvercovy-am-622x622-mm-36-lamel-x1371?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAhc-sBhCEARIsAOVwHuQ1mZFrDTXkYmjtpWP9-yOONG25hIFajjPICBbVXcHXKl1AEXocomgaAou4EALw_wcB)
20. [7] Vyústky komfortní dvouřadé [online]. [25.11.2023] Dostupné z: <https://www.elektrodesign.cz/eshop/vke-v-2-0-300x200-vyustka-komfortni/>
21. MEISS, Alberto, Jesús FEIJÓ-MUÑOZ a Miguel A. GARCÍA-FUENTES. Age-of-the-air in rooms according to the environmental condition of temperature: A case study, Energy and Buildings, Science Direct [online]. 2013 [cit. 2024-01-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778813005136>

## E. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

### **Zkratky**

CMYK –cyan, mangeta, yellow, black, neboli azurová, purpurová, žlutá, černá  
DPI –dots per inch / bodů na palec  
PPI –pixels per inch / pixelů na palec  
PC –personal computer  
RGB –red, green, blue neboli červená, zelená, modrá  
SZZ –státní závěrečná zkouška  
VŠKP –vysokoškolská kvalifikační práce  
VZT –vzduchotechnika  
ZZT –zpětné získávání tepla  
MaR –měření a regulace  
NP –nadzemní podlaží

### **Fyzikální veličiny**

a – zrychlení [ $m/s^2$ ]  
c – koncentrace [ppm]  
F – síla [N]  
h – výška [m]  
- entalpie  
m – hmotnost [kg]  
n – násobnost výměny vzduchu [ $h^{-1}$ ]  
S – plocha [ $m^2$ ]  
t – čas [s], teplota [ $^{\circ}C$ ]  
v – rychlost [m/s]  
V – objemový průtok [ $m^3/h$ ]  
Qtz – tepelný zisk místnosti [kW]  
 $\Delta t$  – rozdíl teplot [K]  
 $\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti [W/m K]  
E – efektivita [-]  
P – hustota [ $kg/m^3$ ]  
 $\phi$  – relativní vlhkost [%]  
x – měrná vlhkost [kg/kgs.v.]  
R – měrná plynová konstanta [J/kg K]  
L – hladina akustického výkonu [dB]  
K – korekce na počet vyústek [dB]  
d – průměr [m]  
D – útlum akustického výkonu [dB]

## ***Indexy***

c –škodliviny  
i –interiér  
o –odvodní / odpadní  
p – přívod / pracovní  
pdl – podlaha  
L – léto  
Z – zima

