

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

# KLIMATIZACE KANCELÁŘÍ V PRŮMYSLOVÉM OBJEKTU

AIR-CONDITIONING OF OFFICES IN AN INDUSTRIAL BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

TOMÁŠ DREXLER

VEDOUcí PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. EVA JANOTKOVÁ, CSc.

BRNO 2008

## **Abstrakt**

Cílem diplomové práce je návrh a dimenzování ústředního klimatizačního zařízení pro klimatizaci kanceláří v průmyslovém objektu. Pro klimatizaci bylo vybráno 2.patro kancelářské budovy. Úvod je věnován krátkému vstupu do oblasti klimatizace a přehledu používaných klimatizačních systémů včetně základních druhů a možností použití jednotlivých klimatizačních zařízení v praxi. Následuje výpočtová část, ve které je proveden výpočet tepelných ztrát, letních tepelných zisků klimatizovaného objektu a psychrometrický výpočet letního a zimního provozu klimatizačního zařízení. Po výpočtu potřebných parametru je proveden návrh distribuce vzduchu, strojovny vzduchotechniky, dimenzování vzduchovodů a ventilátorů, návrh příváděcích a odváděcích vyústek a jejich regulace. Další část obsahuje výpočet spotřeby energie při provozu navrženého klimatizačního zařízení.

## **Klíčová slova**

Klimatizace, kanceláře

## **Abstract**

Aim diploma thesis is design and dimensioning central air - conditioning system of offices in industrial object. To air - conditioning was choose 2<sup>nd</sup> floor office building. Introduction is devoted short entrance to the areas air - conditioning and survey used air - conditioner systems inclusive basic types and possibility using single air - conditioning system practically. Follows computational part, in which is effected heat loss calculation, summer heat gains air - conditioned object and psychometr calculation summer and winter operationing air - conditioning system. After calculation needed parameters is effected design distribution air, machine - room air conditioning, dimensioning air channels and ventilators, design incoming and off-take anemostats and their regulations. Next part includes calculation power consumption during the operationing designed air - conditioning system.

## **Keywords**

Air-conditioning, offices

## **Bibliografická citace**

DREXLER, T. *Klimatizace kanceláří v průmyslovém objektu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 93 s.

Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Eva Janotková, CSc.

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně bez cizí pomoci. Při návrhu jsem vycházel ze získaných znalostí, odborných konzultací a doporučené literatury uvedené v seznamu

V Brně dne 20. května 2008

.....

Podpis

### Poděkování

Děkuji vedoucí mé diplomové práce paní doc. Ing. Evě Janotkové, CSc. za velmi vstřícné jednání, ochotu a velmi dobrou odbornou pomoc, kterou mi poskytla při řešení a zpracování závěrečné práce.

V Brně dne 20. května 2008

.....

Podpis

## Obsah

<b>1. ÚVOD</b> .....	11
<b>2. ÚVOD DO PROBLEMATIKY KLIMATIZACE</b> .....	12
2.1 Pohoda prostředí.....	12
2.2 Klimatizace, klimatizační zařízení a systémy.....	12
2.2.1 Vzduchové klimatizační systémy.....	13
2.2.2 Vodní klimatizační systémy.....	15
2.2.3 Kombinované klimatizační systémy.....	15
2.2.4 Chladivové klimatizační systémy.....	15
<b>3. STANOVENÍ PODKLADŮ PRO NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ</b> .....	17
3.1 Výpočet tepelných ztrát.....	17
3.1.1 Výpočet součinitelů prostupu tepla a stanovení parametrů potřebných pro výpočet.....	19
3.1.2 Obecný postup výpočtu.....	21
3.1.3 Příklad výpočtu tepelných ztrát.....	22
3.2 Výpočet tepelné zátěže.....	25
3.2.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla.....	25
3.2.2 Tepelné zisky z vnějšího prostředí.....	26
3.2.3 Příklad výpočtu tepelných zisků.....	28
<b>4. STANOVENÍ PŘÍVODU ČERSTVÉHO VZDUCHU</b> .....	34
<b>5. PSYCHROMETRICKÝ VÝPOČET</b> .....	34
5.1 Výpočet letního provozu.....	35
5.2 Výpočet zimního provozu.....	37
<b>6. NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ VYÚSTEK A VZDUCHOVODŮ</b> .....	42
6.1 Návrh přívaděcích vyústek.....	43
6.1.1 Určení velikosti a typu přívaděcích vířivých vyústek.....	43
6.1.2 Určení velikosti tlakové ztráty, hladiny hluku a efektivní rychlosti u vířivých vyústek.....	46
6.1.3 Určení střední rychlosti proudění a teplotního rozdílu u vířivých vyústek při základním nastavení lamel.....	46
6.2 Návrh odváděcích vyústek.....	48
6.2.1 Určení velikosti a typu odváděcích vířivých vyústek.....	48
6.2.2 Určení velikosti tlakové ztráty, hladiny hluku a efektivní rychlosti u vířivých vyústek.....	48
6.3 Návrh potrubních sítí, dimenzování vzduchovodů.....	52
6.3.1 Návrh a dimenzování přívaděcích vzduchovodů.....	53
6.3.2 Doregulování přívaděcího potrubí vzduchovodů.....	58
6.3.3 Návrh a dimenzování odváděcích vzduchovodů.....	59
6.3.4 Doregulování odváděcího potrubí vzduchovodů.....	63
<b>7. NÁVRH KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY</b> .....	66
7.1 Návrh jednotlivých komor s popisem funkce.....	66
7.2 Návrh větrání strojovny.....	71
7.3 Rozpis použitých materiálů.....	71
7.3.1 Rozpis použitých částí přívaděcího potrubí.....	71
7.3.2 Rozpis použitých částí odváděcího potrubí.....	74
<b>8. VÝPOČET SPOTŘEBY ENERGIÍ NA PROVOZ KLIMATIZAČNÍHO ZAŘÍZENÍ</b> .....	77
<b>9. MĚŘENÍ A REGULACE VZDUCHOTECHNICKÝCH JEDNOTEK</b> .....	82

<b>10. TECHNICKÁ ZPRÁVA.....</b>	<b>84</b>
<b>11. ZÁVĚR.....</b>	<b>87</b>
<b>12. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>88</b>
<b>13. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....</b>	<b>89</b>
<b>14. SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE.....</b>	<b>93</b>

## **1. ÚVOD**

Cílem této diplomové práce je provést návrh a dimenzování ústředního klimatizačního zařízení pro klimatizaci kanceláří v průmyslovém objektu. V podstatě jde o navržení vhodného klimatizačního zařízení pro letní i zimní úpravu vzduchu v kancelářských prostorech.

Před samotným návrhem je potřeba stanovit základní parametry a kladené požadavky potřebné pro návrhové řešení. Stanovit počet osob užívající jednotlivé místnosti, určit počet pracovních zařízení ( počítače, kopírky, tiskárny ), které budou v místnostech důležitým zdrojem tepla. Návrhové řešení vychází z výpočtu zimních tepelných ztrát a letních tepelných zisků z nichž je následně proveden psychrometrický výpočet letního a zimního provozu. Na základě psychrometrického výpočtu je zvoleno optimální klimatizační zařízení.

Klimatizační zařízení je umístěno do strojovny vzduchotechniky, ve které probíhá příslušná úprava vzduchu a následně pomocí navrženého rozvodu potrubní sítě je vzduch rozváděn do jednotlivých místností. Při volbě umístění strojovny bylo nutné vycházet ze zadaného projektu. Jelikož je nad patrem umístěna sedlová střecha je strojovna umístěna v patře. V dalším bodu výpočtu je proveden optimální návrh a vhodné umístění příváděcích a odváděcích vyústek a následně provedeno dimenzování celé klimatizační soustavy.

V neposlední řadě je proveden výpočet spotřeby energie při provozu navrženého klimatizačního zařízení. Na závěr je proveden rozpis použitých materiálů a zpracována výkresová dokumentace zobrazující navrženou soustavu s kompletním uspořádání rozvodů.

## **2. ÚVOD DO PROBLEMATIKY KLIMATIZACE**

### **2.1 Pohoda prostředí**

Vnitřní prostředí budov je část prostředí vymezena stavebními konstrukcemi v těsné součinnosti s technikou prostředí, a to tak, aby člověk ( uživatel interiéru ) měl pocit pohody. Charakteristickým znakem pro tuto část životního prostředí je, že je uměle vytvořené člověkem s cílem vyloučit nebo přiměřeně zmenšit vliv vnějšího prostředí na člověka.

Při vytápění a chlazení se vytvářejí příznivé tepelné poměry důležité z hlediska fyziologické termoregulace člověka, při větrání se čistí ovzduší, které má mít optimální skladbu, což je důležité z hlediska hygieny a zdraví člověka [10].

Kvalita vnitřního prostředí, nazývaného mikroklima se hodnotí podle stavu činitelů prostředí, kterými jsou:

- 1) Čistota vzduchu
- 2) Teplota vzduchu
- 3) Teplota povrchu stěn a předmětů
- 4) Rychlost proudění
- 5) Vlhkost vzduchu
- 6) Oděv
- 7) Intenzita osvětlení
- 8) Hluk, vibrace, ultrazvuk
- 9) Koncentrace iontů ve vzduchu
- 10) Intenzita elektrických a magnetických polí
- 11) Intenzita ionizujícího záření
- 12) Prostorové, dispoziční a estetické řešení prostředí
- 13) Tělesná konstituce člověka
- 14) Činnost člověka
- 15) Schopnost aklimatizace
- 16) Klima, rasové zvláštnosti a návyky lidí
- 17) Další vlivy – tlak vzduchu, psychické stavy atd.

Tyto činitele můžeme ovlivnit  
technickými prostředky



**Pohoda prostředí** – je optimální stav mikroklimatu, který vytváří člověku vhodné podmínky pro zdravý pobyt a tvořivou práci [5].

Činitele stavu prostředí 2 až 6, 13, 14 se navzájem ovlivňují a jejich vhodné hodnoty vytváří stav nazývaný tepelnou pohodou [5].

**Tepelná pohoda** - tepelnou pohodou je označován stav, kdy prostředí odnímá člověku jeho tepelnou produkci bez výrazného mokrého pocení při zachování vhodné teploty pokožky [5].

Výměna tepla s okolím nastává vedením, konvekcí, sáláním, vypařováním, dýcháním a jejich velikost ovlivňuje termoregulační centrum těla [5].

### **2.2 Klimatizace, klimatizační zařízení a systémy**

Úkolem klimatizačních zařízení je udržovat v klimatizovaném prostoru v požadovaných tolerancích čistotu, teplotu a vlhkost vzduchu. Klimatizační zařízení vzduch filtrují, předehřívají nebo chladí, zvlhčují nebo odvlhčují a dohřívají na požadované

parametry, tedy eliminují tepelnou zátěž prostoru v letním i v zimním období. Veškeré tyto funkce zajišťuje automatická regulace [10].

Klimatizační zařízení se podle účelu rozdělují na:

**a) Klimatizační zařízení komfortní**

– vytvářejí optimální mikroklima pro lidi, kteří pobývají v určitém prostoru

**b) Klimatizační zařízení technologická**

– zajišťují optimální stav mikroklimatu nezbytného pro určitý technologický proces

Podle konstrukce rozdělujeme klimatizační zařízení na:

**a) Klimatizační zařízení centrální**

– centrální klimatizační zařízení jsou zařízení umístěná ve strojovně z níž se upravený vzduch prostřednictvím potrubních rozvodů dopravuje do jednotlivých klimatizovaných místností [5].

Centrální klimatizační zařízení se podle rychlosti vzduchu v hlavním potrubním rozvodu dělí na:

- systémy nízkotlaké
- systémy vysokotlaké

**b) Klimatizační zařízení místní jednotkové ( klimatizační jednotky )**

– jednotkové klimatizační zařízení jsou systémy, které se využívají k úpravě vzduchu buď přímo v klimatizovaném prostoru, nebo přilehlé místnosti. Používají se pro menší vzduchové výkony [5].

Podle teploty látky se klimatizační zařízení rozdělují na:

- Vzduchové klimatizační systémy – teplotou látkou je vzduch
- Vodní klimatizační systémy – teplotou látkou je voda
- Kombinované klimatizační systémy – teplotou látkou je vzduch i voda
- Chladivové klimatizační systémy – teplotou látkou je chladivo

### **2.2.1 Vzduchové klimatizační systémy**

Vzduchové klimatizační systémy jsou systémy u nichž je jako teplotou látkou použit vzduch. Při použití tohoto systému je tepelná zátěž klimatizovaného prostoru kompenzována pouze vzduchem.

Jelikož ve většině případů je tepelná zátěž značná dochází k nutné potřebě vysoké výměny vzduchu což je způsobeno přípustným pracovním rozdílem teplot. Proto tyto zařízení pracují s oběhovým vzduchem.

V současné době přechází tyto systémy na zařízení pracující s proměnlivým přívodem čerstvého vzduchu podle momentální potřeby [5].

Vzduchové klimatizační systémy se rozdělují podle rychlosti proudění vzduchu v hlavním rozváděcím potrubí na:

- nízkotlaké do  $12 \text{ m.s}^{-1}$
- vysokotlaké až  $25 \text{ m.s}^{-1}$

U nízkotlakých systému se upravený vzduch přivádí potrubím do klimatizované místnosti. U vysokotlakých systému je nutné na konci rozvodu zařadit koncový prvek na redukci tlaku.

Rozdělení vzduchových klimatizačních systémů:

- nízkotlaká jednokanálová
- vysokotlaká jednokanálová
- vysokotlaká dvoukanálová

### **Nízkotlaké systémy jednokanálové**

U těchto systému zajišťuje úpravu vzduchu pro všechny místnosti jednoduché klimatizační zařízení. Rozvod vzduchu je zajištěn jedním případně několika kanály. Tlaková ztráta v rozvodu vzduchu bývá do 100 Pa. Rychlost v hlavním rozváděcím potrubí se volí do  $12 \text{ m.s}^{-1}$ . Tento systém je poměrně jednoduchý a levný. Nevýhodou těchto systému je, že čidlo automatické regulace je možné umístit pouze na jedno místo [5].

Navrhují se v alternativách:

- a) přivádí se jen čerstvý upravený vzduch, odváděný se vyfukuje ( účelné ZZT)
- b) přivádí se směs čerstvého a oběhového vzduchu upraveného v klimatizačním zařízení
- c) vícenásobný systém ( rozlehlé haly ) klimatizování několika zařízeními umístěnými na střeše, pod stropem, u stěn haly ( odpadají vzduchovody )

### **Vysokotlaké systémy jednokanálové**

Při použití těchto systému narůstají požadavky na těsnost potrubí a jeho aerodynamické řešení, vyšší provozní náklady, horší hlukové poměry. Koncovým prvkem tohoto systému je expanzní skříň, která zajišťuje konstantní průtok vzduchu nezávislé na kolísání tlaku v síti. Použití tohoto systému se rozšiřuje, menší nároky na prostor a jednodušší doregulování vzduchovodů.

Při použití expanzní skříně je třeba zajistit i regulaci množství odváděného vzduchu. Za skříň je nutné zařadit tlumič hluku. Umísťují se do sníženého podhledu [5].

### **Vysokotlaké systémy dvoukanálové**

U těchto systému se ve strojovně upravuje vzduchu na dva stavy a jejich rozvod je proveden samostatnými vzduchovody. Z toho plyne velká nevýhoda použití těchto systému, zabírají velký prostor. Tepelné ztráty mohou být hrazeny pouze teplým vzduchem nebo hospodárnější je navrhnout současně otopné temperovací zařízení, které slouží k udržení teploty v noci na  $+12^{\circ}\text{C}$ .

U tohoto systému se pro každou zónu nebo místnost provádí míšení proudů vzduchu ve směšovací skříni umístěných v mezistropu ( nebo v parapetním provedení ). Za směšovací skříň je nutno zařadit tlumič hluku [5].

### **2.2.2 Vodní klimatizační systémy**

Vodní klimatizační systémy jsou systémy u nichž je jako teplotonosná látka používána voda. Tyto systémy se používají jak pro chlazení tak i pro vytápění. Tyto systémy jsou jednoduché, spolehlivé, příslušné jednotky jsou dobře ovladatelné a regulovatelné.

Hlavní části jsou ventilátorové jednotky nazývané konvektory, klimakonvektory nebo jednotky fan-coil.

Jednotky jsou připojeny na dvou-trubkový přepínací ( mají jeden výměník ), nebo čtyř-trubkový rozvod teplé ( chladné ) vody ( mají dva výměníky ).

Nejčastěji se používají parapetní jednotky, méně často jednotky podstropní. Systém má velmi široké použití, vyhovuje téměř všem druhům budov [5].

Přívod čerstvého vzduchu je zajištěn:

- přívodem do parapetní jednotky otvorem ve fasádě, podíl čerstvého a oběhového vzduchu je nastavitelný ručně
- otevíratelnými okny ( jednodušší, levnější )
- přívodem z centrálního beztlakového kanálu, jednotky si vzduch odtud nasávají ( může být filtrován popřípadě předehříván ve strojovně )
- přívodem z nízkotlakého větracího systému ( umožňuje ZZT ), jednotky pracují pouze z oběhovým vzduchem, nejdokonalejší systém

Při podnulových teplotách musí být zachován průtok topné vody i když je zařízení mimo provoz aby nedošlo k zamrznutí.

### **2.2.3 Kombinované klimatizační systémy**

Kombinované klimatizační systémy jsou systémy u nichž je jako teplotonosná látka používán vzduch i voda. Tyto systémy se používají zejména pro výškové budovy s vysokou tepelnou zátěží. U těchto systémů se rozvádí primární vzduch ( větrací ). Hlavním nositelem tepla a chladu je voda. Rozvod je vysokotlaký s potrubím kruhového průřezu ( potrubí má ¼ průřezu potrubí nízkotlaké klimatizace ) [5].

Koncovými prvky jsou indukční jednotky, které zajišťují přísávání a tepelnou úpravu sekundárního vzduchu. Umísťují se nejčastěji pod okny a do stropu. Tyto systémy je nutno alespoň jednou za půl roku vyčistit [5].

Pro rozvod topné a chladicí vody se používá dvou-trubkový ( přepínací, nepřepínací ) nebo častěji čtyř-trubkový systém s indukčními jednotkami se dvěma výměníky a s regulací na straně vzduchu klapkami. Jedna strojovna primárního vzduchu může zajišťovat 10 podlaží nad a pod strojovnou [5].

### **2.2.4 Chladivové klimatizační systémy**

Chladivové klimatizační systémy jsou systémy u nichž se jako teplotonosná látka používá chladivo. Jsou řešeny jako:

- okenní jednotky ( klimatizátory )
- mobilní klimatizační jednotky
- dělené chladivové systémy ( Split )

### **Okenní klimatizátory**

Okenní klimatizátory jsou neúplné klimatizační jednotky krabicového tvaru se zabudovaným kompresorovým chladícím zařízením s kondensátorem chlazeným vzduchem. U některých typů může pracovat jako tepelné čerpadlo. Nejčastěji se umísťují do okna nebo do otvoru ve venkovní stěně. Kondensátor je vysunut z místnosti otvorem ve stěně nebo oknem, přechází průčelí budovy [5].

### **Mobilní klimatizační jednotky**

Mobilní klimatizační jednotka je kompaktní klimatizační zařízení, u kterého je celý chladicí okruh soustředěn do jednoho kompaktního zařízení. Kondenzační teplo se odvádí do venkovního prostředí ohebnou hadicí, např. otvorem v okně nebo ve zdi [5].

### **Dělené chladivové systémy – Split systém**

Dělené klimatizační jednotky se sestávají ze dvou částí. Mají jednotku s kompresorem, kondensátorem a ventilátorem instalovanou odděleně od vnitřní jednotky s výparníkem a ventilátorem, který zajišťuje řízené proudění vzduchu přes výparník a jeho distribuci do místnosti. Jednotky pracují pouze s oběhovým vzduchem a nezajišťují větrání. Vyrábí se v provedeních pouze chlazení, tepelné čerpadlo a ZZT ( zpětné získávání tepla ).

Venkovní jednotka je propojena s jednou vnitřní chladicí jednotkou. Popřípadě z několika vnitřními jednotkami pak se jedná o tzv. multisplit systémy. Jedná vnější jednotka může pracovat až s 64 vnitřními jednotkami [5].

Nejběžnějšími typy vnitřních jednotek z hlediska umístění a proudění vzduchu jsou:

- nástěnná jednotka k montáži na zeď s nastavitelným výfukem
- podstropní jednotka s vodorovným výfukem vzduchu
- parapetní jednotka z výfukem nahoru
- kazetová jednotka s výfuky po dvou nebo čtyřech stranách kazety
- potrubní jednotka zabudována do vzduchotechnického potrubí

Nevhodné umístění klimatizační jednotky v interiéru způsobuje nerovnoměrné rozložení teploty v prostoru a riziko průvanu, což může celý systém z uživatelského hlediska znehodnotit [5].

### **3. STANOVENÍ PODKLADŮ PRO NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ KLIMATIZAČNÍCH ZAŘÍZENÍ**

#### **3.1 Výpočet tepelných ztrát**

Výpočet tepelných ztrát a určení příslušných parametrů bude provedeno a určeno dle normy ČSN 06 0210 [1]. Důvodem použití této normy je, že prozatím pro dimenzování klimatizačních zařízení odpovídající normy nebyly zavedeny.

Popis objektu:

Úkolem této práce je provést výpočet, návrh a dimenzování ústředního klimatizačního zařízení pro klimatizaci kancelářských místností v průmyslovém objektu.

- Jedná se o kancelářskou budovu o dvou podlažích nacházející se v oblasti s uvažovanou venkovní výpočtovou teplotou pro zimu  $-15^{\circ}\text{C}$ . Výška stropu 3,3m.
- Budova se nachází v normální krajině, je osamělé stojící, nechráněná  $\Rightarrow B = 8 [-]$
- Dispozice a stavební materiály průmyslového objektu jsou uvedeny v dodané dokumentaci
- Pro výpočet bylo stanoveno klimatizování 2. patra pro vybrané místnosti. Patro pod klimatizovanými místnostmi je po konstrukční stránce stejné s tím rozdílem, že místnosti zde nebudou klimatizované. Nad 2. patrem se nachází půda.