## F. SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

### SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obrázek 1</b> Zobrazení druhotných proudů v prostoru [1].....	8
<b>Obrázek 2</b> Zobrazení podstropního efektu [1].....	9
<b>Obrázek 3</b> Zobrazení kompaktního proudu [1] .....	10
<b>Obrázek 4</b> Zobrazení kuželového proudu [1].....	10
<b>Obrázek 5</b> Zobrazení radiálního proudu [1] .....	11
<b>Obrázek 6</b> Zobrazení plochého proudu [1] .....	11
<b>Obrázek 7</b> Zobrazení distribuce vzduchu směšováním [1] .....	12
<b>Obrázek 8</b> Zobrazení distribuce vzduchu zaplavováním [1] .....	13
<b>Obrázek 9</b> Zobrazení distribuce vzduchu vytěšňováním [1] .....	14
<b>Obrázek 10</b> Obdélníková vyústka [7] .....	15
<b>Obrázek 11</b> Čtvercový anemostat [2].....	16
<b>Obrázek 12</b> Kruhový anemostat [2] .....	16
<b>Obrázek 13</b> Vířivý anemostat [3].....	17
<b>Obrázek 14</b> a) odvodní ventil b) přívodní ventil [2] .....	18
<b>Obrázek 15</b> a) samostatná tryska b) pole trysek [1] .....	18
<b>Obrázek 16</b> Štěrbina s přípojevacím hrdlem [2].....	19
<b>Obrázek 17</b> Podlahové výústě [1].....	20
<b>Obrázek 18</b> Příklad CFD simulace [6] .....	21
<b>Obrázek 19</b> Ukázka meshe [4].....	23
<b>Obrázek 20</b> Rychlostní pole u obtékání budovy [5] .....	24
<b>Obrázek 21</b> Vyhodnocení ve formě grafů [5] .....	25
<b>Obrázek 22</b> Půdorys místnosti jídelny 1.008, na kterou se bude simulace aplikovat varianta 1	28
<b>Obrázek 23</b> Schéma řešené místnosti .....	29
<b>Obrázek 24</b> Schématický řez místnosti.....	30
<b>Obrázek 25</b> Geometrie výpočtového modelu s rozmístěním přívodních a odvodních elementů a vnitřního vybavení.....	31
<b>Obrázek 26</b> Nastavení minimální velikosti buněk .....	32
<b>Obrázek 27</b> Nastavení maximální velikosti buněk .....	32
<b>Obrázek 28</b> Zobrazení přívodního elementu, který je rozdělen na pět jednotlivých částí.....	32
<b>Obrázek 29</b> Zobrazení odvodní vyústky, která je rozdělena na pět částí .....	33
<b>Obrázek 30</b> Zobrazení nastavených směrů proudů z vířivé vyústky.....	34
<b>Obrázek 31</b> Zobrazení meshe v jídelně.....	35
<b>Obrázek 32</b> Roviny řezu.....	36
<b>Obrázek 33</b> Zobrazení rychlostí proudění vzduchu pomocí příčného řezu jídelnou přes 2 přívodní vyústky .....	38
<b>Obrázek 34</b> Zobrazení rychlostí proudění vzduchu pomocí příčného řezu jídelnou přes přívodní a odvodní vyústku .....	38
<b>Obrázek 35</b> Zobrazení proudění vzduchu proudnicemi .....	39
<b>Obrázek 36</b> Zobrazení rychlostí proudění vzduchu pomocí podélného řezu jídelnou .....	40
<b>Obrázek 37</b> Zobrazení směru a rychlosti proudění vzduchu v podélném řezu jídelnou .....	41