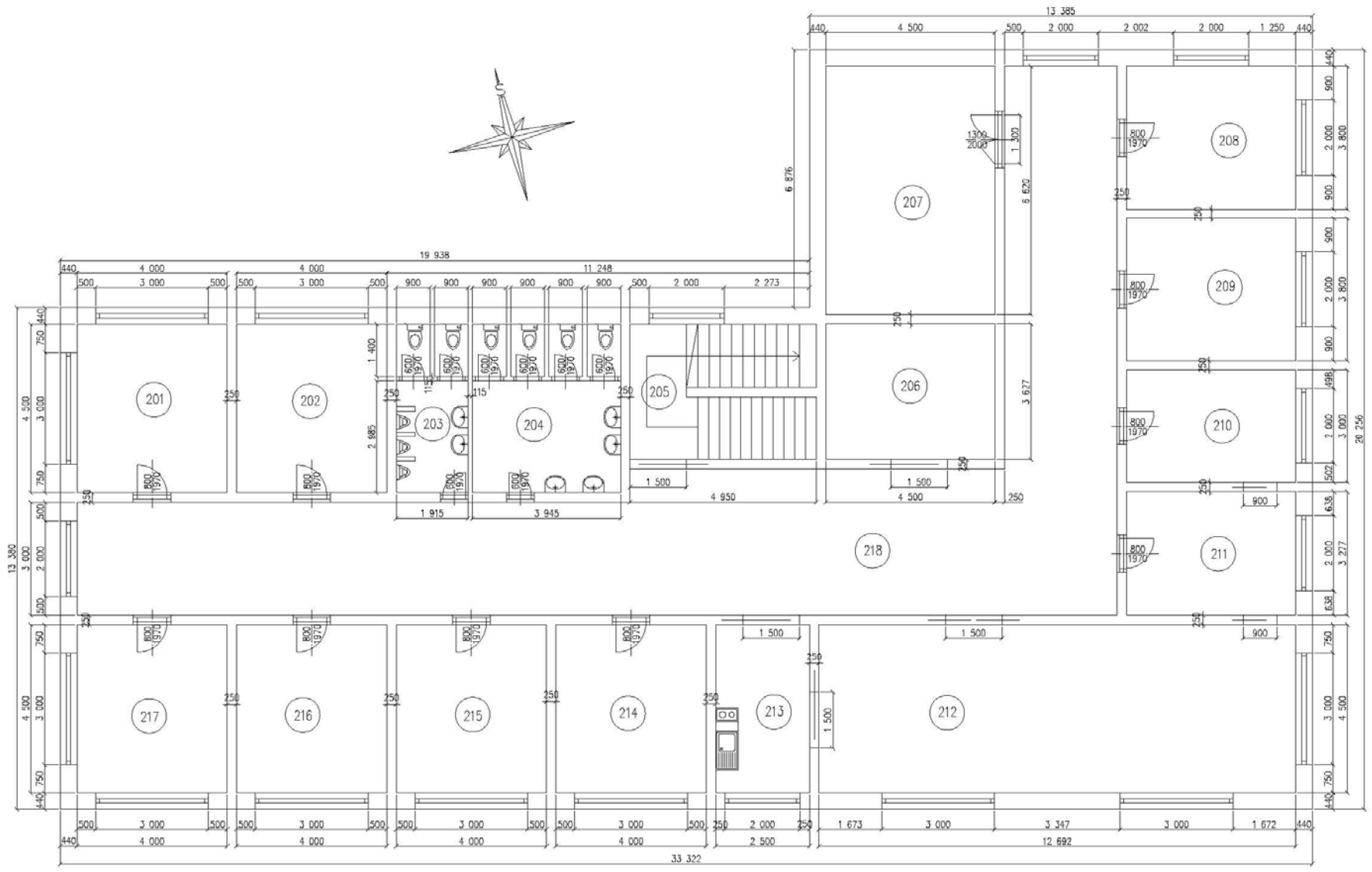
Dispozice kanceláří 2. patra je na obrázku 3.1, popis jednotlivých místností v tabulce 3.1.

Potřebné parametry pro výpočet:

- Složení obvodových konstrukcí
- Složení podlah a stropu
- Použita okna a dveře
- Výpočtové teploty

Tab.3.1: Popis jednotlivých místností z dispozice objektu obrázek 3.1

Číslo místnosti	Místnost	Číslo místnosti	Místnost
201	Kancelář	210	Kancelář - Sekretářka
202	Kancelář	211	Kancelář - Ředitel
203	WC	212	Zasedací sál
204	WC	213	Kuchyň
205	Schodiště	214	Kancelář
206	Plotrovna	215	Kancelář
207	Strojovna	216	Kancelář
208	Kancelář	217	Kancelář
209	Kancelář	218	Chodba



Obr.3.1: Dispozicije objektu 2. patra

### 3.1.1 Výpočet součinitelů prostupu tepla a stanovení parametrů potřebných pro výpočet

Součinitel prostupu tepla se spočítá dle vztahu:  $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{s_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}}$  [W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>] (3.1)

- kde  $\alpha_i$  je součinitel přestupu tepla pro vnitřní povrch
- $\alpha_e$  je součinitel přestupu tepla pro vnější povrch,  $\alpha_e = \text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
- $s_j$  – tloušťka stěny ( materiálu )
- $\lambda_j$  – součinitel tepelné vodivosti

$\alpha_i = 8 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  – přestup tepla pro svislé a vodorovné konstrukce, tepelný tok zdola nahoru  
 $\alpha_i = 6 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  – přestup tepla pro vodorovné konstrukce, tepelný tok shora dolů

#### a) Složení obvodových konstrukcí

Obvodové zdivo 440:

Materiál	Tloušťka $s_j$ [m]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda_j$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Vápenco-cementová omítka	0,015	0,99
POROTHERM P+D 44	0,44	0,143
Tepelná izolace – polystyren vypěňovaný	0,05	0,037
Vápenco-cementová omítka	0,015	0,99

$$\alpha_i = 8 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

$$\alpha_e = 23 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{s_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \left( \frac{0,015}{0,99} + \frac{0,44}{0,143} + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,015}{0,99} \right) + \frac{1}{23}} = \underline{\underline{0,217 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}}}$$

Vnitřní zdivo 250:

Materiál	Tloušťka $s_j$ [m]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda_j$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Vápenco-cementová omítka	0,015	0,99
POROTHERM 25 AKU P+D	0,25	0,35
Vápenco-cementová omítka	0,015	0,99

$$\alpha_i = 8 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

$$\alpha_e = 8 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{s_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \left( \frac{0,015}{0,99} + \frac{0,25}{0,35} + \frac{0,015}{0,99} \right) + \frac{1}{8}} = \underline{\underline{1,005 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}}}$$

## b) Složení podlah a stropu

Podlaha:

Materiál	Tloušťka $s_j$ [m]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda_j$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]
Vápenco-cementová omítka	0,015	0,99
POROTHERM - MIAKO 270 mm	0,27	$s/\lambda = 0,33$
ROCKWOOL - STEP ROCK ND	0,05	0,037
IPA	0,0051	0,21
Betonová mazanina	0,15	1,23

$$\alpha_i = 8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$\alpha_e = 6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{s_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \left( \frac{0,015}{0,99} + 0,33 + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,0051}{0,21} + \frac{0,15}{1,23} \right) + \frac{1}{6}} = \underline{0,469 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}}$$

Strop:

Materiál	Tloušťka $s_j$ [m]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda_j$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]
Vápenco-cementová omítka	0,015	0,99
POROTHERM - MIAKO 290 mm	0,29	$s/\lambda = 0,34$
ROCKWOOL - DACHROCK MAX	0,2	0,041
IPA	0,0051	0,21
Betonová mazanina	0,14	1,23

$$\alpha_i = 8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$\alpha_e = 23 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{s_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \left( \frac{0,015}{0,99} + 0,34 + \frac{0,2}{0,041} + \frac{0,0051}{0,21} + \frac{0,14}{1,23} \right) + \frac{1}{23}} = \underline{0,181 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}}$$

## c) Použita okna a dveře

V celém objektu jsou zabudována okna od firmy Vekra o rozměrech 3x2m a 2x2m s celkovým součinitelem prostupu tepla  $k = 1,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Součinitel spárové průvzdušnosti  $i_{LV} = 0,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-0,67}$  [7]. Vnitřní dveře budou dřevěné do 2/3 prosklené s hodnotou součinitele prostupu tepla  $k = 3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$  [2].

## d) Výpočtové teploty

Objekt je umístěn v oblasti s venkovní výpočtovou teplotou  $-15^\circ\text{C}$ . Při dimenzování klimatizačních a větracích zařízení se uvažuje z odečtením  $-3^\circ\text{C}$  od uvažované venkovní teploty. Pro výpočet bude použita venkovní výpočtová teplota  $-18^\circ\text{C}$ .

V tabulce 3.2 je uveden přehled vnitřních uvažovaných teplot stanovených dle ČSN 06 0210 [1].

Tab.3.2: Přehled uvažovaných teplot

Kanceláře	20	°C
Chodby a schodiště	15	°C
Půda	-3	°C

### 3.1.2 Obecný postup výpočtu

**Celková tepelná ztráta místnosti  $Q$**  je dána součtem tepelné ztráty prostupem stěnami  $Q_p$  a tepelné ztráty větráním  $Q_v$  snížené o tepelné zisky  $Q_z$ :

$$Q = Q_p + Q_v - Q_z \quad [\text{W}] \quad (3.2)$$

$$\text{Tepelná ztráta prostupem: } Q_p = Q_0 \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [\text{W}] \quad (3.3)$$

- kde  $Q_0$  je základní tepelná ztráta
- $p_1$  je přírážka na vyrovnání vlivu chladných stěn
- $p_2$  je přírážka na urychlení zátopy
- $p_3$  je přírážka na světovou stranu
- přírážka  $p_1$ , závislá na průměrném součiniteli prostupu tepla, se určí ze vztahu:

$$p_1 = 0,15 \cdot k_C \quad (3.4)$$

- kde  $k_C$  je průměrný součinitel prostupu tepla daný vztahem:

$$k_C = \frac{Q_0}{(t_i - t_e) \cdot \sum S} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (3.5)$$

- kde  $\sum S$  je celková plocha všech stěn ohraničujících místnost [ $\text{m}^2$ ] ( včetně podlahy, stropu, oken a dveří)
- $t_i$ ,  $t_e$  jsou teploty vzduchu na vnitřní a vnější straně [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- s přírážkou  $p_2$  se počítá jen tehdy, když ani při nejnižších teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění.

$$p_2 = 0,15 \text{ – při době vytápění delší než 16 hodin denně}$$

$$p_2 = 0,30 \text{ – při době vytápění kratší než 16 hodin denně}$$

**Základní tepelná ztráta  $Q_0$**  se určí jako součet tepelných toků prostupem jednotlivými stěnami:

$$Q_0 = \sum_1^n k_j \cdot S_j (t_i - t_{ej}) \quad [\text{W}] \quad (3.6)$$

- kde  $S_j$  je povrch uvažované stěny [ $\text{m}^2$ ]. Při výpočtu se uvažuje konstrukční výška místnosti ( součet světlé výšky stropu a tloušťky stropu ).
- $k_j$  je součinitel prostupu tepla, daný složením obvodových konstrukcí [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]
- $t_i$ ,  $t_{ej}$  je vnitřní a venkovní výpočtová teplota ( nebo teplota v okolních místnostech ) [ $^{\circ}\text{C}$ ]

#### **Tepelná ztráta větráním $Q_v$**

Při přetlakovém větrání se s tepelnou ztrátou větráním nepočítá, při větrání podtlakovém se počítá s teplem potřebným k dohřátí vnikajícího vzduchu dle vztahu:

$$Q_V = (V_0 - V_p) \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (3.7)$$

- kde  $V_0$  a  $V_p$  jsou průtočné objemy přiváděného a odváděného vzduchu [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
- $\rho$  je hustota vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]
- $c_p$  je měrná tepelná kapacita vzduchu při konstantním tlaku [ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]
- $t_i$ ,  $t_e$  je vnitřní a venkovní výpočtová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Při větrání rovnotlakém ( nebo bez nuceného větrání ) se počítá s tepelnou ztrátou infiltrací:

$$Q_V = 1300 \cdot \sum (i_{LV} \cdot l) \cdot B \cdot M \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (3.8)$$

- kde  $i_{LV}$  je součinitel průvzdušnosti spár [ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$ ]
- $l$  je délka netěsných spár ( počítá se všemi spárami, i mezi jednotlivými křídly ) [m]
- $B$  je charakteristické číslo budovy [-]
- $M$  je charakteristické číslo místnosti [-]
- $t_i$ ,  $t_e$  je vnitřní a venkovní výpočtová teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]

### 3.1.3 Příklad výpočtu tepelných ztrát

Ukázkový výpočet pro místnost číslo 202 je v tabulce 3.3. Nákres místnosti pro niž je proveden ukázkový výpočet je na obrázku 3.2. Výpočet pro ostatní místnosti je uveden v příloze P1. Přehled tepelných ztrát všech místností je v tabulce 3.4.

Při výpočtu byly uvažovány následující teploty:

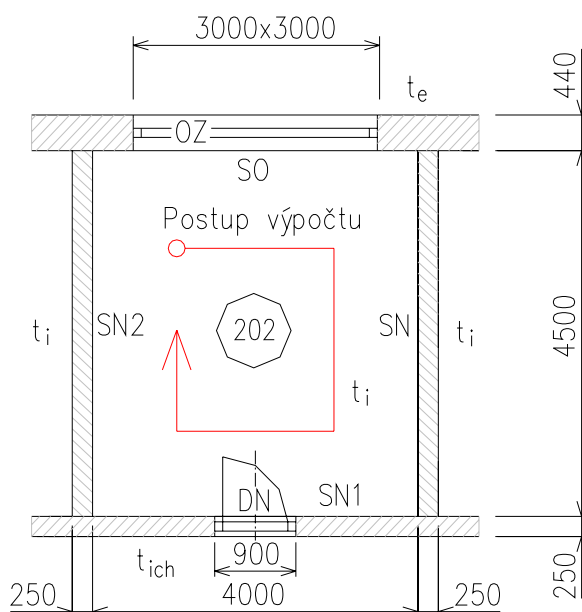
$t_i = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  – teplota v místnosti

$t_e = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$  – venkovní výpočtová teplota

$t_{i, ch} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$  – teplota v sousední místnosti (chodba)

$t_{i, p} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  – teplota v sousední místnosti (pod podlahou 1.patro)

$t_{i, str} = -3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  – teplota v sousední místnosti (půda)



Obr.3.2: Půdorys místnosti 202

Tab.3.3: Příklad výpočtu tepelných ztrát pro místnost 202

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
Označení stěny	Plocha stěny					Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v + Q_z$			
	Tloušťka stěny	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel prostupů tepla	Rozdíl teplot	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátöpu	Na světovou stranu	$1 + p_1 + p_2 + p_3$					
								k	$\Delta t$						$k \cdot \Delta t$		$Q_0$		
	cm	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>	K	Wm <sup>-2</sup>	W	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	W					
SO	44	4	3,95	15,8	1	6	9,8	0,217	38	8,2	80,75	$k_c = Q_0 / (t_i - t_e) \cdot \sum S$	0,1	0,1	1,219				
OZ		3	2	6	0	0	6	1,1	38	41,8	250,80								
SN	25	4,5	3,95	17,8	0	0	17,775	1,005	0	0	0								
SN1	25	4	3,95	15,8	1	1,6	14,224	1,005	5	5	71,51								
DN		1,97	0,8	1,6	0	0	1,576	3	5	15	23,64								
SN2	25	4,5	3,95	17,8	0	0	17,775	1,005	0	0	0								
PDL	50	4	4,5	18	0	0	18	0,469	0	0	0								
STR	65	4	4,5	18	0	0	18	0,178	23	4,1	73,65								
												$p_1 = 0,15 \cdot k_c$							
												0,019							
						$\sum S =$	103,15				$Q_0 =$	500,34							
$V_v = \sum (i_{LV} \cdot l) \cdot B \cdot M = 0,0014$					$t_i =$	20	°C	$t_{i, ch} =$		15	°C			$Q_p =$	610				
$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) = 69$					$t_e =$	-18	°C	$t_{i, p} =$		20	°C			$Q_v =$	69				
$M = 0,7$							$t_{i, str} =$		-3	°C			$Q_z =$	0					
$B = 0,7$													$Q_c =$	<b>679</b>					

Tab.3.4: Přehled klimatizovaných místností s jednotlivými hodnotami tepelných ztrát

Místnost	Počet osob	Číslo místnosti	Teplota v místnosti [ °C ]	Úprava vzduchu	Tepelné ztráty [ W ]
Kancelář	3	201	20 °C	Klimatizováno	1185
Kancelář	3	202	20 °C	Klimatizováno	679
WC		203	20 °C	Neklimatizováno	0
WC		204	20 °C	Neklimatizováno	0
Schodiště		205	15 °C	Neklimatizováno	0
Plotrovna	3	206	20 °C	Klimatizováno	395
Strojovna		207	20 °C	Neklimatizováno	0
Kancelář	3	208	20 °C	Klimatizováno	935
Kancelář	3	209	20 °C	Klimatizováno	544
Kancelář - Sekretářka	1	210	20 °C	Klimatizováno	478
Kancelář - Ředitel	1	211	20 °C	Klimatizováno	501
Zasedací sál	29	212	20 °C	Klimatizováno	2060
Kuchyň		213	20 °C	Neklimatizováno	0
Kancelář	3	214	20 °C	Klimatizováno	604
Kancelář	3	215	20 °C	Klimatizováno	604
Kancelář	3	216	20 °C	Klimatizováno	604
Kancelář	3	217	20 °C	Klimatizováno	1099
Chodba		218	15 °C	Neklimatizováno	0
<b>Celkové tepelné ztráty 2. patra <math>Q_c</math></b>					<b>9689</b>

### 3.2 Výpočet tepelné zátěže

- Tepelná zátěž – je celkové tok do klimatizovaného prostoru, který musí být kompenzován chladícím výkonem klimatizačního zařízení. V tepelné zátěži je zahrnuto i teplo obsažené ve větracím vzduchu a teplo produkované klimatizačním zařízením [5].
- Tepelné zisky – tepelný tok, vnikající do klimatizovaného prostoru [5].

Tepelné zisky se dělí do dvou skupin: - Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla  
- Tepelné zisky z vnějšího prostředí

Postup výpočtu tepelné zátěže provedu dle normy ČSN 73 0548 [3].

#### 3.2.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla

**a, Produkce tepla lidí**  $Q_1 = 6,2 \cdot (36 - t_i) \cdot i_1$  [W] (3.9)

- kde  $i_1$  je počet lidí daný dle vztahu:  $i_1 = 0,85 \cdot i_z + 0,75 \cdot i_d + i_m$  [-] (3.10)

- kde  $i_z$  je počet žen,  $i_d$  je počet dětí a  $i_m$  je počet mužů

**b, Produkce tepla svítidel** – počítá se tehdy, jsou-li svítidla v provozu i době špičkových tepelných zisků. U hlubších místností se počítá z umělým osvětlením ve vzdálenosti větší než 5 m od okna.

$$Q_{SV} = P \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [W] \quad (3.11)$$

- kde  $P$  je celkový příkon svítidel včetně ztráty v předřadníku [W]
- $c_1$  - součinitel současnosti používání svítidel [-]
- $c_2$  - zbytkový součinitel [-]

**c, Tepelné zisky od technologie**  $Q_e = \sum P \cdot c_1 \cdot c_3$  [W] (3.12)

- kde  $\sum P$  je celkový součet příkonu spotřebičů produkujících teplo [W]
- $c_1$  - součinitel současnosti chodů všech elektromotorů [-]
- $c_3$  - součinitel průměrného zatížení stroje [-]

#### **d, Tepelné zisky od součástí klimatizačního zařízení**

- elektromotor umístěn v proudu vzduchu  $Q_V = \frac{V \cdot \Delta p}{\eta_V \cdot \eta_m}$  [W] (3.13)

- elektromotor umístěn mimo vzduchovod  $Q_V = \frac{V \cdot \Delta p}{\eta_V}$  [W] (3.14)

- kde  $V$  je průtok vzduchu ventilátorem [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]
- $\Delta p$  je celkový tlak ventilátoru [Pa]
- $\eta_V, \eta_m$  je účinnost ventilátoru a elektromotoru [-]

#### **d, Jiné zdroje tepla - Tepelné zisky ze sousedních neklimatizovaných místností**

$$Q = \sum_1^n k_j \cdot S_j (t_{isj} - t_i) \quad [W] \quad (3.15)$$

- kde  $S_j$  je povrch uvažované stěny [ $m^2$ ]

- $k_j$  je součinitel prostupu tepla, daný složením obvodových konstrukcí [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]
- $t_{isj}$ ,  $t_j$  je teplota v sousední místnosti a teplota v klimatizované místnosti [ $^{\circ}\text{C}$ ]

### 3.2.2 Tepelné zisky z vnějšího prostředí

**a, Tepelné zisky okny** – z hlediska výpočtu se tepelné zisky okny dělí na:

- Prostup tepla

$$Q_{ok} = k_o \cdot S_o \cdot (t_e - t_i) \quad [\text{W}] \quad (3.16)$$

- Přenosem tepla sluneční radiací

$$Q_{or} = [S_{OS} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{OS}) \cdot I_{odif}] \cdot s \quad [\text{W}] \quad (3.17)$$

- kde  $S_{OS}$  je osluněný povrch okna [ $\text{m}^2$ ]
- $I_o$  - celková intenzita sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením
- $I_{odif}$  - intenzita difusní sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením
- $c_o$  - korekce na čistotu atmosféry
- $s$  - stínící součinitel, při kombinaci několika stínících způsobu pak  $s = s_1 \cdot s_2 \dots \cdot s_n$

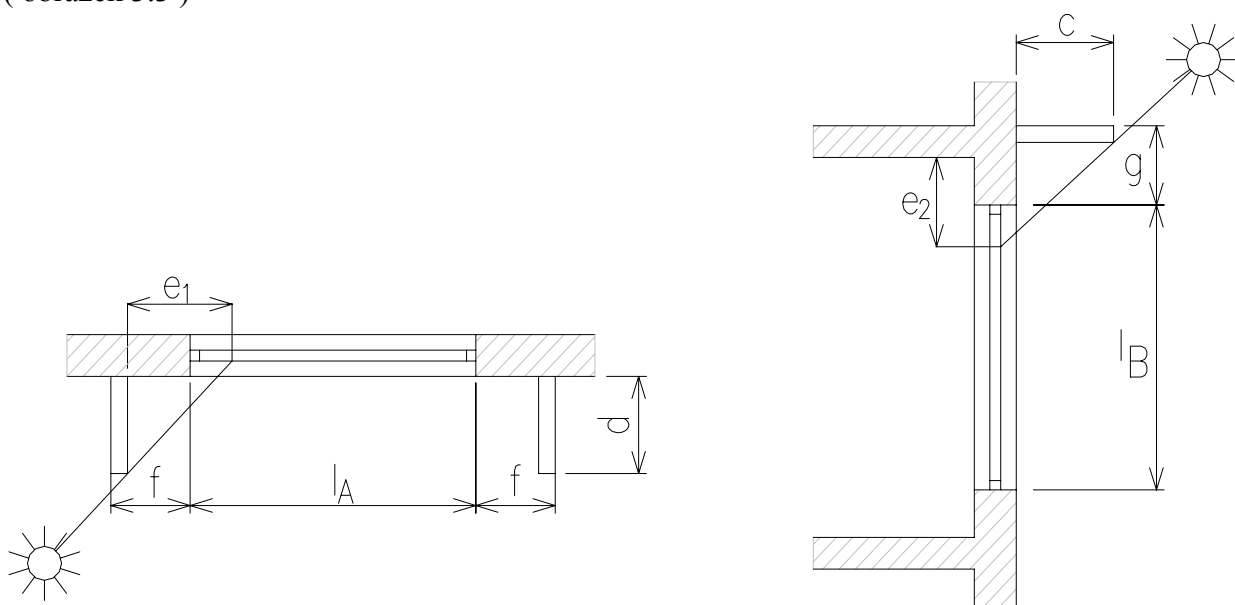
Celková poměrná tepelná propustnost přímé sluneční radiace standardním zasklením závisí na úhlu dopadu slunečních paprsků určená vztahem:

$$T_D = 0,85 - 1,47 \cdot \left( \frac{\Theta}{100} \right)^5 \quad [-] \quad (3.18)$$

- kde  $\Theta$  je úhel mezi normálou k oknu a slunečními paprsky [ $^{\circ}$ ]

Celková propustnost difusní sluneční radiace standardního skla je nezávislá na poloze slunce a je rovna  $t_d = 0,85$  [-].