<b>Obrázek 38</b>	Zobrazení rychlostí proudění vzduchu ve vodorovném řezu 1,3m nad podlahou ....	43
<b>Obrázek 39</b>	Zobrazení rychlostí proudění vzduchu ve vodorovném řezu 1,8m nad podlahou ....	44
<b>Obrázek 40</b>	Půdorys místnosti jídelny 1.008, na kterou se bude simulace aplikovat varianta 2.	45
<b>Obrázek 41</b>	Akustický výkon vyústky VVM 600/24 lamel .....	46
<b>Obrázek 42</b>	Zobrazení rychlostí proudění vzduchu pomocí příčného řezu jídelnou přes přívodní vyústku ve variantě 2 .....	47
<b>Obrázek 43</b>	Akustický výkon vyústky VVM 625/54 lamel .....	47
<b>Obrázek 44</b>	Zobrazení proudění vzduchu proudnicemi ve variantě 2 .....	48
<b>Obrázek 45</b>	Zobrazení směru a rychlosti proudění vzduchu v podélném řezu jídelnou stoly ve variantě 2 .....	49
<b>Obrázek 46</b>	Zobrazení rychlostí proudění vzduchu pomocí podélného řezu jídelnou přes přívodní vyústky .....	50
<b>Obrázek 47</b>	Přehled rychlostí v pobytové oblasti 1,3m nad podlahou ve variantě 2 .....	51
<b>Obrázek 48</b>	Zobrazení rychlostí proudění vzduchu ve vodorovném řezu 1,3m nad podlahou ve variantě 2 .....	52
<b>Obrázek 49</b>	Zobrazení rychlostí proudění vzduchu ve vodorovném řezu 1,8m nad podlahou ve variantě 2 .....	53
<b>Obrázek 50</b>	Porovnání obou variant pomocí rychlosti proudění vzduchu v dané linii .....	54
<b>Obrázek 51</b>	Zobrazení 50 bodů v prostoru pro účely zjištění rychlosti .....	56
<b>Obrázek 52</b>	Rozdělení na funkční celky .....	58
<b>Obrázek 53</b>	Půdorys jídelny 1.008 .....	60
<b>Obrázek 54</b>	Graf tepelných zisků v prostoru jídelny v průběhu celého dne .....	62
<b>Obrázek 55</b>	Boční pohled na VZT jednotku zóny jídelny .....	68
<b>Obrázek 56</b>	Axonometrie VZT jednotky pro jídelnu .....	68
<b>Obrázek 57</b>	h-x diagram úpravy vzduchu v jídelně .....	70
<b>Obrázek 58</b>	Isover ML-3 .....	74
<b>Obrázek 59</b>	Izolace potrubí mezi jednotkou a exteriérem VZT jednotky pro jídelnu (odvod) - zima .....	74
<b>Obrázek 60</b>	Izolace potrubí mezi jednotkou a exteriérem VZT jednotky pro jídelnu (přívod) - zima .....	75
<b>Obrázek 61</b>	Izolace potrubí mezi jednotkou a interiérem VZT jednotky pro jídelnu (přívod) - zima	75
<b>Obrázek 64</b>	Izolace potrubí mezi jednotkou a interiérem VZT jednotky pro jídelnu (přívod) - léto	76
<b>Obrázek 62</b>	Izolace potrubí mezi jednotkou a exteriérem VZT jednotky pro jídelnu (odvod) - léto	76
<b>Obrázek 63</b>	Izolace potrubí mezi jednotkou a exteriérem VZT jednotky pro jídelnu (přívod) - léto	77
<b>Obrázek 65</b>	Funkční schéma VZT zařízení pro jídelnu .....	84

## **SEZNAM TABULEK**

<b>Tabulka 1</b> Rychlost vzduchu z přívodní vyústky.....	34
<b>Tabulka 2</b> Přehled rychlostí v pobytové oblasti 1,3m nad podlahou.....	42
<b>Tabulka 3</b> Přehled rychlostí v pobytové oblasti 1,8m nad podlahou.....	42
<b>Tabulka 4</b> Průtok, plocha, efektivní plocha a výstupní rychlost z vyústky varianty 2.....	46
<b>Tabulka 5</b> Výpočet hluku s použitím méně vyústek ve VZT systému.....	51
<b>Tabulka 6</b> Data rychlosti proudění vzduchu v místě stolů 1,3m nad podlahou.....	55
<b>Tabulka 7</b> Tabulka místností v objektu.....	59
<b>Tabulka 8</b> Vypočítané tepelné zisky prostoru.....	61
<b>Tabulka 9</b> Vypočítané tepelné ztráty prostoru.....	61
<b>Tabulka 10</b> ČSN EN 15665 - požadavky na větrání obytných budov.....	63
<b>Tabulka 11</b> Výměna vzduchu v řešeném prostoru jídelny.....	64
<b>Tabulka 12</b> Distribuční elementy pro přívod vzduchu ve variantě 1 v jídelně.....	64
<b>Tabulka 13</b> Odvodní elementy v jídelně.....	64
<b>Tabulka 14</b> Dimenze potrubí pro přívod vzduchu.....	65
<b>Tabulka 15</b> Dimenze potrubí pro odvod vzduchu.....	66
<b>Tabulka 16</b> Hlukové parametry VZT zařízení pro jídelnu.....	69
<b>Tabulka 17</b> Nejdůležitější parametry vybraných komponentů VZT zařízení pro jídelnu.....	69
<b>Tabulka 18</b> Výpočet hluku v jídelně.....	71
<b>Tabulka 19</b> Návrh buňkových tlumičů pro zónu jídelny - přívod.....	72
<b>Tabulka 20</b> Návrh buňkových tlumičů pro zónu jídelny - odvod.....	73
<b>Tabulka 21</b> Klimatické podmínky v okolí daného objektu.....	79
<b>Tabulka 22</b> Specifikace prvků v jídelně.....	83