Při výpočtu prostupu sluneční radiace oknem se uvažuje jen s tou částí okna, která je osluněná (obrázek 3.3)



Obr.3.3: Schéma oslunění oken

Osluněná plocha se určí dle vztahu:

$$S_{OS} = [l_A - (e_1 - f)] \cdot [l_B - (e_2 - g)] \quad [\text{m}^2] \quad (3.19)$$

- kde  $l_A, l_B$  je šířka a výška zasklené části okna [m]
- $f, g$  – odstup svislé a vodorovné části okna od slunolamů [m]
- $e_1, e_2$  – délka stínů v okenním otvoru od kraje slunolamů, dané vztahem [m]

$$e_1 = d \cdot \text{tg} (a - \gamma) \quad [\text{m}] \quad (3.20)$$

$$e_2 = \frac{c \cdot \text{tg} h}{\cos (a - \gamma)} \quad [\text{m}] \quad (3.21)$$

- kde  $a$  je sluneční azimut [°]
- $\gamma$  – azimut stěny [°]
- $h$  – výška slunce nad obzorem [°]
- $d$  – hloubka zapuštění okna ve stěně [m]
- $c$  – hloubka okna vzhledem k horní stínící desce [m]

Sluneční deklinace se určí dle vztahu:

$$\delta = 23,5 \cdot \sin [(M - 1) \cdot 30 + D - 81] \quad [^\circ] \quad (3.22)$$

- kde  $M, D$  je měsíc a den prováděného výpočtu

Připustíme-li malé kolísání teplot vzduchu v místnosti, mohou se tepelné zisky od oslunění oken pro dimenzování klimatizačního zařízení od přímých tepelných zisků značně lišit.

Snížení tepelných zisků od osluněných oken  $\Delta Q$  se stanoví dle vztahu:

$$\Delta Q = 0,05 \cdot M \cdot \Delta t \quad [\text{W}] \quad (3.23)$$

- kde  $\Delta Q$  je snížení maximální hodnoty tepelných zisků od osluněného okna [W]
- $M$  – hmotnost obvodových stěn, podlah a stropů ( bez vnější stěny ) [kg]
- $\Delta t$  – maximální přípouštěné překročení teploty v klimatizované místnosti [°C]

Jako hmotnost stěn pro akumulaci se uvažuje hmotnost poloviční tloušťky vnitřních stěn, podlahy a stropu. Při tloušťce větší než 0,16 m se uvažuje s tloušťkou nejvýše 0,08 m. Je-li na podlaze koberec pak se uvažuje pouze ¼ hmotnosti podlahy.

Je-li  $Q_{or \max} - \Delta Q$  menší než průměrné tepelné zisky  $Q_{or \text{ m}}$  v době oslunění při provozu zařízení, uvažuje pro výpočet hodnoty  $Q_{or \text{ m}}$ . Určuje se výpočtem po hodinách v době provozu klimatizačního zařízení:

$$Q_{or \text{ m}} = \sum_1^n Q_{or i} / n \quad [\text{W}] \quad (3.24)$$

- kde  $Q_{or i}$  je tepelný zisk v  $i$ -tou hodinu [W]
- $n$  – počet uvažovaných hodin výpočtu [-]

### a, Tepelné zisky stěnami

- **Stěny lehké**  $\delta < 0,08$  m  $Q_S = k \cdot S \cdot (t_r - t_i)$  [W] (3.25)

- **Stěny středně těžké**  $\delta = 0,08 \div 0,45$  m  $Q_S = k \cdot S \cdot [(t_{r,m} - t_i) + m_{st} \cdot (t_{r,\psi} - t_m)]$  (3.26)

- **Stěny těžké**  $\delta \geq 0,45$  m  $Q_S = k \cdot S \cdot (t_{r,m} - t_i)$  [W] (3.27)

- kde  $t_{r,m}$  je průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin [°C]

-  $t_{r,\psi}$  je rovnocenná sluneční teplota [°C] v době o  $\psi$  dřívější daná vztahem:  $\psi = 32 \cdot \delta - 0,5$

-  $m_{st}$  – součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou [-] daná vztahem:

$$m_{st} = \frac{1 + 7,6 \cdot \delta}{2500^\delta} \quad [-] \quad (3.28)$$

-  $t_r$  – rovnocenná sluneční teplota vzduchu [°C] daná vztahem:  $t_r = t_e + \varepsilon \cdot I / \alpha_e$

-  $I$  – intenzita přímé a difusní sluneční radiace [W.m<sup>-2</sup>]

-  $\alpha_e$  – součinitel přestupu tepla [W.m<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup>]

-  $\varepsilon$  – součinitel poměrné pohltivosti [-]

### Tepelné zisky z přívodu venkovního vzduchu

Tepelná zátěž pro dimenzování klimatizačních zařízení zahrnuje i tepelné zisky plynoucí z přívodu čerstvého větracího vzduchu do klimatizačního zařízení.

$$Q_a = V_e \cdot \rho_a \cdot c_p \cdot (t_e - t_i) \quad [W] \quad (3.29)$$

- kde  $V_e$  je přívod čerstvého větracího vzduchu [m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]

-  $\rho_a$  je hustota vzduchu [kg.m<sup>-3</sup>]

-  $c_p$  je měrná tepelná kapacita vzduchu [kJ.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>]

-  $t_e, t_i$  je venkovní a vnitřní výpočtová teplota, v případě vnitřní teploty se k uvažované teplotě připočte i hodnota uvažovaného kolísání teplot [°C]

### Vodní zisky v klimatizovaných prostorách

Při klimatizaci kanceláří budu uvažovat pouze s vodní párou vydechovanou pracovníky, při němž se potřebné teplo odebírání ze vzduchu. Teplo potřebné k odpařování  $Q_o$  se od tepelné zátěže odečítá a je dáno vztahem:

$$Q_o = M_w \cdot l_{23} \quad [W] \quad (3.30)$$

kde  $M_w$  je odpar [g.h<sup>-1</sup>],  $l_{23}$  je výparné teplo vody  $l_{23} = 2500 \cdot 10^3$  kJ.kg<sup>-1</sup>

### 3.2.3 Příklad výpočtu tepelných zisků

Ukázkový výpočet pro místnost 202 je v tabulce 3.5.

Výsledky tepelných zisků pro jednotlivé místnosti jsou uvedeny v tabulce 3.7.

Tepelná zátěž za celou pracovní dobu po 1 hodině pro místnost 202 je v tabulce 3.6.

Průběh celkové zátěže za celou pracovní dobu pro místnost 202 je na obrázku 3.4.

Tab.3.5: Ukázkový výpočet pro místnost 202

Číslo místnosti:	202	Tepelné zisky od vnitřních zdrojů		Tepelný zisk	Jednotky
<b>1. Produkce tepla lidí</b>		$Q_c = Q_l \cdot i_l$		186	W
$i_z$ - počet žen = 0		$i_l = 0,85i_z + 0,75i_d + i_m$			
$i_d$ - počet dětí = 0		$Q_1 = 62 \text{ W}$			
$i_m$ - počet mužů = 3		$i_l = 3 \text{ osob}$			
<b>2. Produkce tepla svítidel</b>		$Q_{sv} = P \cdot c_1 \cdot c_2 = P_m \cdot S_{osv} \cdot c_1 \cdot c_2$		0	W
		$P_m = 0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$c_1 = 1$	$a_{osv} = 0 \text{ m}$	
		$S_{osv} = 0 \text{ m}^2$	$c_2 = 1$	$b_{osv} = 0 \text{ m}$	
<b>3. Tepelné zisky od technologie</b>					
Produkce tepla elektromotoru		$Q_m = c_1 \cdot \sum c_2 \cdot c_3 \cdot N / h_m$		0	W
Zisk tepla od el. zařízení		$Q_e = c_1 \cdot c_3 \cdot \sum P$		977	W
typ zařízení:	počítač	65 W	x 3 pracovníci	$\sum P = 1395 \text{ W}$	
	monitor	80 W		$c_1 = 0,7$	
	laserová tiskárna	320 W		$c_3 = 1$	
Produkce z jiných strojů a zařízení					
- stroje a zařízení-uz.prac.cykklus		$Q = P$		0	W
- opatřené odsáváním		$Q = P \cdot c_2$		0	W
- kuchyňské nástroje				0	W
- jídelny ( 5W.h na jídlo )		$Q = n \cdot 5 / 3600$		0	W
<b>3. Zisk tepla od ventilátorů</b>					
- elektromotor ve vzduchovodu		$Q_v = V \cdot \Delta p / \eta_v \cdot \eta_{elm}$		30	W
		$V = 150 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\eta_v = 0,6$		
		$\Delta p = 300 \text{ Pa}$	$\eta_{elm} = 0,7$		
- elektromotor mimo vzduchovod		$Q_v = V \cdot \Delta p / \eta_v$		0	W
		$V = 0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	$\eta_v = 0$		
		$\Delta p = 0 \text{ Pa}$			
<b>4. Zisk,ztráta ve vzduchovodu</b>		$Q_{vzd} = k_{vzd} \cdot S_{vzd,povrch} \cdot \Delta t_m / r \cdot c_p \cdot w_{vzd} \cdot S_{vzd,pruřez}$		0	W
<b>5. Tepelné zisky ze sousedních místností</b>					
- prostup tepla vnitřní stěnou 1		$Q_1 = k \cdot S \cdot \Delta t = k \cdot S \cdot (t_{is} - t_i)$		59,7	W
		$\check{s} = 4,5 \text{ m}$	$t_{is} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$		
		$v = 3,3 \text{ m}$	$t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$		
		$S = 14,9 \text{ m}^2$	$k = 1,005 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$		
- prostup tepla vnitřní stěnou 2		$Q_2 = (k_{ST} \cdot S_{ST} - k_{dveř} \cdot S_{dveř}) \cdot (t_{is} - t_i)$		65,6	W
		$\check{s} = 4 \text{ m}$	$t_{is} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$		
		$v = 3,3 \text{ m}$	$t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$		
		$S_{ST} = 13,2 \text{ m}^2$	$k = 1,005 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$		
		$k_{dveř} = 3$			
		$S_{dveř} = 1,576$			
- prostup tepla vnitřní stěnou 3		$Q_1 = k \cdot S \cdot \Delta t = k \cdot S \cdot (t_{is} - t_i)$		0,0	W
		$\check{s} = 4,5 \text{ m}$	$t_{is} = 26 \text{ }^\circ\text{C}$		
		$v = 3,3 \text{ m}$	$t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$		
		$S = 14,9 \text{ m}^2$	$k = 1,005 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$		
- prostup tepla podlahou		$Q_p = k \cdot S \cdot \Delta t = k \cdot S \cdot (t_{is} - t_i)$		33,8	W
		$\check{s} = 4,5 \text{ m}$	$t_{is} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$		
		$v = 4 \text{ m}$	$t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$		
		$S = 18 \text{ m}^2$	$k = 0,469 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$		
- prostup tepla stropem		$Q_s = k \cdot S \cdot \Delta t = k \cdot S \cdot (t_{is} - t_i)$		12,8	W
		$\check{s} = 4,5 \text{ m}$	$t_{is} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$		
		$v = 4 \text{ m}$	$t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$		
		$S = 18 \text{ m}^2$	$k = 0,178 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$		
<b>Celkové tepelné zisky ze sousedních místností <math>Q_{vm} = \sum Q_i</math></b>				<b>172</b>	<b>W</b>
<b>Celkové tepelné zisky od vnitřních zdrojů</b>				<b>1364</b>	<b>W</b>

Tab.3.5 – Pokračování

Číslo místnosti:	202	Tepelné zisky z vnějšího prostředí			
Výpočet je proveden pro pracovní dobu od 8. <sup>00</sup> do 16. <sup>00</sup> h			Mezi-výpočty	Tepelný zisk	Jednotky
<b>1. Tepelné zisky prostupem okny</b>	$Q_{ok} = k_{ok} \cdot S_{ok} \cdot \Delta t = k_{ok} \cdot S_{ok} \cdot (t_e - t_i)$		$Q_{ok} =$	<b>13</b>	W
Orientace povrchu okna S	$I_{Omax} = 141 \text{ W.m}^{-2}$				
Hodina výpočtu $\tau = 12$ h	Den 21	Měsíc 7			
Parametry okna	$\check{s} = 3$ m	$t_e = 27,9 \text{ }^\circ\text{C}$			
	$v = 2$ m	$t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$			
	$S_{ok} = 6 \text{ m}^2$	$k_{ok} = 1,1 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$			
	$n = 1$ počet oken				
<b>2. Tepelné zisky radiací</b>					
- sluneční deklinace	$\delta = 23,5 \cdot \sin [(M-1) \cdot 30 + D - 81]$	20,35			°
- výška slunce nad obzorem (tab.4)	h -	60			°
- sluneční azimut (tab.4)	a -	180			°
- azimutový úhel normály stěny	$\gamma$ -	0			°
- sluneční čas	$\tau$	12			h
- zeměpisná šířka	$\psi$	50			°
- délka stínu v okenním otvoru	$e_1 = d \cdot \text{tg.} (a - \gamma)$	0			m
	$d = 0,2$ m				
- hloubka stínu v okenním otvoru	$e_2 = c_{ok} \cdot \text{tg.} h / \cos(a - \gamma)$	0			m
	$c_{ok} = 0,2$ m				
- osluněný povrch okna	$S_{os} = (l_A - (e_1 - f)) \cdot (l_B - (e_2 - g))$	0			$\text{m}^2$
	$l_A = 0$ m	$f = 0$ m			
	$l_B = 0$ m	$g = 0$ m			
	$n = 0$ - počet oken v místnosti				
- stínící součinitel	$s = s_1 \cdot s_2$	0,336			-
$s_i$ - tab.11	$s_1 = 0,6$ vnější sklo reflexní, vnitřní obyčejné				
	$s_2 = 0,56$ vnitřní žaluzie lamely 45°,světlé				
- Intenzita přímé sluneční radiace na kolmou plochu					
	$I_{Dk} = I_0 \cdot \text{EXP}(-0,1 \cdot z \cdot ((16000-H)/16000+H)/\sin h)^{0,8}$	0			$\text{W.m}^{-2}$
	$H = 300$ m				
	$I_0 = 1350 \text{ W.m}^{-2}$	$z = 5$			
- intenzita difusní sluneční radiace					
	$I_d = (I_0 - I_{Dk} - (1080 - 1,4 \cdot I_{Dk}) \cdot \sin^2 \alpha / 2) \cdot \sin h / 3$	234			$\text{W.m}^{-2}$
	$\alpha = 90^\circ$				
- pro svislé stěny	$I_d = (1350 - 0,5 \cdot I_{Dk}) \cdot \sin h / 5$				
- pro vodorovné stěny	$I_d = (1350 - I_{Dk}) \cdot \sin h / 3$				
- úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků $\ominus$		0			°
- obecně	$\cos \ominus = \sin h \cdot \cos \alpha + \cos h \cdot \sin \alpha \cdot \cos(a - \gamma)$				
- pro svislou stěnu	$\cos \ominus = \cos h \cdot \cos(a - \gamma)$				
- pro vodorovnou stěnu	$\cos \ominus = \sin h$				

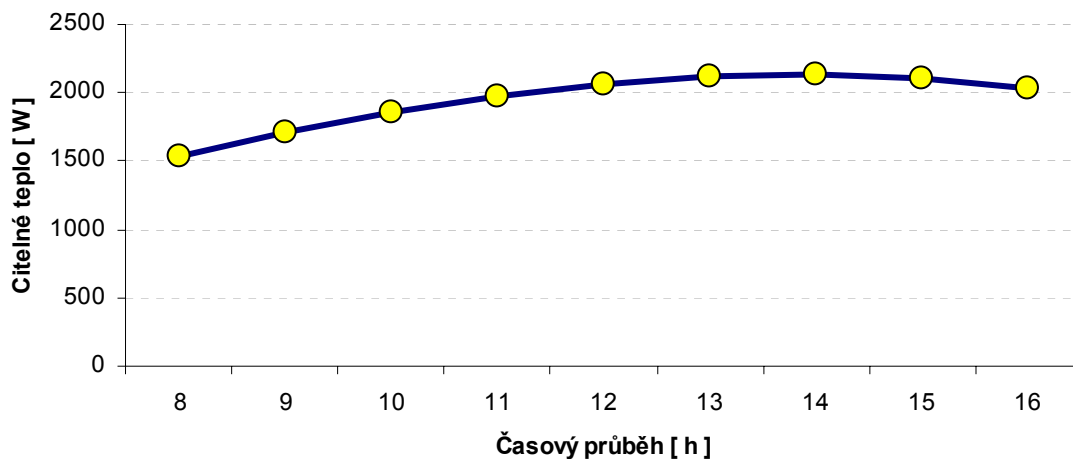
Tab.3.5 – Pokračování

- intenzita přímé sluneční radiace na libovolně orient. plochu				
	$I_D = I_{DK} \cdot \cos \ominus$	0		$W \cdot m^{-2}$
- propustnost standardního okna	$t_D = 0,87 - 1,47 \cdot (\ominus / 100)^5$	0,00		
- intenzita difusní radiace skrz standardní sklo				
	$I_{okd} = t_d \cdot I_d$	199		$W \cdot m^{-2}$
	$t_d = 0,85$			
- celková intenzita sluneční radiace procházející standardním oknem				
	$I_{ok} = I_D \cdot t_D + I_{okd}$	199		$W \cdot m^{-2}$
- tepelný zisk sl. radiací 1 oknem	$Q_{or} = (S_{os} \cdot I_{ok} \cdot c_0 + (S_o - S_{os}) \cdot I_{okd}) \cdot s$	$Q_{or} =$	<b>401</b>	<b>W</b>
	$c_0 = 1$			
- tepelný zisk n okny	$n = 1$ - počet oken	$Q_{or N} =$	<b>401</b>	<b>W</b>
<b>3. Tepelné zisky venkovními stěnami</b>				
- lehké stěny $\delta < 0,08$ m	$Q_s = k_{vn} \cdot S_{vn} \cdot ((t_r - t_i))$	0		W
- středně těžké $\delta = (0,08 - 0,45)$ m	$Q_s = k_{vn} \cdot S_{vn} \cdot ((t_{rm} - t_i) + m_{st} \cdot (t_{r\psi} - t_{rm}))$	-2		W
- tloušťka stěny	$\delta_s = 0,44$			
- časové zpoždění	$\psi_{st} = 32 \cdot \delta_s - 0,5$	12,7		h
- součinitel zmenšení tepl.kolísání	$m_{st} = (1 + 7,6 \cdot \delta_{st}) / 2500^{\delta_{st}}$	0,1389		
	$\check{s} = 4$ m	$t_{rm} = 26,2$ °C		
- plocha stěny bez okna	$v = 3,3$ m	$t_{r\psi} = 19,5$ °C		
	$S_{vn} = 7,2$ m <sup>2</sup>	$k_{vn} = 0,216$ W.m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>		
- těžké stěny $\delta > 0,45$ m	$Q_s = k_{vn} \cdot S_{vn} \cdot (t_{rm} - t_i)$	0		W
- Tepelný zisk vnější stěnou		$Q_{st} =$	<b>-2</b>	<b>W</b>
<b>4. Tepelné zisky z přívodu čerstvého větracího vzduchu</b>				
	$Q_L = V_e \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_e - t_{iL})$	$Q_L =$	<b>45</b>	<b>W</b>
	$V_e = 0,042$ m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	$t_e = 27,9$ °C		
	$\rho = 1,2$ kg.m <sup>-3</sup>	$t_{iL} = 27$ °C		
	$c_p = 1000$ J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>			
<b>Celkové tepelné zisky z vnějšího prostředí</b>				
		$\Sigma Q =$	<b>411</b>	<b>W</b>
<b>Celkové tepelné zisky</b>				
		$Q_{ic} =$	<b>1776</b>	<b>W</b>
<b>Tepelná zátěž klimatizačního zařízení</b>				
		$Q_c =$	<b>1821</b>	<b>W</b>
<b>Teplo vázané ve vodní páře</b>				
	$Q_{iv} = M_w \cdot l_{23}$	$Q_{iv} =$	<b>242</b>	<b>W</b>
	$M_w = 116$ g.h <sup>-1</sup>			
	$n = 3$ - počet lidí			
	$l_{23} = 2500$ kJ.kg <sup>-1</sup>			
<b>Celková zátěž klimatizovaného prostoru <math>Q_i = Q_{ic} + Q_{iv}</math></b>				
		$Q_i =$	<b>2062</b>	<b>W</b>

Tab.3.6: Průběh tepelných zisků za pracovní dobu pro místnost 202

	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	
$\gamma$ [°]	0	45	90	135	180	225	270	315	
$\tau$ [h]	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$t_e$ [°C]	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8
$Q_{ok}$ [W]	-31,7	-19,8	-7,9	3,3	12,5	20,5	25,1	26,4	25,1
$\delta$ [°]	20,35								
$h$ [m]	34	44	52	58	60	58	52	44	34
$a$ [°]	100	114	131	152	180	208	229	256	260
$\gamma$ [°]	0								
$\psi$ [°]	50								
$e_1$ [m]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$e_2$ [m]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_{os}$ [m <sup>2</sup> ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$s$ [-]	0,336								
$I_{Dk}$ [W.m <sup>-2</sup> ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$I_d$ [W.m <sup>-2</sup> ]	151	188	213	229	234	229	213	188	151
$\Theta$ [°]	0,0								
$\cos \Theta$ [°]	0								
$I_D$ [W.m <sup>-2</sup> ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$t_D$ [-]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$I_{okd}$ [W.m <sup>-2</sup> ]	128	159	181	195	199	195	181	159	128
$I_{ok}$ [W.m <sup>-2</sup> ]	128	159	181	195	199	195	181	159	128
$Q_{or}$ [W]	259	321	365	392	401	392	365	321	259
$Q_{orN}$ [W]	259	321	365	392	401	392	365	321	259
$Q_s$ [W]	-2								
$Q_L$ [W]	-290	-200	-110	-25	45	105	140	150	140
<b><math>Q_{ic}</math> [W]</b>	<b>1589</b>	<b>1664</b>	<b>1719</b>	<b>1758</b>	<b>1776</b>	<b>1775</b>	<b>1752</b>	<b>1710</b>	<b>1646</b>
<b><math>Q_c</math> [W]</b>	<b>1299</b>	<b>1464</b>	<b>1609</b>	<b>1733</b>	<b>1821</b>	<b>1880</b>	<b>1892</b>	<b>1860</b>	<b>1786</b>
$Q_{iv}$ [W]	242								
<b><math>Q_i</math> [W]</b>	<b>1541</b>	<b>1706</b>	<b>1851</b>	<b>1975</b>	<b>2062</b>	<b>2122</b>	<b>2134</b>	<b>2102</b>	<b>2028</b>

Celková tepelná zátěž za pracovní dobu



Obr.3.4: Grafický průběh tepelné zátěže za pracovní dobu pro místnost 202

Tab.3.7: Přehled vypočtených tepelných zisků pro jednotlivé místnosti

Místnost	Číslo místnosti	Teplota v místnosti		Letní úprava vzduchu	Tepelné ztráty $Q_z$ [W]	Tepelná zátěž $Q_{ic}$ [W]	Tepelná zátěž klimat. zařízení $Q_c$ [W]	Tepelná zátěž vázaným teplem $Q_{iv}$ [W]	Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru $Q_i$ [W]
		ZIMA	LÉTO						
Kancelář	201	20 °C	26 °C	Klimatizováno	-1185	2592	2742	242	2834
Kancelář	202	20 °C	26 °C	Klimatizováno	-679	2134	1892	242	2375
WC	203	20 °C	30 °C	Neklimatizováno					
WC	204	20 °C	30 °C	Neklimatizováno					
Schodiště	205	15 °C	30 °C	Neklimatizováno					
Plotrovna	206	20 °C	26 °C	Klimatizováno	-395	4505	4655	242	4747
Strojovna	207	20 °C	30 °C	Neklimatizováno	0				
Kancelář	208	20 °C	26 °C	Klimatizováno	-935	2053	1965	242	2294
Kancelář	209	20 °C	26 °C	Klimatizováno	-544	1909	1712	242	2150
Kancelář - Sekretářka	210	20 °C	26 °C	Klimatizováno	-478	1066	970	81	1147
Kancelář - Ředitel	211	20 °C	26 °C	Klimatizováno	-501	1100	1003	81	1180
Zasedací sál	212	20 °C	26 °C	Klimatizováno	-2060	4617	5644	2094	6711
Kuchyň	213	20 °C	30 °C	Neklimatizováno					
Kancelář	214	20 °C	26 °C	Klimatizováno	-604	2113	2158	242	2354
Kancelář	215	20 °C	26 °C	Klimatizováno	-604	2053	2098	242	2295
Kancelář	216	20 °C	26 °C	Klimatizováno	-604	2053	2098	242	2295
Kancelář	217	20 °C	26 °C	Klimatizováno	-1099	2610	2760	242	2851
Chodba	218	15 °C	30 °C	Neklimatizováno					

**Celkové tepelné ztráty  $Q_z = -9689$  W**

**Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem  $Q_{ic} = 28803$  W**

**Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem  $Q_{iv} = 4431$  W**

**Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru v létě  $Q_i = 33234$  W**

#### 4. STANOVENÍ PŘÍVODU ČERSTVÉHO VZDUCHU

Při stanovení množství čerstvého venkovního vzduchu přiváděného do klimatizačního prostoru  $m_e$  vyjdu z nařízení vlády [4], ve kterém je předepsáno minimální množství čerstvého větracího vzduchu při práci převážně v sedě  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{osoba}^{-1}$ , přičemž musí být dodržen požadavek minimální množství čerstvého větracího vzduchu, který nesmí klesnout pod 15% celkového množství přiváděného vzduchu

$$V_e = v_e \cdot n \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (4.1)$$

- kde  $n$  je počet uvažovaných osob v místnosti -  $n = 58$  osob
- $v_e$  je dávka větracího vzduchu na osobu -  $v_e = 50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{osoba}^{-1}$

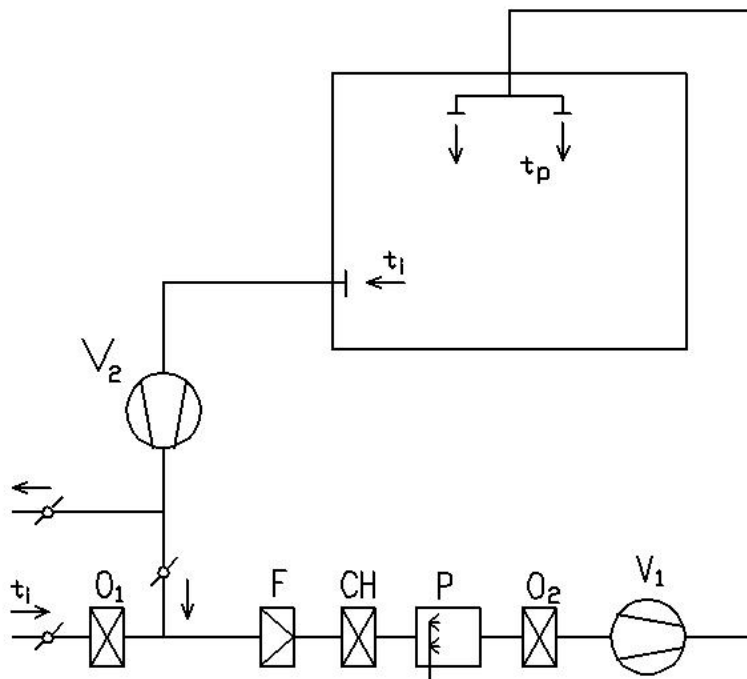
$$V_e = v_e \cdot n = 50 \cdot 58 = 2900 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \Rightarrow V_e = \underline{0,806 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}}$$

$$m_e = V_e \cdot \rho \quad , \text{ kde } \rho \text{ je hustota vzduchu - } \rho = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad (4.2)$$

$$m_e = V_e \cdot \rho = \frac{2900}{3600} \cdot 1,2 = \underline{0,967 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}}$$

#### 5. PSYCHROMETRICKÝ VÝPOČET

Výpočet budu provádět dle poznatků získaných v předmětu Větrání a klimatizace I. Jako klimatizační zařízení volím nízkotlaké klimatizační zařízení jedno-kanálové obr.5.1.



Obr.5.1: Nízkotlaké ústřední klimatizační zařízení jedno-kanálové

$O_1$  – předehříváč, F – filtr, CH – chladič, P – pračka,  $O_2$  – dohříváč  
 $V_1, V_2$  – ventilátor pro přívod a odvod vzduchu

## 5.1 Výpočet letního provozu

### Zadáno:

$$\begin{aligned}t_e &= 30 \text{ } ^\circ\text{C} & \varphi_e &= 35,5 \text{ \%} \\t_i &= 26 \text{ } ^\circ\text{C} & \varphi_i &= 40 \text{ \%} \\Q_{ic} &= 28803 \text{ W} & & \text{- tepelná zátěž citelným teplem} \\Q_{iv} &= 4431 \text{ W} & & \text{- tepelná zátěž vázaným teplem} \\Q_i &= 33234 \text{ W} & & \text{- celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru} \\p &= 100 \text{ kPa} & & \text{- střední tlak vzduchu}\end{aligned}$$

Po zakreslení stavu E , I do i-x diagramu obrázek 5.2, můžeme odečíst tyto parametry potřebné pro výpočet:

Stav E		Stav I	
$i_e = 53,9$	$\text{kJ.kg}^{-1}$	$i_i = 47,3$	$\text{kJ.kg}^{-1}$
$x_e = 9,2$	$\text{g.kg}^{-1}_{\text{s.v.}}$	$x_i = 8,3$	$\text{g.kg}^{-1}_{\text{s.v.}}$

### Výpočet:

Pro výpočet letního provozu jsem zvolil metodu, která se při projektování klimatizačních zařízení využívá nejvíce a to metodu při které budu vycházet z volby pracovního rozdílu teplot  $\Delta t_p$ .

#### 1. Určíme faktor citelného tepla klimatizovaného prostoru

$$g_i = \frac{Q_{ic}}{Q_i} = \frac{28803}{33234} = \underline{0,87} \quad (5.1)$$

#### 2. Volba pracovního rozdílu teplot $\Delta t_p$

$$\Delta t_p = 6 - 10 \text{ K} \Rightarrow \text{volím } \Delta t_p = \mathbf{10 \text{ K}}$$

$$\Delta t_p = t_i - t_p \Rightarrow t_p, \text{ kde } t_p - \text{přiváděný vzduch} \quad (5.2)$$

$t_i - \text{vnitřní vzduch}$

$$\begin{aligned}t_p &= t_i - \Delta t_p \\t_p &= 26 - 10 \\t_p &= \underline{\mathbf{16 \text{ } ^\circ\text{C}}}\end{aligned}$$

#### 3. Zakreslení parametru vzduchu do diagramu a stanovení stavu P

- do diagramu zakreslíme faktor citelného tepla, tento bod spojíme z pólem L
- z touto přímkou vedeme rovnoběžku procházející bodem I
- průsečík přímky vedené bodem I s  $t_p \Rightarrow$  bod P
- z diagramu ve stanoveném bodě P určíme  $\Rightarrow$   $i_p = \mathbf{35,5 \text{ kJ.kg}^{-1}}$   
 $x_p = \mathbf{7,8 \text{ g.kg}^{-1}_{\text{s.v.}}}$

#### 4. Stanovení množství vzduchu

Množství čerstvého venkovního vzduchu přiváděného do klimatizačního prostoru  $m_e$

- množství vzduchu jsem již stanovil rovnice 4.1  $\Rightarrow m_e = \underline{0,967 \text{ kg.s}^{-1}}$

Množství přiváděného vzduchu do klimatizované místnosti

- vyjdeme z rovnice  $Q_i = m_p \cdot (i_i - i_p) \Rightarrow m_p$

$$m_p = \frac{Q_i}{(i_i - i_p)} = \frac{33234}{(47,3 - 35,5)} = \underline{2,816 \text{ kg.s}^{-1}} \quad (5.3)$$

$$V_p = \frac{m_p}{\rho_{vzd}} = \frac{2,816}{1,2} = \underline{2,347 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}} \quad (5.4)$$

Kontrola podmínky zda je splněn požadavek minimálního množství čerstvého větracího vzduchu, který nesmí klesnout pod 15% celkového množství přiváděného vzduchu:

$$V_e > 0,15 \cdot V_p$$

$$0,806 > 0,15 \cdot 2,347 = 0,35 \Rightarrow \text{podmínka splněna}$$

#### 5. Stanovení množství oběhového vzduchu

$$m_c = m_p - m_e \quad (5.5)$$

$$m_c = 2,816 - 0,967$$

$$m_c = \underline{1,85 \text{ kg.s}^{-1}}$$

#### 6. Stanovení stavu směsi S

- vyjdeme z hmotnostní bilance vlhkosti při míšení

$$- m_p \cdot i_s = m_e \cdot i_e + m_c \cdot i_i \Rightarrow i_s$$

$$i_s = \frac{m_e \cdot i_e + m_c \cdot i_i}{m_p} = \frac{0,967 \cdot 53,9 + 1,85 \cdot 47,3}{2,816} \quad (5.6)$$

$$i_s = \underline{49,6 \text{ kJ.kg}^{-1}}$$

- z diagramu určíme:  $t_s = 27,3 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $x_s = 8,7 \text{ g.kg}^{-1}_{\text{s.v.}}$

#### 7. Stanovení rosného bodu chladiče R

- Rosný bod chladiče R se určí v diagramu a to jako průsečík spojnice bodů SP s křivkou nasycení  $\varphi = 1$

- Z grafu odečteme:  $t_r = 9,5 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow i_r = 27,3 \text{ kJ.kg}^{-1}$   
 $x_r = 7,2 \text{ g.kg}^{-1}_{\text{s.v.}}$

### Výpočet obtokového součinitele F

$$F = \frac{i_p - i_r}{i_s - i_r} = \frac{35,5 - 27,3}{49,6 - 27,3} = \underline{0,368} \quad (5.7)$$

### **8. Výpočet chladicího výkonu chladiče**

$$\begin{aligned} Q_{CH} &= m_p \cdot (i_p - i_s) & (5.8) \\ Q_{CH} &= 2,816 \cdot (35,5 - 49,6) \\ Q_{CH} &= - \underline{39,6 \text{ kW}} \end{aligned}$$

Úprava vzduchu v klimatizačním zařízení pro letní provoz je zobrazena v i-x diagramu na obrázku 5.2.

### **5.2 Výpočet zimního provozu**

#### **Zadáno:**

$t_e =$	-18	°C	$\varphi_e =$	92	%
$t_i =$	20	°C	$\varphi_i =$	50	%
$Q_{ic} =$	-9689	W	- tepelná zátěž citelným teplem = $-Q_z$ viz. Výpočet tepelných ztrát		
$Q_{iv} =$	4431	W	- tepelná zátěž vázaným teplem		
$Q_i =$	-5258	W	- celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru		
$p =$	100	kPa	- střední tlak vzduchu		

Pro výpočet zimního provozu použijeme z výpočtu letního provozu následující parametry

$$\begin{aligned} m_e &= 0,967 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1} \\ m_p &= 2,816 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1} \\ m_c &= 1,85 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1} \end{aligned}$$

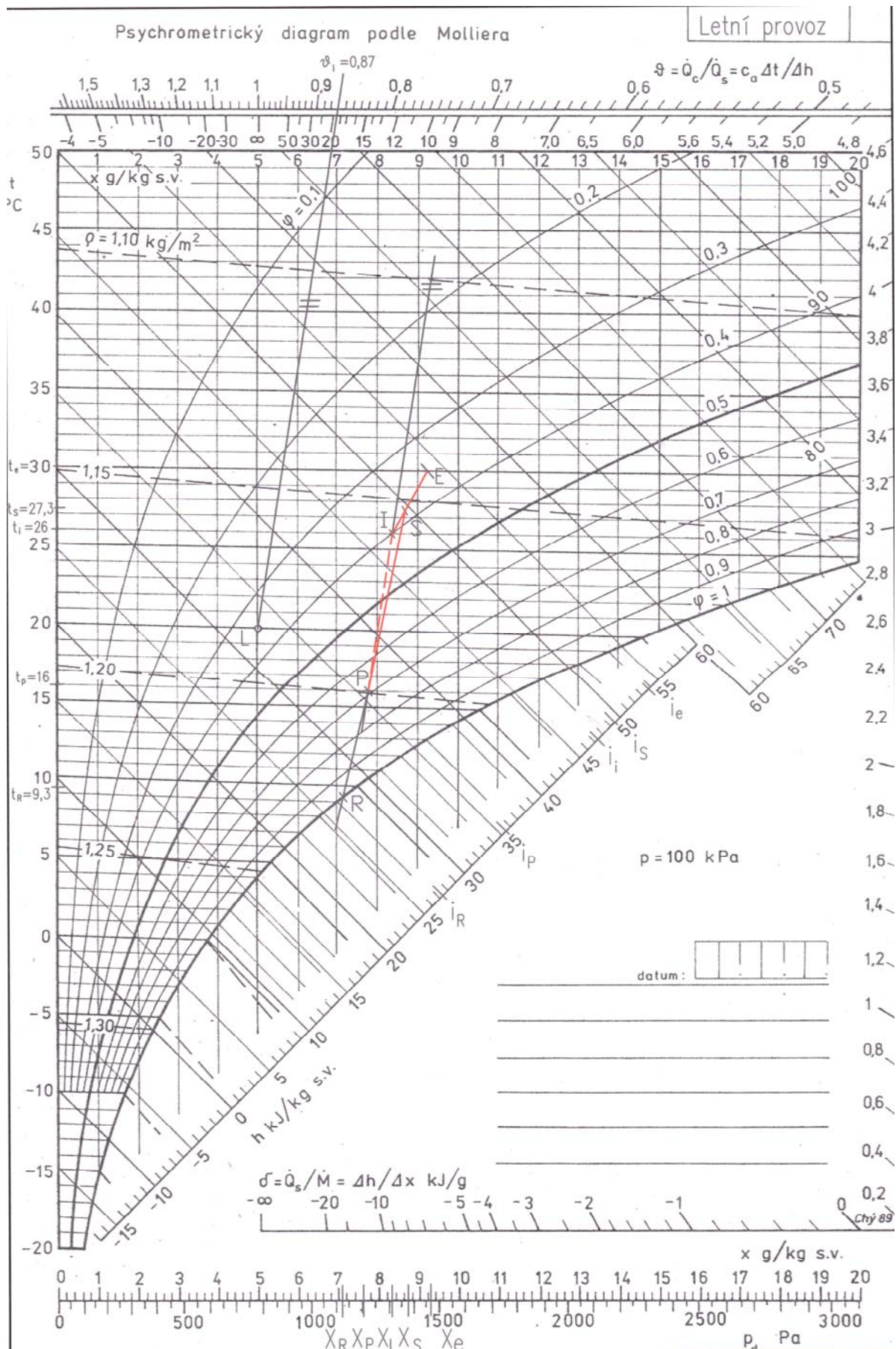
Po zakreslení stavu E , I do i-x diagramu obrázku 5.3, můžeme odečíst tyto parametry potřebné pro výpočet:

#### **Stav E**

$$\begin{aligned} i_e &= -16,5 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1} \\ x_e &= 0,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{s.v.}} \end{aligned}$$

#### **Stav I**

$$\begin{aligned} i_i &= 38 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1} \\ x_i &= 7,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{s.v.}} \end{aligned}$$



Obr.5.2: Letní provoz klimatizačního zařízení v i-x diagramu

## Výpočet:

### 1. Určíme faktor citelného tepla klimatizovaného prostoru

$$g_i = \frac{Q_{ic}}{Q_i} = \frac{-9689}{-5258} = \underline{1,84} \Rightarrow \text{nelze v diagramu určit} \quad (5.9)$$

Je nutno použít výpočet směrnice změny stavu vzduchu v klimatizovaném prostoru

$$\delta_i = \frac{Q_i}{m_{wi}} = \frac{Q_i}{Q_{iv}} \cdot l_{23} = \frac{-5258}{4431} \cdot 2500 = -2966,6 \text{ kJ.kg}^{-1} = \underline{-2,97 \text{ kJ.g}^{-1}} \quad (5.10)$$

### 2. Určíme předeřtátí větracího ( čerstvého ) vzduchu

- Vzduch budu předeřtátovat v předeřtátovači na stav K na teplotu  $t_k = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
- Provedeme-li ohřev na teplotu  $t_k$ , bude mít vzduch následující parametry, které odečtu z grafu:

$$\text{Stav K} \quad \begin{array}{l} i_k = 12 \text{ kJ.kg}^{-1} \\ x_k = x_e = 0,6 \text{ g.kg}^{-1}_{\text{s.v.}} \end{array}$$

### 3. Určení stavu vzduchu po smíšení S

- vyjdeme z rovnice pro míšení

$$- m_p \cdot i_s = m_e \cdot i_k + m_c \cdot i_i \Rightarrow i_s$$

$$i_s = \frac{m_e \cdot i_k + m_c \cdot i_i}{m_p} = \frac{0,967 \cdot 12 + 1,85 \cdot 38}{2,816} \quad (5.11)$$

$$i_s = \underline{29 \text{ kJ.kg}^{-1}}$$

- z diagramu určíme:  $t_s = 16,5 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $x_s = 4,9 \text{ g.kg}^{-1}_{\text{s.v.}}$

### 4. Určení stavu vzduchu přiváděného do klimatizované místnosti P

$$Q_i = m_p \cdot (i_i - i_p) \Rightarrow i_p = i_i - \frac{Q_i}{m_p} = 38 - \frac{(-5258)}{2,816} \quad (5.12)$$

$$i_p = \underline{39,9 \text{ kJ.kg}^{-1}}$$

- do diagramu zakreslíme směrnice změny stavu vzduchu, bod spojíme z pólem L
- s touto přímkou vedeme rovnoběžku procházející bodem I
- průsečík přímky vedené bodem I s  $i_p \Rightarrow$  bod P

Po stanovení bodu P v diagramu odečteme parametry:  $x_p = 6,6 \text{ g.kg}^{-1}_{\text{s.v.}}$   
 $t_p = 23,1 \text{ }^\circ\text{C}$

## 5. Určení stavu za zvlhčovačem O

Předpokládám vlhčení vzduchu párou ( izotermický děj ) =>  $t = \text{konst.}$

Stav za zvlhčovačem O je pak dán průsečíkem  $t_s$  s  $x_p$ . Parametry bodu O určíme z diagramu:

$$\begin{aligned} \text{Stav O} \quad t_o = t_s &= 16,5 \quad ^\circ\text{C} \\ x_o = x_p &= 6,6 \quad \text{g.kg}^{-1}_{\text{s.v.}} \\ i_o &= 33,2 \quad \text{kJ.kg}^{-1} \end{aligned}$$