# **PŘÍLOHY**

## **1. VÝSTUP Z PROGRAMU AEROCAD**

## **2. VÝKRESY**

Půdorys varianty 1, půdorys varianty 2 a řezy



Název projektu

## 02 - jídelna klimatizace Alzheimer centrum

### Technická specifikace zařízení

---

Číslo zařízení	Název zařízení	Určení jednotky	Strana
01	02 - klimatizace jídelna	Standardní prostředí	2

**ID**  
Vypracoval  
Projekt vytvořen:  
Tisk:

**Lukáš Petr - Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební**  
11.03.2022,23:13  
02.05.2022,11:01

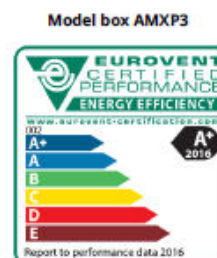
## STRUČNÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ

### Základní parametry zařízení

Druh, rozměr	AeroMaster XP 06
Řídicí jednotka VCS (Climatix)	Ne

Hmotnost (+/-10%)	867 kg
Umístění VZT jednotky	Vnitřní
Materiálové provedení	
Vnější plášť	Lakovaný plech (RAL 9002)
Vnitřní plášť	Pozinkovaný plech

	Přívod	Odvod
Průtok vzduchu	3700 m <sup>3</sup> /h	3700 m <sup>3</sup> /h
Externí tlaková rezerva	142 Pa	161 Pa
Rychlost v průřezu	2.26 m/s	2.26 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%	M5 / ISO ePM 10 >60%
2. stupeň filtrace	-	-
SFP <sub>W</sub>	729 W.m <sup>-2</sup> .s	677 W.m <sup>-2</sup> .s



		Parametry pláště dle EN1886
		Mechanická stabilita D2(M)
		Netěsnost skříně L1(R)
		Netěsnost skříně (reál. jednotka) L3(R) @ -400Pa, L3(R) @ +400Pa
		Termická izolace T4(M)
SFP <sub>W,EU</sub>	1406 W.m <sup>-2</sup> .s	Faktor tepelných mostů TB3(M)
		Netěsnost mezi filtrem a rámem < 0,5 % (F9)

### Nejdůležitější parametry vybraných komponentů

	Na straně vzduchu		Na straně média
Zpětný zisk tepla	-12.0 → 7.9 °C	62 %, 7.3 kW	
Směšování	7.9 → 16.4 °C	70.0 %	
Ohřev	16.4 → 20.0 °C	4.5 kW	70/50 °C, Voda, 1.0 kPa, 0.20 m <sup>3</sup> /h, 1 "
Chlazení	28.4 → 19.0 °C	12.5 kW	7.0/15 °C, Voda, 2.5 kPa, 1.37 m <sup>3</sup> /h, 1 "

*Detailní specifikace a výsledné parametry jsou součástí detailní specifikace vzduchotechnického zařízení*

### 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	40	46	62	64	62	59	55	49	68
Přívod - výtlak	41	51	68	71	77	73	68	60	80
Přívod - okolí	40	40	51	47	52	48	44	40	56
Odvod - sání	40	48	64	68	67	65	62	57	73
Odvod - výtlak	41	50	67	70	75	71	67	60	78
Odvod - okolí	40	40	51	47	52	47	44	40	56