## 5. Stanovení výkonů jednotlivých komponent klimatizačního zařízení

### Výkon předehříváče

$$\begin{aligned} Q_{PŘ} &= m_e \cdot (i_K - i_e) = 0,967 \cdot (12 - (-16,5)) & (5.13) \\ Q_{PŘ} &= \underline{27,55 \text{ kW}} \end{aligned}$$

### Výkon dohříváče

$$\begin{aligned} Q_{DO} &= m_p \cdot (i_p - i_o) = 2,816 \cdot (39,9 - 33,2) & (5.14) \\ Q_{DO} &= \underline{18,87 \text{ kW}} \end{aligned}$$

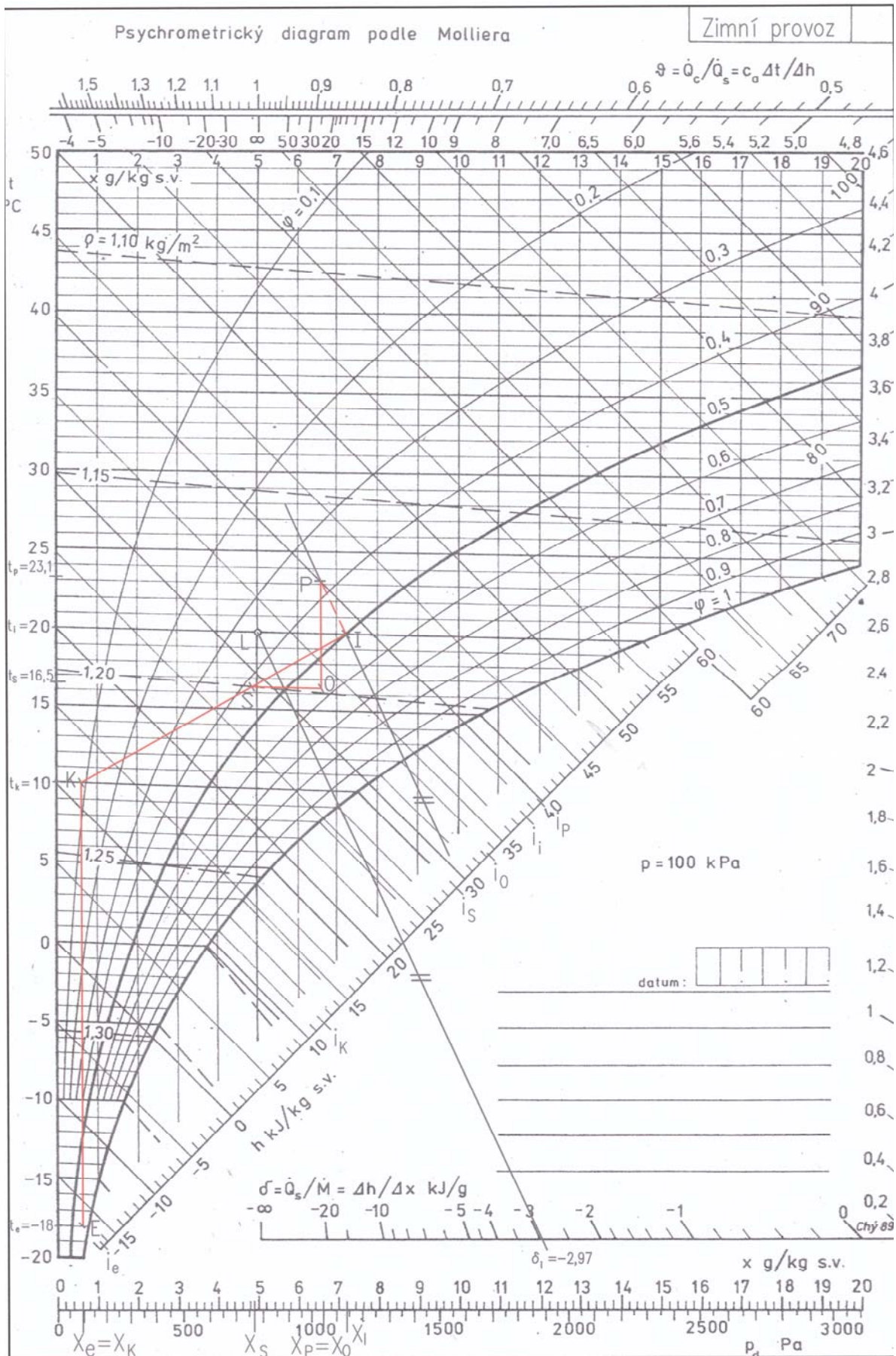
### Výkon parního zvlhčovače

$$\begin{aligned} m_{ZVL} &= m_p \cdot (x_p - x_s) = 2,816 \cdot (6,6 - 4,9) & (5.15) \\ m_{ZVL} &= \underline{4,69 \text{ g.s}^{-1}} \end{aligned}$$

### Příkon zvlhčovače

$$\begin{aligned} P_{ZVL} &= m_{ZVL} \cdot l_{23} \quad , \text{ kde } l_{23} \text{ je výparné teplo vody } l_{23} = 2500 \text{ kJ/kg} & (5.16) \\ P_{ZVL} &= 4,69 \cdot 2500 \cdot 10^{-3} \\ P_{ZVL} &= \underline{11,73 \text{ kW}} \end{aligned}$$

Úprava vzduchu v klimatizačním zařízení pro zimní provoz je zobrazena v i-x diagramu na obrázku 5.3.



Obr.5.3: Zimní provoz klimatizačního zařízení v i-x diagramu

## 6. NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ VYÚSTEK A VZDUCHOVODŮ

Při volbě přiváděcích vyústek budu vycházet z celkového množství přiváděného vzduchu  $V_p$ . Celkový objemový tok jsem si určil v kapitole 5.1. Při volbě velikosti a počtu přiváděcích vyústek v jednotlivých místnostech je možno vycházet jednak z počtu uvažovaných osob v místnosti, nebo z vypočtených tepelných zisků. V mém případě budu vycházet při rozdělení přiváděného množství vzduchu z celkových tepelných zisků jednotlivých místností.

Z celkového množství přiváděného vzduchu  $V_p = 8449 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  (rovnice 5.4) určíme množství vzduchu potřebné k pokrytí celkové tepelné zátěže  $Q_i$  podle kterých budu volit velikost a počet vyústek.

Pro názornost zde uvedu příklad výpočtu pro místnost 202.

Při návrhu budu vycházet z celkové tepelné zátěže klimatizovaného prostoru  $Q_i = 33234 \text{ W}$  a z tepelná zátěže klimatizovaného prostoru  $2375 \text{ W}$  pro místnosti 202 ( tabulka 3.7 ).

Použijeme-li přímou úměru vypočteme si potřebnou hodnotu  $x$

$$\begin{array}{l} \uparrow \\ \left. \begin{array}{l} \text{celková zátěž } 33234 \text{ W} \dots\dots\dots V_p = 8449 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \\ \text{zátěž prostoru } 2375 \text{ W} \dots\dots\dots V_o = x \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \end{array} \right\} \uparrow \\ \frac{2375}{33234} = \frac{x}{8449} \Rightarrow x = \frac{2375}{33234} \cdot 8449 = 603,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \Rightarrow V_{p1} = \underline{604 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}} \end{array} \quad (6.1)$$

Zvolím-li v místnosti 202 počet vyústek 2, pak objemový tok jednou vyústkou bude roven  $V_o = 302 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

Jednotlivé množství přiváděného vzduchu do klimatizovaných místností je naznačeno v tabulce 6.1.

Tab.6.1: Množství přiváděného vzduchu do jednotlivých místností

Číslo místnosti	Počet lidí	Tepelná zátěž [W]	Objemový tok podle tepelné zátěže [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]
201	3	2834	721
202	3	2375	604
206	3	4747	1207
208	3	2294	583
209	3	2150	547
210	1	1147	292
211	1	1180	300
212	29	6711	1706
214	3	2354	599
215	3	2295	583
216	3	2295	583
217	3	2851	725
<b>Celkem</b>	<b>58</b>	<b>33234</b>	<b>8449</b>

## **6.1 Návrh přívaděcích vyústek**

Při volbě přívaděcích vyústek budu vycházet především z konstrukčního řešení místnosti. Rozhodující bude zejména výškový rozměr místnosti - výška stropu 3,3 m. Jelikož je výška stropu dostatečně vysoká bude možno zabudovat vzduchovody a vyústky do podhledu stropu.

Přívaděcí vyústky budu volit dle firemních podkladů IMOS – ASEK [8]. V mém případě jsem zvolil vířivé vyústky s nastavitelnými lamelami IMOS-VVKR pro výšku stropu od 2,6m do 4m. Skládají se z krabice a čelní desky obrázek 6.3. Čelní deska čtvercové vyústky je opatřena radiálně seřazenými a jednotlivě ručně nastavitelnými lamelami, přes které je zabezpečený přívod vzduchu do pracovního prostoru. IMOS-VVKR je možné použít jak pro přívod, tak pro odvod vzduchu.

Umístění a zvolený počet přívodních vyústek je zobrazen na obrázku 6.1.

Ukázkový příklad výpočtu a návrhu přívaděcí vyústky bude proveden pro místnost 202. Pod výpočtem bude pro přehlednost zobrazena tabulka 6.3 z navrženými typy vyústek pro jednotlivé místnosti.

### **6.1.1 Určení velikosti a typu přívaděcích vířivých vyústek**

#### **1. Stanovení množství přiváděného vzduchu vířivou vyústkou**

Názorný výpočet bude proveden pro místnost 202. Dle tabulky 6.1 je pro místnost 202 potřebné množství přiváděného vzduchu do místnosti  $V_O = 604 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Zvolím-li v místnosti 202 počet vyústek 2, pak objemový tok jednou vyústkou bude roven  $V_O = 302 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

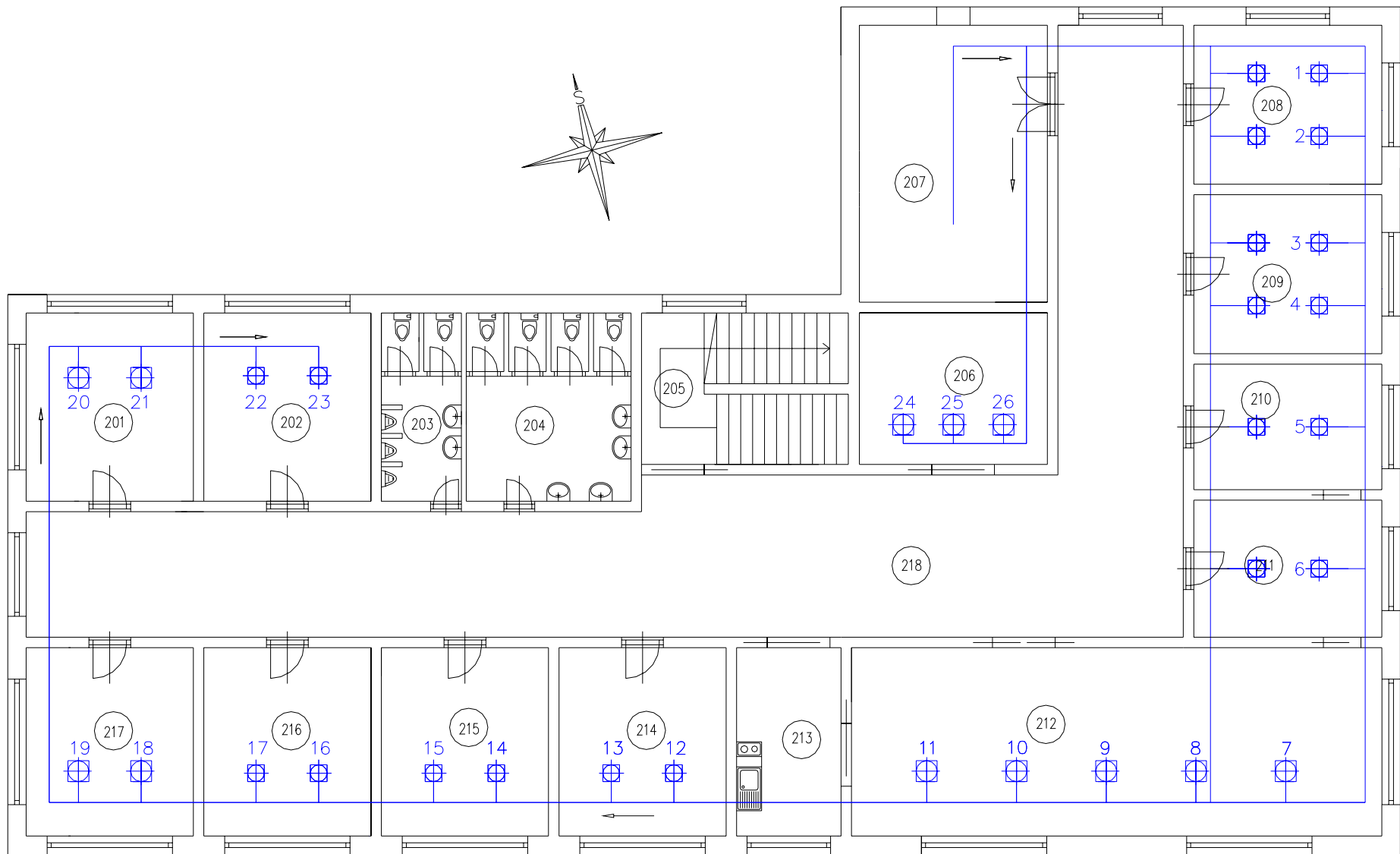
#### **2. Volba typu vyústky**

Při volbě a výpočtu budu vycházet ze zvolených parametrů:

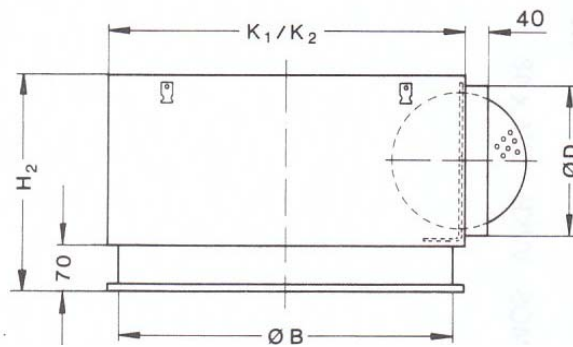
- požadovaná rychlost vzduchu v pracovní zóně  $v_h = 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- pracovní rozdíl teplot  $\Delta t_p = 10 \text{ K}$  ( kapitola 4.1 )
- výška pracovní zóny  $h_l = 1,8 \text{ m}$  ( dle [8] )
- výška od podlahy k podhledu  $H = 2,8 \text{ m}$
- vzdálenost mezi dvěma vyústkami  $A = 1,5 \text{ m}$
- vzdálenost mezi vyústkou a stěnou  $x = 1,5 \text{ m}$

Podle [8] z obrázku 12 předběžně volím typ přívaděcí vyústky IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400

Na obrázku 6.2 jsou zobrazeny základní parametry zvolené vyústky, rozměry vířivé vyústky jsou v tabulce 6.2.



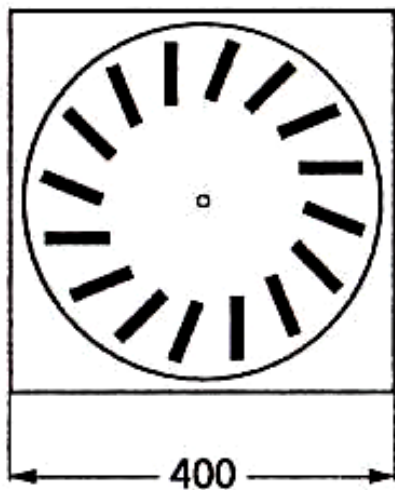
Obr.6.1: Návrh a rozmístění přívaděcích vířivých výustek



Obr.6.2: Základní parametry vyústky

Tab.6.2: Rozměry zvolené vířivé vyústky

Velkost	Počet lamel	B	D	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>
300	8	275	158	200	300	335	364
400	16	364	198	200	300	435	446
500	24	470	198	200	300	521	531
600	32	575	248	200	350	621	631
601	40	575	248	300	430	660	666
625	32	575	248	200	350	621	631
626	48	575	248	300	430	660	666
825	80	780	313	300	415	874	881



Obr.6.3: Tvarové provedení zvolené čelní desky

### **6.1.2 Určení velikosti tlakové ztráty, hladiny hluku a efektivní rychlosti u vířivých vyústek**

Pro zvolený typ přívaděcí vyústky IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400 je efektivní rychlost vyjádřena vztahem:

$$v_{ef} = \frac{V_0}{3600 \cdot S_{ef}} = \frac{302}{3600 \cdot 0,014} = \underline{5,99 \text{ m.s}^{-1}} \quad (6.2)$$

kde  $S_{ef}$  je efektivní plocha [ $\text{m}^2$ ] dle [8] tabulka č.2 pro zvolený typ vyústky  $S_{ef} = 0,014 \text{ m}^2$   
 $V_0$  je objemový průtok vzduchu jednou vyústkou

Z [8] z diagramu 2 pro otevřenou klapku IMOS – VVKR – Q / K – P – H – 400 x 16, pro  $V_0 = 302 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  plyne:

- hladina hluku  $L_{WA} = 30 \text{ dB (A)}$
- tlaková ztráta  $\Delta p_t = 29 \text{ Pa}$

### **6.1.3 Určení střední rychlosti proudění a teplotního rozdílu u vířivých vyústek při základním nastavení lamel**

Délka proudu mezi zónou pobytu a stropem  $H_l = H - h_l = 2,8 - 1,8 = 1 \text{ m}$   
Vzdálenost mezi dvěma krabicemi  $A = 1,5 \text{ m}$

#### **1. Určení velikosti střední rychlosti proudění $v_{HI}$ ve výšce $H_l$**

Z diagramu 16 plyne pro IMOS – VVKR – Q – P – H – 400 x 16, kde pro  $V_0 = 302 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $A = 1,5 \text{ m}$  a vzdálenost  $H_l = 1 \text{ m}$  je :

$$v_{HI} = 0,2 \text{ m.s}^{-1}$$

Tuto hodnotu porovnáme s požadovanou hodnotou rychlosti vzduchu v pracovní zóně  
 $v_h = 0,2 \text{ m.s}^{-1}$

$v_h = 0,2 \text{ m.s}^{-1} = v_{HI} \Rightarrow$  zvolený typ vyústky vyhovuje

#### **2. Kontrola teplotního rozdílu $\Delta t_L$ ve výšce $H_l$**

Z diagramu 18 plyne pro IMOS – VVKR – Q – P – H – 400 x 16, pro vzdálenost  $L$  a délku proudu mezi zónou pobytu a stropem  $H_l = 1 \text{ m} \Rightarrow \Delta t_L$

Pro vzdálenost  $L$  platí:

$$L = \frac{A}{2} + H_l = \frac{1,5}{2} + 1 = 1,75 \text{ m je :} \quad (6.3)$$

$$\frac{\Delta t_L}{\Delta t_p} = 0,05 \Rightarrow \Delta t_L = \Delta t_p \cdot 0,05 = 10 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ K} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (6.4)$$

Zvolený typ přívodní vyústky IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400 pro místnost 202 tedy vyhovuje.

Tab.6.3: Přehled vypočtených a navržených typů přívaděcích vyústek pro jednotlivé místnosti

Číslo místnosti	Objemový tok přiváděného vzduchu	Zvolený počet vyústek	Číselné označení vyústky	Objemový tok jednou vyústkou	Zvolený typ vyústky	Výstupní rychlost vyústky $v_{ef}$	Tlaková ztráta $\Delta p_t$	střední rychlost proudění $v_{HI}$	teplotní rozdíl $\Delta t_L$	Vyhovuje x nevyhovuje
	[m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]			[m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]		[m.s <sup>-1</sup> ]	[Pa]	[m.s <sup>-1</sup> ]	[K]	
201	721	2	20	360	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-500	4,77	24	0,16	0,7	vyhovuje
			21	360	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-500	4,77	24	0,16	0,7	vyhovuje
202	604	2	22	302	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,99	30	0,2	0,5	vyhovuje
			23	302	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,99	30	0,2	0,5	vyhovuje
206	1207	3	24	402	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-500	5,32	30	0,2	0,7	vyhovuje
			25	402	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-500	5,32	30	0,2	0,7	vyhovuje
			26	402	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-500	5,32	30	0,2	0,7	vyhovuje
208	583	2	1	292	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,79	28	0,2	0,55	vyhovuje
			2	292	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,79	28	0,2	0,55	vyhovuje
209	547	2	3	273	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,42	25	0,17	0,5	vyhovuje
			4	273	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,42	25	0,17	0,5	vyhovuje
210	292	1	5	292	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,79	28	0,2	0,55	vyhovuje
211	300	1	6	300	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,95	30	0,2	0,6	vyhovuje
212	1706	5	7	341	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-500	4,51	23	0,2	0,7	vyhovuje
			8	341	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-500	4,51	23	0,2	0,7	vyhovuje
			9	341	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-500	4,51	23	0,2	0,7	vyhovuje
			10	341	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-500	4,51	23	0,2	0,7	vyhovuje
			11	341	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-500	4,51	23	0,2	0,7	vyhovuje
214	599	2	12	299	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,94	29	0,2	0,6	vyhovuje
			13	299	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,93	29	0,2	0,6	vyhovuje
215	583	2	14	292	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,79	28	0,2	0,55	vyhovuje
			15	292	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,79	28	0,2	0,55	vyhovuje
216	583	2	16	292	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,79	28	0,2	0,55	vyhovuje
			17	292	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-400	5,79	28	0,2	0,55	vyhovuje
217	725	2	18	362	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-500	4,79	25	0,16	0,7	vyhovuje
			19	362	IMOS-VVKR-Q-P-H-1-500	4,79	25	0,16	0,7	vyhovuje

## **6.2 Návrh odváděcích vyústek**

Při volbě odváděcích vyústek budu vycházet ze stejných předpokladů jako při volbě přiváděcích vyústek dle [8].

Jako odváděcí vyústky jsem zvolit vířivé vyústky odváděcí s pevnými lamelami IMOS-VVKN pro výšku stropu od 2,6m do 4m.

Vířivá vyústka s pevnými lamelami IMOS-VVKN je komfortní distribuční prvek, který se skládá z krabice a čelní desky ( obrázek 6.6 ). Čelní deska je opatřena radiálně seřazenými lamelami různého tvaru.

Umístění a zvolený počet odváděcích vyústek je zobrazen na obrázku 6.4.

Ukázkový příklad výpočtu a návrhu odváděcí vyústky je proveden pro místnost 202. Pod výpočtem je pro přehlednost zobrazena tabulka 6.5 z navrženými typy vyústek pro jednotlivé místnosti.

### **6.2.1 Určení velikosti a typu odváděcích vířivých vyústek**

#### **1. Stanovení množství odváděného vzduchu vířivou vyústkou**

Při volbě odváděcích vyústek budu vycházet z předchozího bodu výpočtu ( kapitola 6.1 ), kde byl proveden výpočet množství vzduchu přiváděného do místnosti  $V_O = 604 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

Návrh odváděcí vyústky musí být tedy proveden na základě vzduchu přiváděného do místnosti => množství vzduchu, který přivedu do místnosti bych měl při předpokládaném rovnotlakém větrání opět ve stejném množství odvést. Na základě tohoto poznatku budu vycházet při volbě velikosti a počtu odváděcích vyústek. Názorný výpočet je proveden pro místnost 202.

$V_O = 604 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \Rightarrow$  Zvolím-li pro odvod vzduchu z místnosti 2 vyústky, pak objemový tok jednou vyústkou bude roven  $V_O = 302 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

#### **2. Volba typu vyústky**

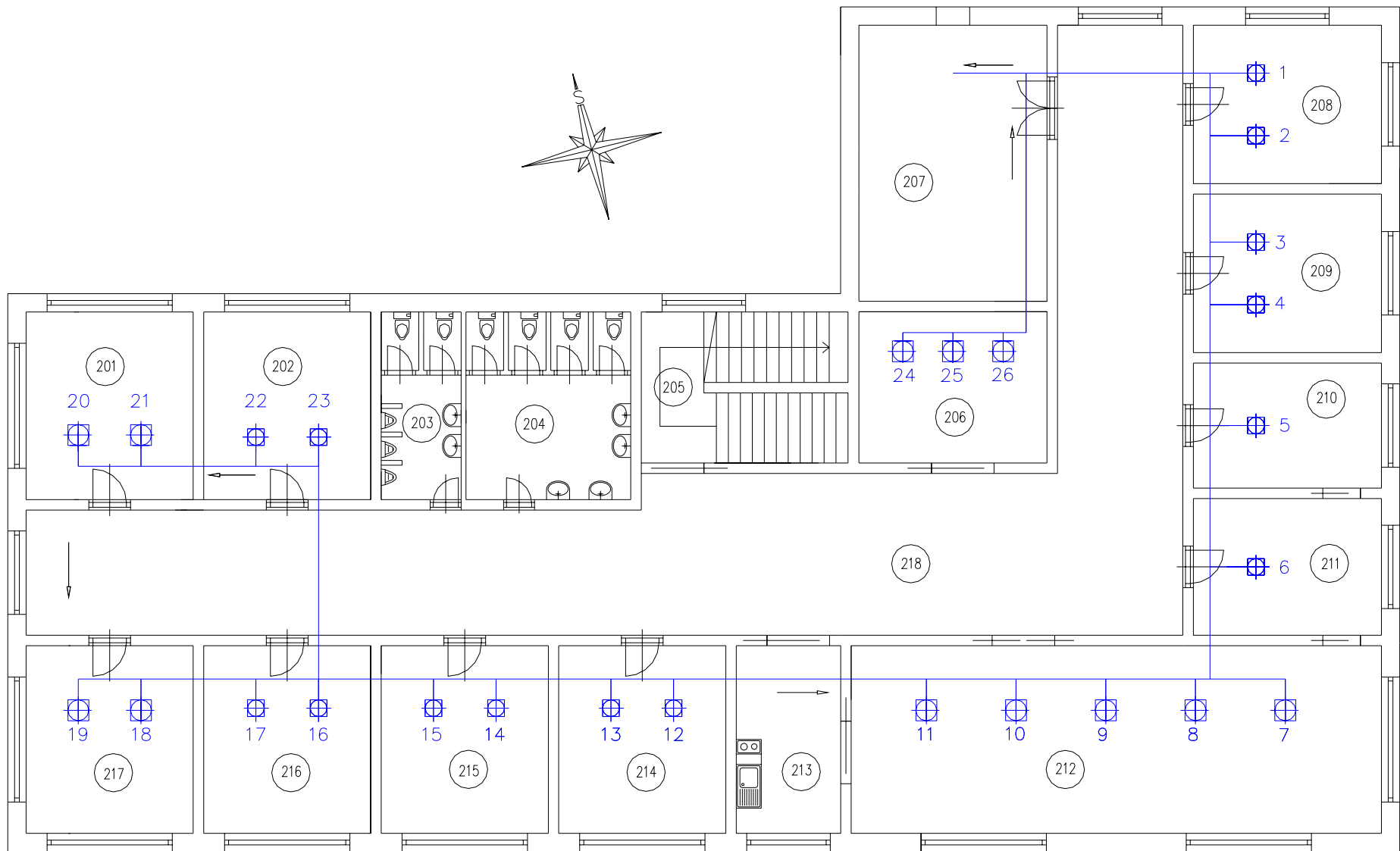
Podle [8] volím typ odváděcí vyústky IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400

### **6.2.2 Určení velikosti tlakové ztráty, hladiny hluku a efektivní rychlosti u vířivých vyústek**

Pro zvolený typ odváděcí vyústky IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400 pro vstupní rychlost platí:

$$v_{ef} = \frac{V_O}{3600 \cdot S_{ef}} = \frac{302}{3600 \cdot 0,0180} = \underline{4,66 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} \quad (6.5)$$

kde  $S_{ef}$  je efektivní plocha [ $\text{m}^2$ ] dle [8] tabulka č.3 pro zvolený typ vyústky  $S_{ef} = 0,0180 \text{ m}^2$   
 $V_O$  je objemový průtok vzduchu jednou vyústkou.



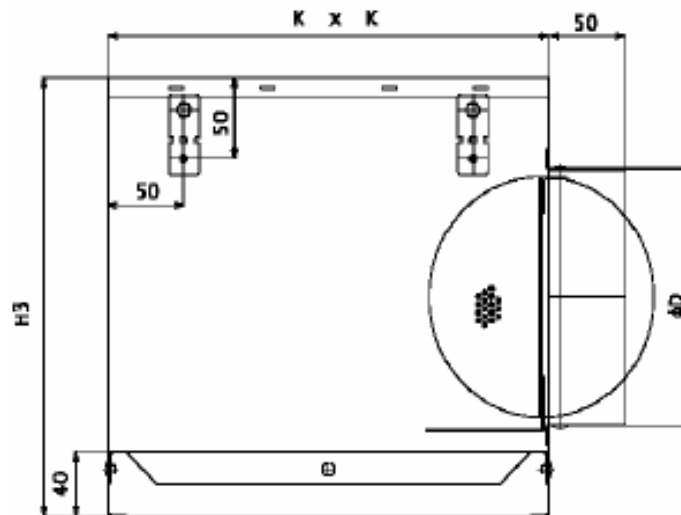
Obr.6.4: Návrh a rozmístění odvědcích vyústek

Dle [8] z diagramu 2 plyne pro zvolený typ vyústky IMOS – VVKN – Q – O – H – 400 x 16, pro  $V_0 = 302 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  :

- hladina hluku  $L_{WA} = 37 \text{ dB (A)}$
- tlaková ztráta  $\Delta p_t = 22 \text{ Pa}$

V tabulce 6.5 je proveden výpis zvolených typů odváděcích vyústek pro jednotlivé místnosti.

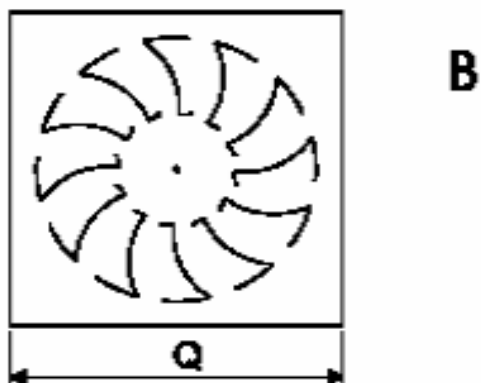
Na obrázku 6.5 jsou zobrazeny základní parametry zvolené vyústky, rozměry vířivé vyústky jsou uvedeny v tabulce 6.4.



Obr.6.5: Základní parametry vyústky

Tab.6.4: Rozměry zvolené vířivé vyústky

Velikosti	D	K	H3	kg
300	158	290	270	5,0
400	198	380	280	6,6
500	198	480	290	11,2
600/625	248	570	340	11,8



Obr.6.6: Tvarové provedení čelní desky – volím tvar B

Tab.6.5: Přehled navržených typů odváděcích vyústek pro jednotlivé místnosti

Číslo místnosti	Objemový tok odváděného vzduchu	Zvolený počet vyústek	Číselné označení vyústky	Objemový tok jednou vyústkou	Zvolený typ vyústky	Vstupní rychlost do vyústky $v_{ef}$	Tlaková ztráta $\Delta p_t$
	[m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]			[m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]		[m.s <sup>-1</sup> ]	[Pa]
201	721	2	20	360	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-500	5,56	26
			21	360	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-500	5,56	26
202	604	2	22	302	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,66	22
			23	302	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,66	22
206	1207	3	24	402	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-500	6,21	34
			25	402	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-500	6,20	34
			26	402	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-500	6,20	34
208	583	2	1	292	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,50	21
			2	292	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,51	21
209	547	2	3	273	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,22	18
			4	273	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,21	18
210	292	1	5	292	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,21	21
					IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400		
211	300	1	6	300	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,21	22
					IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400		
212	1706	5	7	341	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-500	5,27	25
			8	341	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-500	5,26	25
			9	341	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-500	5,26	25
			10	341	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-500	5,26	25
			11	341	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-500	5,26	25
214	599	2	12	299	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,62	22
			13	299	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,61	22
215	583	2	14	292	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,50	21
			15	292	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,51	21
216	583	2	16	292	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,50	21
			17	292	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-400	4,51	21
217	725	2	18	362	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-500	5,59	26
			19	362	IMOS-VVKN-Q-O-H-1-500	5,59	26

### **6.3 Návrh potrubních sítí, dimenzování vzduchovodů**

Potrubní síť je část vzduchotechnického zařízení sloužící k rozvodu a distribuci vzduchu. Je tvořena jednak potrubím a částmi potrubní sítě ( oblouky, klapky atd. ). Potrubní síť můžeme rozdělit na jednotlivé větve a úseky. Větev s největší tlakovou ztrátou vedena nejčastěji od ventilátoru k nejbližší vyústce tvoří hlavní větev.

Vzduchovody se dělí na část přiváděcí a odváděcí, každá část se řeší samostatně. Přiváděcími vzduchovody rozvádíme upravený čerstvý vzduch do jednotlivých místností dle potřeby. Vzduchovody odváděcí nám slouží k odvodu znehodnoceného vzduchu z klimatizovaného prostoru zpět do strojovny vzduchotechniky, kde se část vzduchu znovu upraví a smíchá z čerstvým venkovním vzduchem a znovu se použije k opětovnému rozvodu.

V mém případě budu volit čtyřhranné vzduchovody z pozinkovaného plechu jak pro přívod tak i pro odvod vzduchu podle firemních podkladů PROKLIMA [11]. Vzduch bude do místností distribuován pomocí stropních čtyřhranných vířivých vyústek. Tytéž vyústky budou použity i pro odvod vzduchu z místnosti.

Jednotlivé části vzduchovodů budou spojeny pomocí přírub. Na základě normy ČSN 73 0872 bude potřeba do vzduchovodu umístit protipožární klapky. Budova je rozdělena na tzv. požární úseky. Přes tyto úseky budou vzduchovody vedeny a proto v místě přechodu, přes jednotlivé požární úseky, bude třeba do vzduchovodu umístit protipožární klapky, které slouží k zabránění šíření požáru přes vzduchovody do dalších místností [5].

Při dimenzování vzduchovodů budu vzduchovody navrhovat pomocí metody celkových tlaku. Tato metoda spočívá v tom, že rychlost proudu vzduchu se směrem k ventilátorů bude zvyšovat.

Při návrhu sítí vzduchovodů se postupuje v následujících krocích:

- volba typu vzduchovodů ( kruhové, čtyřhranné)
- návrh vedení tras jednotlivých větví
- dimenzování úseků – stanovení průřezů a tlakových ztrát
- stanovení dopravního tlaku ventilátoru
- návrh tepelné izolace
- dimenzování tlumičů hluku

Při výpočtu metodou celkových tlaků se postupuje tak, že se daná potrubní síť rozdělí na jednotlivé úseky, které se ve schématu označí pořadovými čísly. Má-li potrubí část sací a výtlačnou řeší se každá část zvlášť. Na základě odhadu nebo výpočtem se stanoví hlavní větev – magistála. Výpočet potrubí začnu volbou rychlosti v hlavní větvi do  $12 \text{ m.s}^{-1}$ . Výchozí podmínkou je, že tlakové ztráty v uzlech sítě jsou pro příslušné větve stejné [5].

### 6.3.1 Návrh a dimenzování příváděcích vzduchovodů

Pro přívod vzduchu volím čtyřhranné vzduchovody s pozinkovaného plechu se standardní drsností  $\varepsilon = 0,15$  mm a průtok standardního vzduchu o hustotě  $\rho = 1,2$  kg.m<sup>-3</sup>.

Při návrhu vzduchovodů budu postupovat podle metody celkových tlaků, dle [5].  
Výchozí aerodynamickou podmínkou proudění v potrubní síti je, že tlakové ztráty v uzlech sítě, tj. v odbočkách jsou pro příslušné větve stejné. Pro uzly na obrázku 6.7 musí pro tlakové ztráty platit:

- Uzel A:  $\Delta p_{Z2} \leq \Delta p_{Z1}$
- Uzel B:  $\Delta p_{Z4} \leq \Delta p_{Z1} + \Delta p_{Z3}$
- Uzel C:  $\Delta p_{Z6} \leq \Delta p_{Z1} + \Delta p_{Z3} + \Delta p_{Z5}$
- atd.

Postup určení tlakových ztrát je následující:

- určení rychlosti v potrubí – při určení rychlosti v jednotlivých větvích potrubí vyjde z požadovaného objemového toku a navrženého průřezu vzduchovodů:

$$w_i = \frac{V_i}{S_i} \quad [\text{m.s}^{-1}] \quad (6.6)$$

kde  $V_i$  je objemový tok vzduchu v daném úseku  
 $S_i$  je průřez vzduchovodů v daném úseku

Pro průřez vzduchovodů  $S_i$  dále platí:

$$S_i = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \Rightarrow d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot S_i}{\pi}} \quad [\text{m}] \quad (6.7)$$

Jelikož jsou zvolil čtyřhranné vzduchovody musím si určit ekvivalentní průměr:

$$d_{ekv} = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b} \quad [\text{m}] \quad (6.8)$$

kde  $a$  je šířka vzduchovodů,  $b$  je výškový rozměr vzduchovodů

- určení takového spádu  $R$  ( pro  $\varepsilon = 0,15$  mm ) platí:

$$R = 0,01218 \cdot w^{1,875} \cdot d_{ekv}^{-1,235} \quad [\text{Pa.m}^{-1}] \quad (6.9)$$

kde  $w$  je rychlost v potrubí,  $d_{ekv}$  je ekvivalentní průměr

- Celková ztráta úseku:

$$\Delta p_z = \Delta p_{z_t} + \Delta p_{z_m} \quad [\text{Pa}] \quad (6.10)$$

kde  $\Delta p_{z_t}$  je tlaková ztráta třením,  $\Delta p_{z_m}$  je tlaková ztráta místními odpory

- Pro tlakovou ztrátu třením platí:

$$\Delta p_{z_t} = R \cdot l \quad [\text{Pa}] \quad (6.11)$$

- Pro místní tlakovou ztrátu platí:

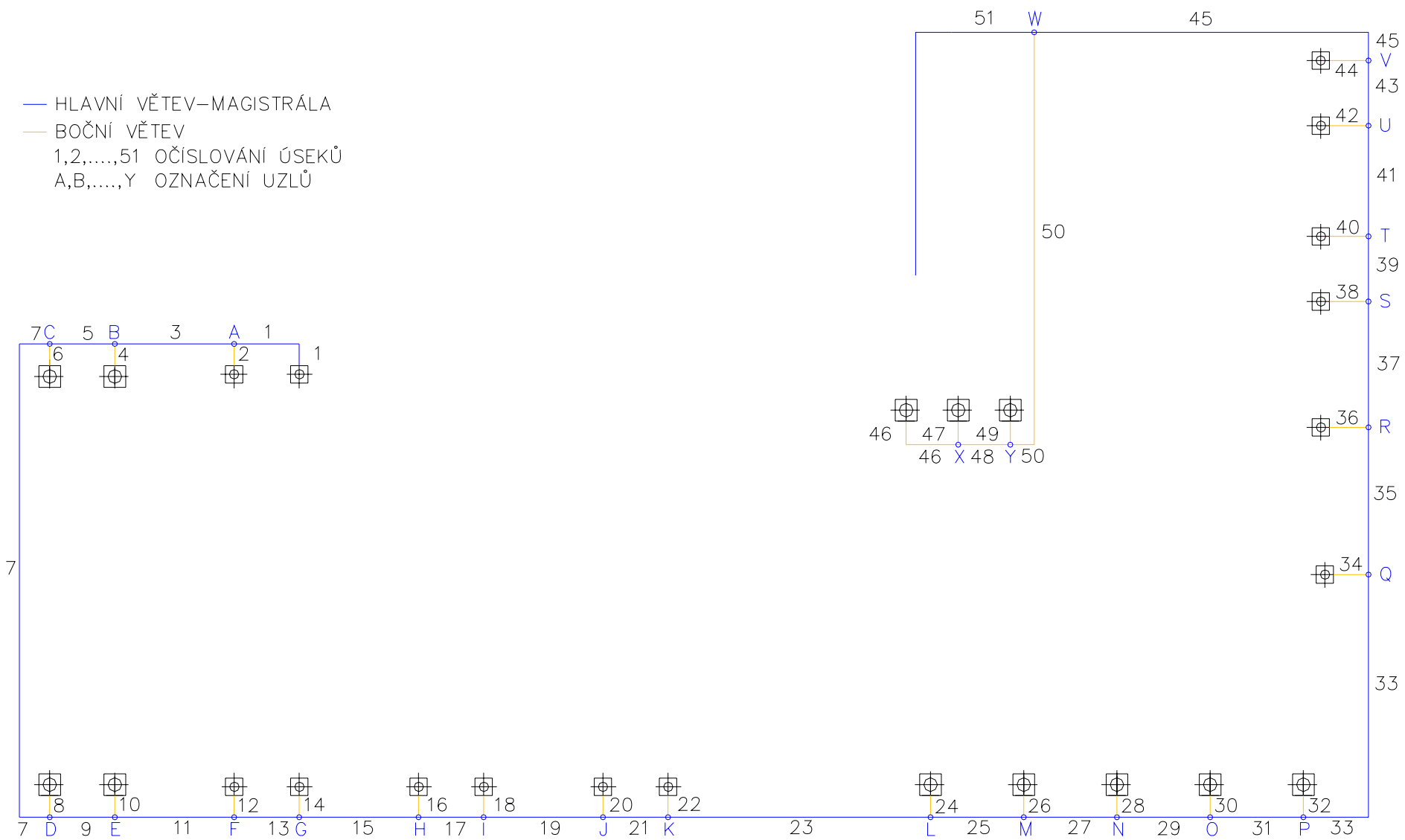
$$\Delta p_{z_m} = \Sigma \xi \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad [\text{Pa}] \quad (6.12)$$

kde  $\xi$  je součinitel místních odporů určeno dle [14],  $\rho$  je hustota vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

Schéma jednotlivých úseků přívodního potrubí s označením úseku a uzlů je na obr.6.7.

Místnost 207 je strojovna, což je dle normy samostatný požární úsek. Z tohoto důvodu bude zapotřebí do přívodního potrubí instalovat protipožární klapky, které slouží k zamezení šíření požáru do okolního prostředí přes vzduchovody. Při výpočtu byla do celkového součinitele místní ztráty v úseku číslo 50 a 51 započítána i hodnota součinitele místní ztráty protipožární klapky.

Návrh a výpočet příváděcího potrubí je v tabulce 6.7.