ID  
 Projekt  
 Číslo / Název zařízení  
 Určení jednotky

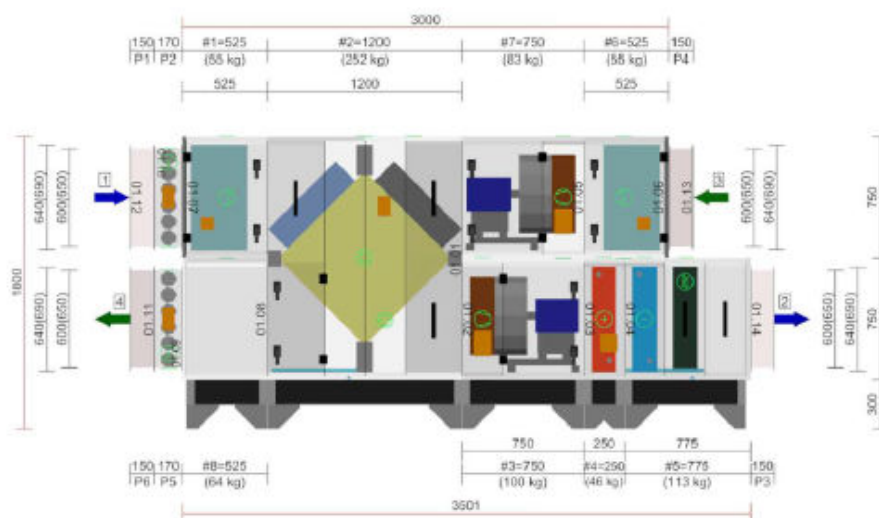
[02 - klimatizace jídelny] 02 - jídelna klimatizace Alzheimer centrum  
 01 / 02 - klimatizace jídelna  
 Standardní prostředí



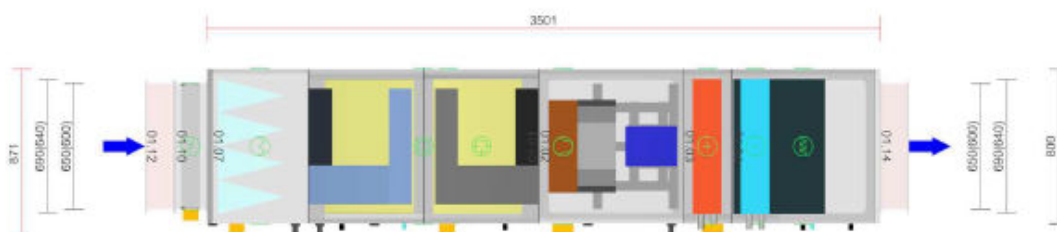
**GRAFICKÉ POHLEDY**

**Bokorys servisní strany**

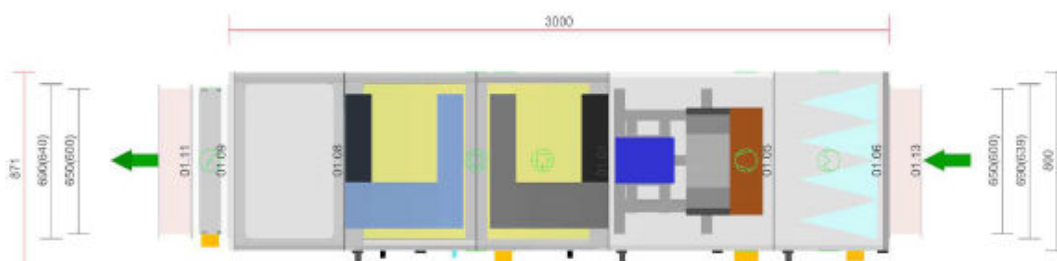
Číslování větví: 1 - venkovní vzduch, 2 - přívodní vzduch, 3 - odtahový vzduch, 4 - odpadní vzduch, 5 - cirkulační vzduch