Obr.6.7: Návrh přívaděcího potrubí s očíslováním jednotlivých úseků a označením uzlových bodů

Tab.6.7: Návrh, výpočet a dimenzování priváděcího potrubí

Číslo úseků	Objemový tok v daném úseku $V_i$		Délka úseků $L$	Navržený rozměr		Skutečné hodnoty			Ztráta třením			Místní ztráty		Tlaková ztráta vyústky [Pa]	Celková tlaková ztráta [Pa]
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /s]		šířka [mm]	výška [mm]	$S_i$ [m <sup>2</sup> ]	$d_{ekv}$ [m]	$w_i$ [m/s]	$R$ [Pa/m]	$l$ [m]	$\Delta p_{zt}$ [Pa]	$\sum \xi$	$\Delta p_{zm}$ [Pa]		
			[m]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[m]	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	302	0,08	2	200	225	0,045	0,212	1,86	0,27	2	0,53	0,200	0,42	30	30,95
2	302	0,08	0,9	225	225	0,051	0,225	1,66	0,20	0,9	0,18	0,450	0,74	30	30,92
3	604	0,17	2,75	315	280	0,088	0,296	1,90	0,18	2,75	0,50	0,054	0,12		0,62
4	360	0,10	0,9	225	250	0,056	0,237	1,78	0,21	0,9	0,19	3,560	6,76	24	30,95
5	964	0,27	1,5	400	315	0,126	0,352	2,13	0,18	1,5	0,27	0,053	0,14		0,42
6	360	0,10	0,9	225	250	0,056	0,237	1,78	0,21	0,9	0,19	3,050	5,79	24	29,98
7	1324	0,37	12,3	500	315	0,158	0,387	2,34	0,19	12,3	2,38	0,220	0,72		3,10
8	362	0,10	0,7	200	225	0,045	0,212	2,24	0,37	0,7	0,26	2,550	7,66	25	32,92
9	1687	0,47	1,5	560	355	0,199	0,435	2,36	0,17	1,5	0,26	0,052	0,17		0,43
10	362	0,10	0,7	200	225	0,045	0,212	2,24	0,37	0,7	0,26	2,750	8,26	25	33,52
11	2049	0,57	2,75	560	400	0,224	0,467	2,54	0,18	2,75	0,49	0,050	0,19		0,69
12	292	0,08	0,7	200	225	0,045	0,212	1,80	0,25	0,7	0,17	3,050	5,93	28	34,11
13	2341	0,65	1,5	630	400	0,252	0,489	2,58	0,17	1,5	0,26	0,050	0,20		0,46
14	292	0,08	0,65	200	225	0,045	0,212	1,80	0,25	0,65	0,16	3,250	6,32	28	34,48
15	2633	0,73	2,75	710	400	0,284	0,512	2,58	0,16	2,75	0,45	0,053	0,21		0,66
16	292	0,08	0,55	200	225	0,045	0,212	1,80	0,25	0,55	0,14	3,550	6,91	28	35,04
17	2924	0,81	1,5	710	400	0,284	0,512	2,86	0,20	1,5	0,30	0,003	0,01		0,31
18	292	0,08	0,55	200	225	0,045	0,212	1,80	0,25	0,55	0,14	4,050	7,88	28	36,01
19	3216	0,89	2,75	710	400	0,284	0,512	3,15	0,24	2,75	0,66	0,003	0,01		0,67
20	299	0,08	0,55	200	225	0,045	0,212	1,85	0,26	0,55	0,14	4,050	8,29	29	37,44
21	3515	0,98	1,5	710	400	0,284	0,512	3,44	0,28	1,5	0,42	0,002	0,01		0,44
22	299	0,08	0,55	200	225	0,045	0,212	1,85	0,26	0,55	0,14	4,440	9,09	29	38,24
23	3815	1,06	6,05	710	400	0,284	0,512	3,73	0,33	6,05	1,99	0,002	0,02		2,01
24	341	0,09	0,55	200	225	0,045	0,212	2,11	0,33	0,55	0,18	5,750	15,31	23	38,49

Tab.6.7 – Pokračování

25	4156	1,15	2,15	710	400	0,284	0,512	4,06	0,39	2,15	0,83	0,002	0,02		0,85
26	341	0,09	0,55	200	225	0,045	0,212	2,11	0,33	0,55	0,18	6,550	17,44	23	40,62
27	4497	1,25	2,15	710	400	0,284	0,512	4,40	0,45	2,15	0,96	0,002	0,02		0,98
28	341	0,09	0,55	200	225	0,045	0,212	2,11	0,33	0,55	0,18	6,550	17,44	23	40,62
29	4838	1,34	2,15	710	400	0,284	0,512	4,73	0,51	2,15	1,10	0,002	0,02		1,12
30	341	0,09	0,55	200	225	0,045	0,212	2,11	0,33	0,55	0,18	7,050	18,77	23	41,95
31	5180	1,44	2,15	710	400	0,284	0,512	5,07	0,58	2,15	1,26	0,001	0,02		1,27
32	341	0,09	0,55	200	225	0,045	0,212	2,11	0,33	0,55	0,18	7,250	19,30	23	42,49
33	5521	1,53	7,09	710	400	0,284	0,512	5,40	0,66	7,09	4,67	0,209	3,66		8,33
34	300	0,08	0,55	200	225	0,045	0,212	1,85	0,26	0,55	0,14	10,050	20,68	30	50,83
35	5821	1,62	3,39	710	400	0,284	0,512	5,69	0,73	3,39	2,02	0,001	0,01		2,03
36	292	0,08	0,55	200	200	0,040	0,200	2,02	0,33	0,55	0,18	10,510	25,86	28	54,04
37	6113	1,70	2,9	710	400	0,284	0,512	5,98	0,80	2,9	2,31	0,001	0,01		2,32
38	273	0,08	0,55	180	200	0,036	0,189	2,11	0,39	0,55	0,21	11,010	29,39	25	54,60
39	6386	1,77	1,5	710	400	0,284	0,512	6,25	0,86	1,5	1,30	0,001	0,01		1,31
40	273	0,08	0,55	180	200	0,036	0,189	2,11	0,39	0,55	0,21	11,510	30,73	25	55,94
41	6659	1,85	2,55	710	400	0,284	0,512	6,51	0,94	2,55	2,38	0,001	0,02		2,40
42	292	0,08	0,55	180	200	0,036	0,189	2,25	0,43	0,55	0,24	10,610	32,24	28	60,48
43	6951	1,93	1,5	710	400	0,284	0,512	6,80	1,01	1,5	1,52	0,001	0,02		1,54
44	292	0,08	0,55	180	200	0,036	0,189	2,25	0,43	0,55	0,24	11,210	34,06	28	62,30
45	7243	2,01	8,35	710	400	0,284	0,512	7,08	1,09	8,35	9,14	0,200	6,03		15,17
46	402	0,11	1,4	180	200	0,036	0,189	3,10	0,79	1,4	1,11	1,02	5,90	30	37,01
47	402	0,11	0,2	250	200	0,05	0,222	2,23	0,35	0,2	0,07	2,15	6,43	30	36,50
48	804	0,22	1,2	280	250	0,07	0,264	3,19	0,56	1,2	0,67	0,05	0,31		0,98
49	402	0,11	0,2	280	250	0,07	0,264	1,60	0,15	0,2	0,03	5,05	7,71	30	37,74
50	1206	0,34	10,05	315	315	0,099	0,315	3,38	0,50	10,05	4,99	3,97	27,16		32,16
51	8449	2,35	9,77	800	400	0,32	0,533	7,33	1,11	9,77	10,84	0,86	27,72		38,57

### 6.3.2 Doregulování příváděcího potrubí vzduchovodů

V kapitole 6.3.1 byl proveden výpočet dimenzování vzduchovodů. Jelikož se pro navržené průřezy vzduchovodů nepodaří přesně sladit tlakové ztráty v jednotlivých úsecích je potřeba tyto úseky doregulovat tak, aby koncovými prvky proudily požadované objemové toky vzduchu.

Samotná regulace spočívá v tom, že se musí sjednotit tlak v bočních větvích s tlakem ve větvi hlavní. Jelikož jsou hodnoty rozdílů tlakových ztrát nízké postačí provést zaregulování pouze na výústce. V případě, že by rozdíl tlaků přesáhl přibližně 10 Pa bylo by nutné do daného úseku navrhnout regulační prvek – clonu, klapku, kterým by se tlak v dané větvi seškrtil na potřebnou hodnotu.

Doregulování jednotlivých bočních větví vzhledem k větvi hlavní je provedeno v tab.6.8.

Tab.6.8: Doregulování příváděcího potrubí

Uzel	Jednotlivé úseky hlavní větve	Regulované úseky bočních větví	Doregulování - rozdíl tlakových ztrát [Pa]
A	1	2	0,03
B	1,3	4	0,62
C	1,3,5	6	2,00
D	1,3,5,7	8	2,16
E	1,3,5,7,9	10	1,99
F	1,3,5,7,9,11	12	2,09
G	1,3,5,7,9,11,13	14	2,18
H	1,3,5,7,9,11,13,15	16	2,28
I	1,3,5,7,9,11,13,15,17	18	1,62
J	1,3,5,7,9,11,13,15,17,19	20	0,87
K	1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21	22	0,51
L	1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23	24	2,26
M	1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,25	26	0,98
N	1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,25,27	28	1,96
O	1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,25,27,29	30	1,76
P	1,3,5,7,9,11,13,....,19,21,23,25,27,29,31	32	2,50
Q	1,3,5,7,9,11,13,....,21,23,25,27,29,31,33	34	2,48
R	1,3,5,7,9,11,13,.....,23,25,27,29,31,33,35	36	1,30
S	1,3,5,7,9,11,13,.....,25,27,29,31,33,35,37	38	3,06
T	1,3,5,7,9,11,13,.....,27,29,31,33,35,37,39	40	3,04
U	1,3,5,7,9,11,13,.....,29,31,33,35,37,39,41	42	0,89
V	1,3,5,7,9,11,13,.....,31,33,35,37,39,41,43	44	0,61
X	46	47	0,5
Y	46,48	49	0,25
W	1,3,5,7,9,11,13,.....,33,35,37,39,41,43,45	50,48,46	8,01

V uzlu **W** mi vyšel tlakový rozdíl  $\Delta p_z = 8,01$  Pa. Jelikož v tomto úseku není možnost tento tlakový rozdíl doregulovat na vyústce bude zapotřebí do potrubí v úseku číslo 50 umístit regulační klapku. Při výpočtu tlakových byla do celkového součinitele místní ztráty v úseku číslo 50 započítána hodnota součinitele místní ztráty regulační klapky.

Typ a velikost regulační klapky pro úsek číslo 50 je proveden dle [13]:

- Rozdíl tlakových ztrát –  $\Delta p_z = 8,01$  Pa
- Rychlost proudění v daném úseku –  $w = 3,38$  m.s<sup>-1</sup>
- Volím typ - REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 315x315 TPM 009/00.56
- Přibližné nastavení úhlu listu regulační klapky –  $\alpha = 20^\circ$

Doregulování na požadovanou hodnotu se provede při konečném zaregulování celé potrubní sítě. Jelikož dojde v místnosti 207 ke křížení potrubí bude nutné v úseku číslo 50 provést odskok přívodního potrubí. Rovněž při výpočtu tlakových ztrát byl do celkového součinitele místní ztráty v úseku číslo 50 započítána hodnota součinitele místní ztráty tohoto odskoku.

Na základě celkové tlakové ztráty v hlavní větvi je potřeba navrhnout odpovídající ventilátorovou komoru potřebnou k dopravě vzduchu do jednotlivých místností v požadovaném množství objemových toků.

Celkovou ztrátu hlavní větve určím součtem tlakových ztrát úseků:

$$1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,25,27,29,31,33,35,37,39,41,43,45,51 = 117 \text{ Pa}$$

K této hodnotě bude potřeba připočíst tlakové ztráty jednotlivých komor klimatizační jednotky:

- volná komora koncová - zanedbatelná
- tlumící komora – 25 Pa
- ventilátorová komora průběžná ~ 140 Pa ( pro  $V_p = 8449$  m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> )

Podle celkové hodnoty  $\Delta p_{CK} = 282$  Pa provedu volbu ventilátorové komory na výtlačné straně. Návrh výtlačné ventilátorové komory je proveden v kapitole 7.

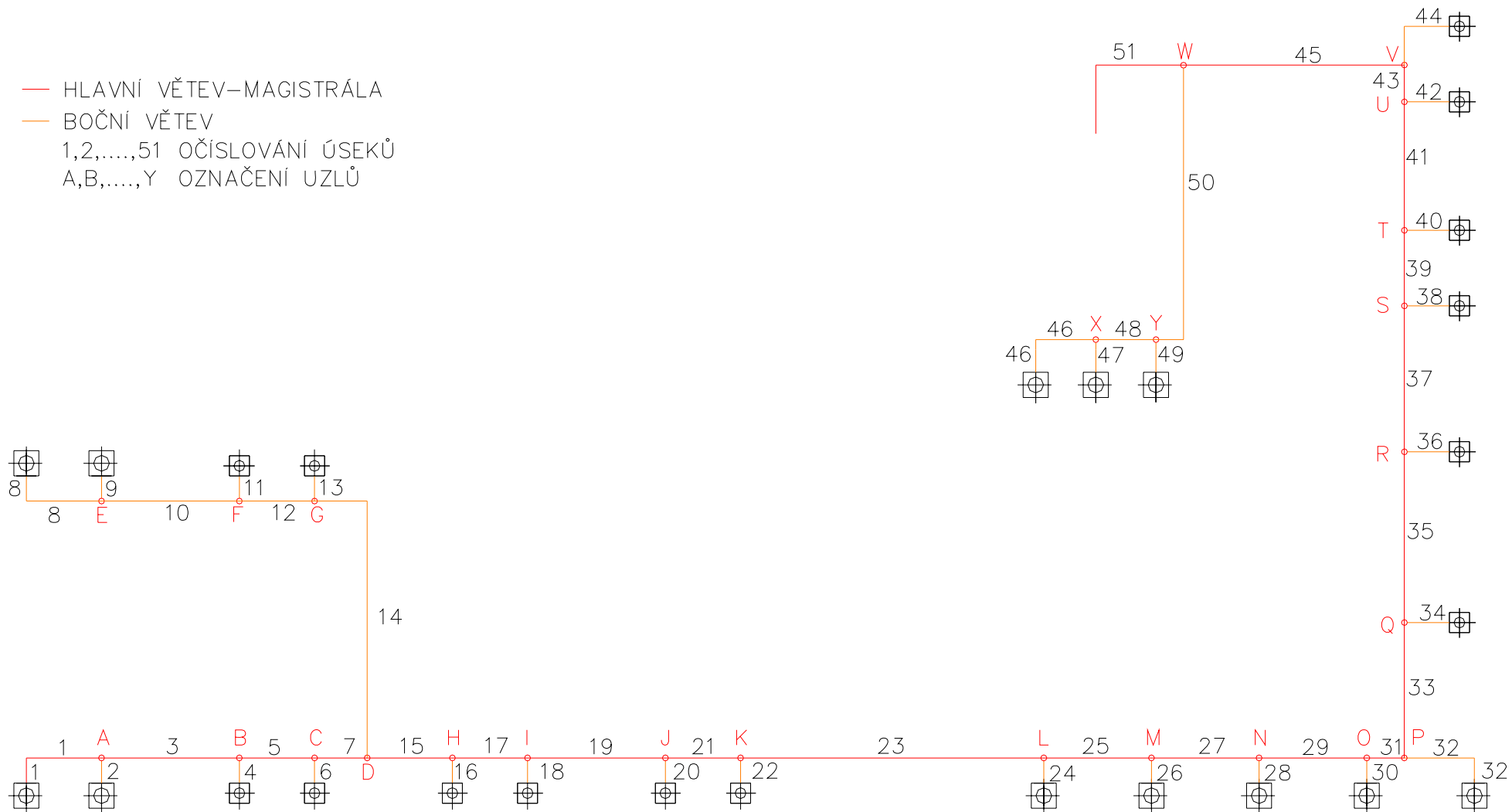
### **6.3.3 Návrh a dimenzování odváděcích vzduchovodů**

Pro odvod vzduchu volím taktéž čtyřhranné vzduchovody s pozinkovaného plechu se standardní drsností  $\varepsilon = 0,15$  mm a průtok standardního vzduchu o hustotě  $\rho = 1,2$  kg.m<sup>-3</sup>. Při návrhu vzduchovodů budu postupovat podle metody celkových tlaků stejným postupem jako při návrhu příváděcího potrubí ( kapitola 6.3.1 ).

Schéma jednotlivých úseků odvodního potrubí s označením úseku a uzlů je na obrázku 6.8.

Místnost 207 je strojovna, což je dle normy samostatný požární úsek. Z tohoto důvodu bude zapotřebí do odváděcího potrubí instalovat protipožární klapky, které slouží k zamezení šíření požáru do okolního prostředí přes vzduchovody. Při výpočtu byla do celkového součinitele místní ztráty v úseku číslo 50 a 51 započítána i hodnota součinitele místní ztráty protipožární klapky.

Návrh a výpočet odváděcího potrubí je v tabulce 6.9.



Obr.6.8: Návrh odváděcího potrubí s očíslováním jednotlivých úseků a označením uzlových bodů

Tab.6.9: Návrh, výpočet a dimenzování odváděcího potrubí

Číslo úseků	Objemový tok v daném úseku $V_i$		Délka úseků $L$	Navržený rozměr		Skutečné hodnoty			Ztráta třením			Místní ztráty		Tlaková ztráta vyústky	Celková tlaková ztráta
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /s]		[m]	šířka $a$	výška $b$	$S_i$	$d_{ekv}$	$w_i$	$R$	$l$	$\Delta p_{zt}$	$\sum \xi$		
			[m]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m/s]	[Pa/m]	[m]	[Pa]		[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	362	0,10	2,00	225	280	0,063	0,250	1,60	0,16	2,00	0,33	-0,25	-0,38	26	25,94
2	362	0,10	0,70	225	280	0,063	0,250	1,60	0,16	0,70	0,11	-0,40	-0,61	26	25,50
3	724	0,20	2,75	315	315	0,099	0,315	2,03	0,19	2,75	0,53	0,03	0,07		0,60
4	292	0,08	0,70	200	200	0,040	0,200	2,03	0,33	0,70	0,23	0,30	0,74	21	21,97
5	1016	0,28	1,50	400	315	0,126	0,352	2,24	0,20	1,50	0,30	0,07	0,21		0,51
6	292	0,08	0,70	200	200	0,040	0,200	2,03	0,33	0,70	0,23	0,31	0,76	21	22,00
7	1308	0,36	0,70	450	355	0,160	0,397	2,27	0,18	0,70	0,12	0,02	0,06		0,19
8	360	0,10	2,00	225	250	0,056	0,237	1,78	0,21	2,00	0,42	-0,25	-0,47	26	25,95
9	360	0,10	0,70	225	250	0,056	0,237	1,78	0,21	0,70	0,15	-0,40	-0,76	26	25,39
10	721	0,20	2,75	315	315	0,099	0,315	2,02	0,19	2,75	0,52	0,01	0,02		0,54
11	302	0,08	0,70	200	200	0,040	0,200	2,10	0,36	0,70	0,25	0,25	0,66	22	22,91
12	1022	0,28	1,50	355	355	0,126	0,355	2,25	0,20	1,50	0,30	0,01	0,03		0,33
13	302	0,08	0,70	200	200	0,040	0,200	2,10	0,36	0,70	0,25	0,26	0,69	22	22,94
14	1324	0,37	6,15	400	400	0,160	0,400	2,30	0,18	6,15	1,11	-0,30	-0,95		0,15
15	2632	0,73	2,00	710	400	0,284	0,512	2,57	0,16	2,00	0,33	0,30	1,19		1,52
16	292	0,08	0,70	200	200	0,040	0,200	2,03	0,33	0,70	0,23	-0,18	-0,44	21	20,79
17	2924	0,81	1,50	710	400	0,284	0,512	2,86	0,20	1,50	0,30	0,27	1,32		1,62
18	292	0,08	0,70	200	200	0,040	0,200	2,03	0,33	0,70	0,23	-0,28	-0,69	21	20,54
19	3216	0,89	2,75	710	400	0,284	0,512	3,15	0,24	2,75	0,66	0,27	1,60		2,26
20	299	0,08	0,70	200	200	0,040	0,200	2,08	0,35	0,70	0,25	-0,16	-0,41	22	21,83
21	3515	0,98	1,50	710	400	0,284	0,512	3,44	0,28	1,50	0,42	0,27	1,91		2,34
22	299	0,08	0,70	200	200	0,040	0,200	2,08	0,35	0,70	0,25	-0,46	-1,19	22	21,05
23	3814	1,06	6,05	710	400	0,284	0,512	3,73	0,33	6,05	1,99	0,27	2,25		4,24
24	341	0,09	0,70	200	200	0,040	0,200	2,37	0,45	0,70	0,31	-0,66	-2,22	25	23,09

Tab.5.9 – Pokračování

25	4155	1,15	2,15	710	400	0,284	0,512	4,06	0,39	2,15	0,83	0,27	2,68		3,51
26	341	0,09	0,70	200	200	0,040	0,200	2,37	0,45	0,70	0,31	-0,66	-2,22	25	23,09
27	4497	1,25	2,15	710	400	0,284	0,512	4,40	0,45	2,15	0,96	0,27	3,13		4,10
28	341	0,09	0,70	200	200	0,040	0,200	2,37	0,45	0,70	0,31	-0,66	-2,22	25	23,09
29	4838	1,34	2,15	710	400	0,284	0,512	4,73	0,51	2,15	1,10	0,27	3,63		4,73
30	341	0,09	0,70	200	200	0,040	0,200	2,37	0,45	0,70	0,31	-0,66	-2,22	25	23,09
31	5179	1,44	0,75	710	400	0,284	0,512	5,07	0,58	0,75	0,44	0,10	1,54		1,98
32	341	0,09	2,10	200	200	0,040	0,200	2,37	0,45	2,10	0,94	1,04	3,50	25	29,45
33	5520	1,53	2,60	710	400	0,284	0,512	5,40	0,66	2,60	1,71	0,28	4,90		6,61
34	300	0,08	0,55	200	200	0,040	0,200	2,08	0,35	0,55	0,19	-0,66	-1,72	22	20,47
35	5820	1,62	3,39	710	400	0,284	0,512	5,69	0,73	3,39	2,46	0,28	5,44		7,91
36	292	0,08	0,55	200	200	0,040	0,200	2,02	0,33	0,55	0,18	-0,66	-1,62	21	19,56
37	6112	1,70	2,90	710	400	0,284	0,512	5,98	0,80	2,90	2,31	0,29	6,22		8,53
38	273	0,08	0,55	200	200	0,040	0,200	1,90	0,30	0,55	0,16	-0,66	-1,43	18	16,74
39	6385	1,77	1,50	710	400	0,284	0,512	6,25	0,86	1,50	1,30	0,29	6,79		8,08
40	273	0,08	0,55	200	200	0,040	0,200	1,90	0,30	0,55	0,16	-0,66	-1,43	18	16,74
41	6659	1,85	2,50	710	400	0,284	0,512	6,51	0,94	2,50	2,34	0,29	7,38		9,72
42	292	0,08	0,55	200	200	0,040	0,200	2,03	0,33	0,55	0,18	-0,66	-1,62	21	19,56
43	6950	1,93	0,75	710	400	0,284	0,512	6,80	1,01	0,75	0,76	0,10	2,77		3,53
44	292	0,08	1,65	200	200	0,040	0,200	2,03	0,33	1,65	0,55	-0,46	-1,13	21	20,42
45	7242	2,01	4,40	710	400	0,284	0,512	7,08	1,09	4,40	4,82	0,29	8,73		13,55
46	402	0,11	1,40	250	250	0,063	0,250	1,79	0,20	1,40	0,28	0,85	1,63	34	35,91
47	402	0,11	0,20	250	250	0,063	0,250	1,79	0,20	0,20	0,04	0,58	1,11	34	35,15
48	804	0,22	1,20	250	250	0,063	0,250	3,57	0,74	1,20	0,88	0,40	3,07		3,95
49	402	0,11	0,20	200	200	0,040	0,200	2,79	0,61	0,20	0,12	0,91	4,26	34	38,38
50	1206	0,34	10,05	250	250	0,063	0,250	5,36	1,57	10,05	15,80	1,32	22,76		38,57
51	8448	2,35	9,77	800	400	0,320	0,533	7,33	1,11	9,77	10,84	0,95	30,66		41,50

### 6.3.4 Doregulování odváděcího potrubí vzduchovodů

V kapitole 6.3.3 byl proveden výpočet dimenzování vzduchovodů. Jelikož se pro navržené průřezy vzduchovodů nepodaří přesně sladit tlakové ztráty v jednotlivých úsecích je potřeba tyto úseky doregulovat tak, aby koncovými prvky proudily požadované objemové toky vzduchu. Samotná regulace spočívá v tom, že se musí sjednotit tlak v bočních větvích s tlakem ve větvi hlavní.