**Půdorys přívodní větve**



**Půdorys odtahové větve**

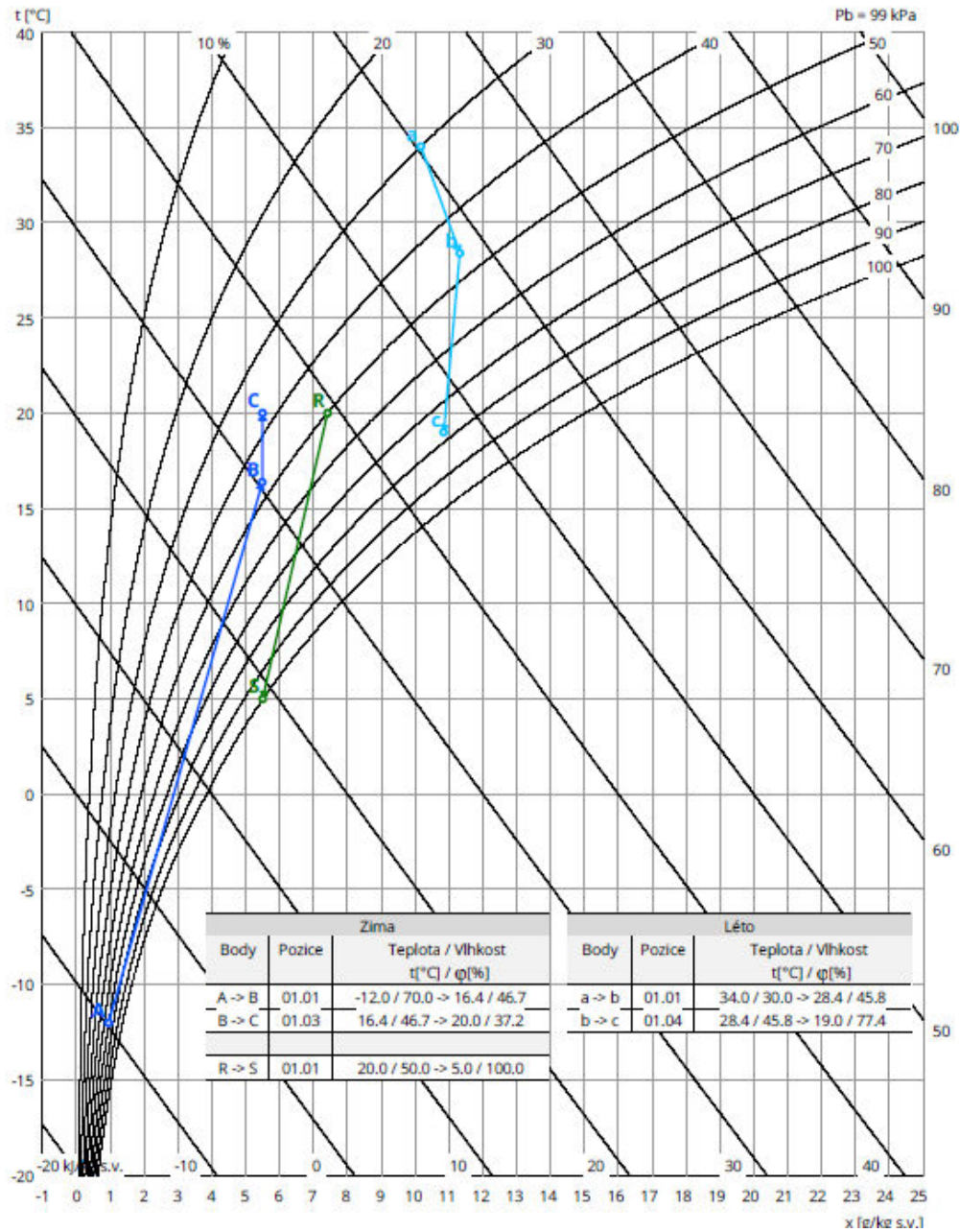


ID  
 Projekt  
 Číslo / Název zařízení  
 Určení jednotky

[02 - klimatizace jídelny] 02 - jídelna klimatizace Alzheimer centrum  
 01 / 02 - klimatizace jídelna  
 Standardní prostředí



Psychrometrický diagram





## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VYSOKOŠKOLSKÉ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12. 1. 2024

.....

podpis autora