Doregulování jednotlivých bočních větví vzhledem k větvi hlavní je provedeno v tab.6.10.

Tab.6.10: Doregulování odváděcího potrubí

Označení uzlů	Jednotlivé úseky hlavní větve	Regulované úseky bočních větví	Doregulování - rozdíl tlakových ztrát $\Delta p_z$ [Pa]
A	1	2	0,44
B	1,3	4	4,57
C	1,3,5	6	5,06
D	1,3,5,7	14	0,26
E	8	9	0,56
F	8,10	11	3,59
G	8,10,12	13	3,89
H	1,3,5,7,15	16	7,97
I	1,3,5,7,9,11,13,15,17	18	9,84
J	1,3,5,7,9,11,13,15,17,19	20	10,81
K	1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21	22	13,93
L	1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23	24	16,14
M	1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,25	26	19,64
N	1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,25,27	28	23,74
O	1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,25,27,29	30	28,47
P	1,3,5,7,9,11,13,.....,19,21,23,25,27,29,31	32	24,09
Q	1,3,5,7,9,11,13,.....,21,23,25,27,29,31,33	34	39,67
R	1,3,5,7,9,11,13,.....,23,25,27,29,31,33,35	36	48,50
S	1,3,5,7,9,11,13,.....,25,27,29,31,33,35,37	38	59,85
T	1,3,5,7,9,11,13,.....,27,29,31,33,35,37,39	40	67,93
U	1,3,5,7,9,11,13,.....,29,31,33,35,37,39,41	42	74,83
V	1,3,5,7,9,11,13,.....,31,33,35,37,39,41,43	44	77,50
X	46	47	0,76
Y	46,48	49	1,48
W	1,3,5,7,9,11,13,.....,33,35,37,39,41,43,45	50	33,04

Z tabulky 6.10 je patrné, že v bočních větvích potrubí se nepodaří tlakovou ztrátu doregulovat pouze na vyústce. Nejprve jsem zkoušel navrhnout menší průřezy odváděcího potrubí v bočních větvích, ale i přes to mi vycházely velké tlakové rozdíly.

Z tohoto důvodu jsem zvolil všechny potrubí stejného průřezu s tím, že bude zapotřebí od uzlového bodu **J** do potrubí instalovat regulační klapky, kterými bude velký tlakový rozdíl alespoň přibližně dorovnán na potřebnou hodnotu a konečné doregulování se provede na vyústce. Při výpočtu byla do celkového součinitele místní ztráty pro jednotlivé boční větve započítána i hodnota pro regulační klapku.

Navržené typy regulačních klapek dle [13] je v tabulce 6.11.

Na základě celkové tlakové ztráty v hlavní větvi je potřeba navrhnout odpovídající ventilátorovou komoru potřebnou k odsání vzduchu z jednotlivých místností.

Celkovou ztrátu hlavní větve určím součtem tlakových ztrát úseků:

$$1,3,5,7,15,17,19,21,23,25,27,29,31,33,35,37,39,41,43,45,51 = 153 \text{ Pa}$$

K této hodnotě bude potřeba připočítat tlakové ztráty jednotlivých komor klimatizační jednotky:

- ventilátorová komora sací  $\sim 240 \text{ Pa}$  ( pro  $V_p = 8449 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  )

Podle celkové hodnoty  $\Delta p_{CK} = 393 \text{ Pa}$  provedu volbu ventilátorové komory na sací straně.

Návrh sací ventilátorové komory je proveden v kapitole 7.

Tab.6.11: Navržené typy regulačních klapek

Uzel	Umístění regulační klapky v úseku	Rozdíl tlakových ztrát $\Delta p_z$ [Pa]	Rychlost proudění v daném úseku $w$ [m.s <sup>-1</sup> ]	Navržený typ regulační klapky	Přibližné nastavení úhlu natočení listů regulační klapky $\alpha$ [°]
J	20	10,81	2,08	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	37
K	22	13,93	2,08	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	39
L	24	16,14	2,37	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	37
M	26	19,64	2,37	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	39
N	28	23,74	2,37	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	40
O	30	28,47	2,37	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	40
P	32	24,09	2,37	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	39
Q	34	39,67	2,08	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	45
R	36	48,50	2,02	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	50
S	38	59,85	1,90	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	55
T	40	67,93	1,90	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	58
U	42	74,83	2,03	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	55
V	44	77,50	2,03	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	58
W	50	33,04	5,36	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 250x250 TPM 009/00.56	25

## 7. NÁVRH KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKY

### 7.1 Návrh jednotlivých komor s popisem funkce

Při volbě klimatizační jednotky budu vycházet z psychrometrických výpočtu ( kapitola 5.1 - 5.2 ). Jednotlivé komory klimatizační jednotky budu volit dle firemních podkladů JANKA Radotín [9]. Klimatizační jednotka bude umístěná ve strojovně v místnosti 208 z ní bude pomocí vzduchovodu vzduch rozváděn do jednotlivých místností.

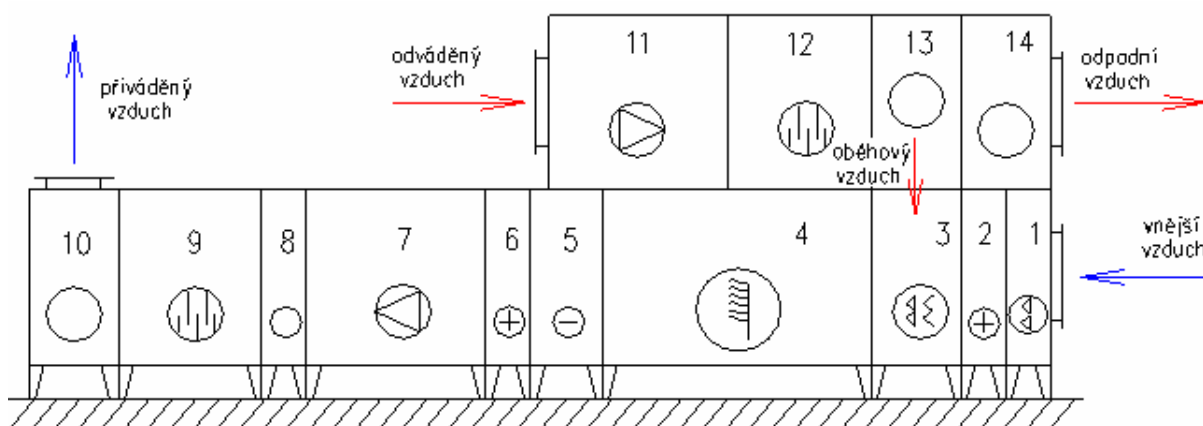
V mém případě budu volit vertikální provedení čili proudy vzduchu budou nad sebou ( obrázek 7.1 ), na němž je zobrazeno předběžné rozmístění komor klimatizační jednotky.

Při volbě budu vycházet z celkového objemového průtoku ( rovnice 5.4 ):

$$V_p = 2,347 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow V_p = 8449 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Dle [9] pro objemový průtok  $V_p = 8449 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  jsem zvolil klimatizační jednotku s označením KLM 10, která je použitelná pro objemové toky 3500 - 10000  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

Klimatizační jednotka KLM 10 má čelní rozměry 1000 x 1000 mm. Na obrázku 7.1 je zobrazen návrh sestavení zvolené klimatizační jednotky.



Obr.7.1: Návrh sestavení zvolené klimatizační jednotky

Při volbě jednotlivých komponent klimatizační jednotky se budu odvolávat na označení z obrázku 7.1.

**1 – Filtrační komora** - slouží k filtraci čerstvého vzduchu

- volím typ filtrační komory kazetová: **KLM / F KZ 10 PK127449 . EU4 . L**
- hmotnost komory ( bez filtru ) 43 kg, délka komory 250 mm

**2 – Ohřívací komora** - slouží k přehřevu čerstvého venkovního vzduchu při zimním provozu

Volbu ohřivací komory provedu dle požadovaného výkonu předehřivače  $Q_{p\check{r}} = 27,55 \text{ kW}$  ( rovnice 5.13 ) a množství čerstvého venkovního vzduchu přiváděného do klimatizačního prostoru  $m_e = 0,967 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1} = 2901 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  ( rovnice 4.2 ).

V průmyslovém objektu je k dispozici teplá voda o teplotním spádu 80/60 °C

- volím vodní ohřev, typ ohřivací komory: **KLM / O . V 10 PK127449 . L . I**
- parametry pro vstup: - typ výměníku I  
- teplotní spád 80/60 °C  
- vstupní teplota vzduchu - 15 °C  
- množství vzduchu  $V_e = 2901 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$
- parametry pro výstup: - tepelný výkon  $Q = 27 \text{ kW}$   
- množství vody  $m_w = 1,2 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$   
- výstupní teplota vzduchu 11 °C
- hmotnost komory 48 kg, délka komory 250 mm

**3 – Směšovací komora** - slouží k míšení čerstvého venkovního vzduchu se vzduchem cirkulačním (oběhovým)

- volím typ směšovací komory: **KLM / SM . KZ 10 PK 127449 . – S – EU5 . L**
- umístění klapky vně komory
- hmotnost komory bez filtru 84 kg, délka komory 500 mm

**4 – Zvlhčovací komora** - slouží k úpravě vlhkosti vzduchu, který bude přiveden do klimatizovaného prostoru

- volím parní komoru zvlhčovací typ: **KLM / ZV . P 10 PK127449 . L**
- hmotnost komory 116 kg, délka komory 1500 mm

**5 – Chladicí komora** - slouží k ochlazení vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru při letním provozu

Volbu chladicí komory provedu dle požadovaného výkonu chladiče  $Q_{CH} = - 39,6 \text{ kW}$  ( rovnice 5.8 ) a množství vzduchu  $V_p = 8449 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  ( rovnice 5.4 ).

V průmyslovém objektu je k dispozici studená voda o teplotním spádu 6/12 °C

- volím vodní chlazení bez eliminátoru
- typ chladicí komory: **KLM / CH . V 10 PK127449 . L . III**
- parametry pro vstup: - typ výměníku III  
- teplotní spád 6/12 °C  
- vstupní teplota vzduchu 32 °C  
- množství vzduchu  $V_p = 8449 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$
- parametry pro výstup: - chladicí výkon  $Q = 57,2 \text{ kW}$   
- množství vody  $m_w = 8,2 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$   
- výstupní teplota vzduchu 16 °C
- hmotnost komory 72 kg, délka komory 300 mm

**6 – Ohřívací komora** - slouží k ohřevu vzduchu přiváděného do klimatizovaného prostoru při zimním provozu

Volbu ohřívací komory provedu dle požadovaného výkonu dohříváče  $Q_{DO} = 18,87 \text{ kW}$  ( rovnice 5.14 ) a množství vzduchu  $V_p = 8449 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  ( rovnice 5.4 ).

- volím vodní ohřev, typ ohřívací komory: **KLM / O . V 10 PK127449 . L. I**
- parametry pro vstup: - typ výměníku I  
- teplotní spád 80/60 °C  
- teplota vzduchu po smíšení s předehřátým vzduchem 15 °C  
- množství vzduchu  $V_p = 8449 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- parametry pro výstup: - tepelný výkon  $Q = 24,2 \text{ kW}$   
- množství vody  $m_w = 1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$   
- výstupní teplota vzduchu 23 °C
- hmotnost komory 48 kg, délka komory 250 mm

**.7 – Ventilátorová komora průběžná** - slouží k dopravě vzduchu v klimatizační jednotce

- volím ventilátorová charakteristika - nízkotlaká,  $\varnothing$ kola = 355 mm,  $z = 42$
- celková tlaková ztráta  $\Delta p_{CK} = 282 \text{ Pa}$  ( kap.6.3.2 ), volím typ ventilátorové komory: **KLM / VN . PR 10 PK127449 . S – S / L / 355 – 4AP 90L - 4 (1,5 kW)**
- hmotnost komory 123 kg (bez elektromotoru), délka komory 1000 mm

**8 – Volná komora průběžná** – umísťuje se za ventilátorovou komorou průběžnou k umístění difuzoru, pro lepší rozptýlení proudu vzduchu

- volím typ komory: **KLM / VO . PR 10 PK127449 . 025 - L**
- hmotnost komory 32 kg, délka komory 250 mm

**9 – Tlumicí komora** - slouží ke snížení hluku klimatizační jednotky

- volím Typ 1 - délka kulis 800 mm, typ tlumicí komory: **KLM / TL . 10 PK127449 . 08**
- hmotnost komory 101 kg, délka komory 800 mm

**10 – Volná komora koncová** - slouží k vývodu vzduchu do přiváděcího potrubí

- volím typ koncové komory: **KLM / VO . KN 10 PK127449 . H/S – L**
- hmotnost komory 61 kg, délka komory 500 mm

**11 – Ventilátorová komora sací** - slouží k dopravě vzduchu v klimatizační jednotce a následně v připojeném potrubí

- volím ventilátorová charakteristika - nízkotlaká,  $\varnothing$ kola = 355 mm,  $z = 42$
- celková tlaková ztráta  $\Delta p_{CK} = 393 \text{ Pa}$  ( kap.6.3.4 ), volím typ ventilátorové komory: **KLM / VN SC 10 PK127449 . S – S / L / 355 – 7AA 112M06 (2,2kW)**
- hmotnost komory 123 kg (bez elektromotoru), délka komory 1000 mm

**12 – Tlumicí komora** - slouží ke snížení hluku klimatizační jednotky

- volím Typ 1 - délka kulis 800 mm, typ tlumicí komory: **KLM / TL. 10 PK127449. 08**
- hmotnost komory 101 kg, délka komory 800 mm

**13 – Volná komora průběžná** - umístěna nad směšovací komorou k rozdělení proudu vzduchu na cirkulační a vzduch vyfukovaný z jednotky

- volím typ volné komory: **KLM / VO . PR 10PK127449 . S/D – 050 – L**
- hmotnost komory 44 kg, délka komory 500 mm

**14 – Volná komora koncová** - slouží k odvodu znehodnoceného vzduchu z klimatizační jednotky

- volím typ koncové komory: **KLM / VO . KN 10 PK127449 . S – L**
- hmotnost komory 61 kg, délka komory 500 mm

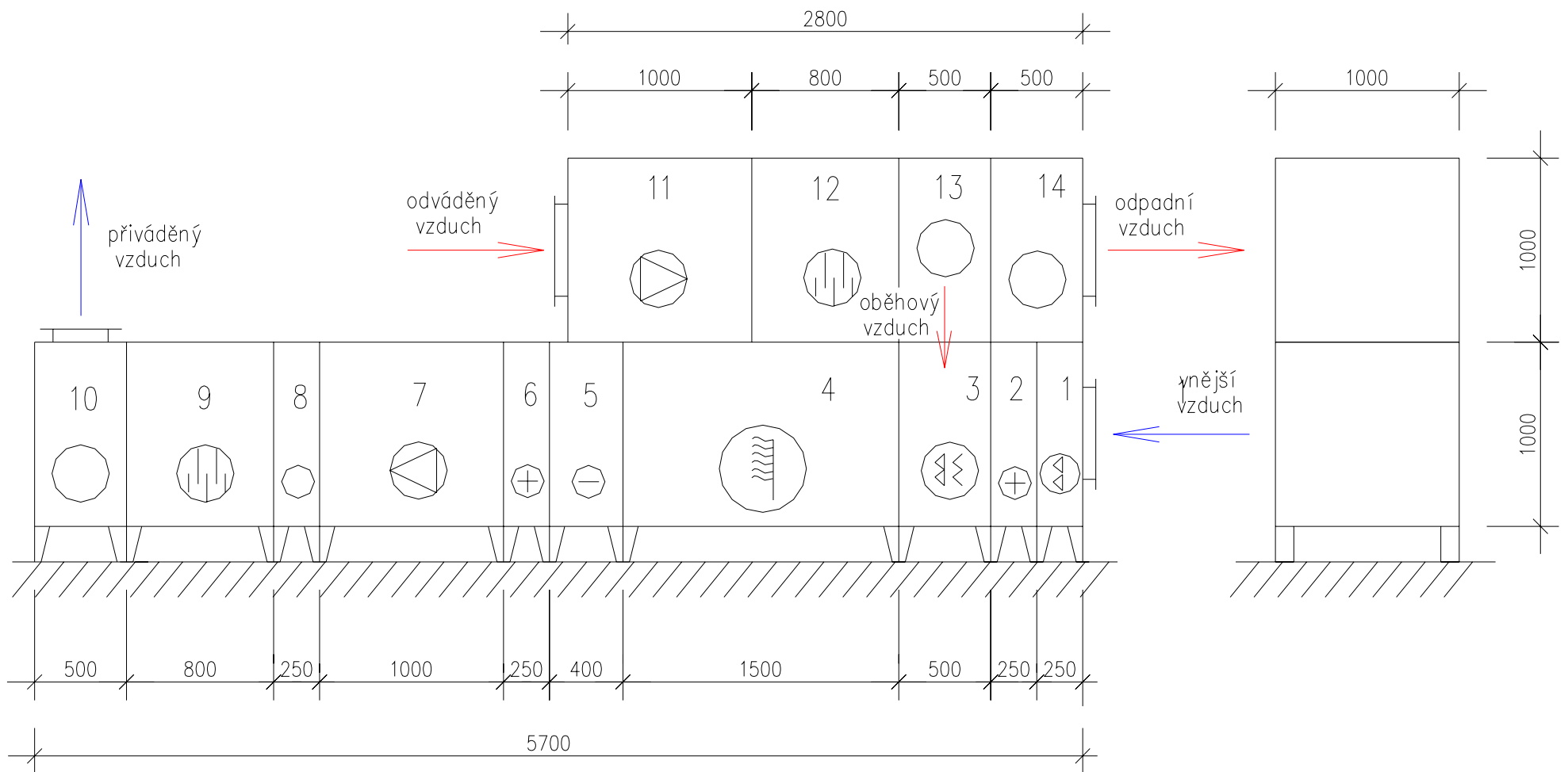
V tabulce 7.1 je proveden přehled zvolených komponent klimatizační jednotky KLM 10 s uvedením tlakových ztrát jednotlivých komponent a jejich hmotnosti.

Tab.7.1: Složení klimatizační jednotky

Číslo komory	Typ komory	Označení dle výrobce	Hmotnost komory	Tlaková ztráta
			[kg]	[Pa]
1	Filtrační	KLM / F KZ 10 PK127449 . EU4 . L	43	90
2	Ohřívací	KLM / O . V 10 PK127449 . L . I	48	8
3	Směšovací	KLM / SM . KZ 10 PK 127449 . – S – EU5 . L	84	250
4	Zvlhčovací	KLM / ZV . P 10 PK127449 . L	116	-
5	Chladicí	KLM / CH . V 10 PK127449 . L. III	72	210
6	Ohřívací	KLM / O . V 10 PK127449 . L. I	48	45
7	Ventilátorová průběžná	KLM / VN . PR 10 PK127449 . S – S / L / 355 – 4AP 90L - 4	123	140
8	Volná (difuzorová)	KLM / VO . PR 10 PK127449 . 025 - L	32	-
9	Tlumicí	KLM / TL . 10 PK127449 . 08	101	21
10	Volná koncová	KLM / VO . KN 10 PK127449 . H/S – L	61	-
11	Ventilátorová sací	KLM / VN SC 10 PK127449 . S – S / L / 355 – 7AA 112M06	123	240
12	Tlumicí	KLM / TL . 10 PK127449 . 08	101	21
13	Volná průběžná	KLM / VO . PR 10PK127449 . S/D – 050 – L	44	-
14	Volná koncová	KLM / VO . KN 10 PK127449 . S – L	61	-

Celková hmotnost jednotky je 1057 kg.

Na obrázku 7.2 je zobrazen pohled na navrženou klimatizační jednotku KLM 10 se zakótováním rozměrů.



Obr.7.2: Rozměry navržené klimatizační jednotky KLM 10

## 7.2 Návrh větrání strojovny

Při návrhu větrání strojovny vycházím z doporučené hodnoty násobnosti výměny vzduchu ve strojovně a vnitřních rozměrů místnosti. Vzduch je odtahován ventilátorem do atmosféry. Větrání je zajištěno prostřednictvím axiálního ventilátoru., který je umístěn v obvodové zdi strojovny pod stropem ve výšce 3m od podlahy. Vzduch potřebný k větrání je nasáván z chodby přes instalované mřížky ve vstupních dveřích do strojovny.

Doporučená násobnost výměny vzduchu ve strojovně  $n_V = 2 \text{ h}^{-1}$ .

### Stanovení množství větracího vzduchu

$$V_V = V_S \cdot n_V \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (7.1)$$

kde  $V_S$  je objem strojovny  $[\text{m}^3]$   
 $n_V$  je násobnost výměny vzduchu -  $n_V = 2 \text{ h}^{-1}$

$$V_S = \check{s}_S \cdot d_S \cdot v_S \quad [\text{m}^3] \quad (7.2)$$

kde  $\check{s}_S$  - šířka strojovny,  $d_S$  - délka strojovny,  $v_S$  - výška strojovny  $[\text{m}]$

$$V_S = \check{s}_S \cdot d_S \cdot v_S = 4,5 \cdot 6,62 \cdot 3,3 = \underline{98,3 \text{ m}^3}$$

$$V_V = V_S \cdot n_V = 98,3 \cdot 2 = \underline{196,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}}$$

Dle této hodnoty provedu volbu axiálního ventilátorů. Ventilátor volím dle katalogu [13]. Volím malý axiální ventilátor typ **TDM 300 IP44**. Tento typ zajišťuje při nulovém tlakovém rozdílu průtok vzduchu  $270 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

## 7.3 Rozpis použitých materiálů

### 7.3.1 Rozpis použitých částí přívaděcího potrubí

Rozpis materiálů částí přívaděcího potrubí je uveden v tabulce 7.2. Jednotlivé pozice odpovídají pozicím na výkrese F 3.4 – 01 – 2.

Tab.7.2: Rozpis materiálu přívaděcího potrubí

Pozice	Popis	Označení dle výrobce PROCLIMA	Ks
		Název tvaru – Ax B/L	
1.01	Flexo-přímá trouba	Flexo - Semiflex 200 mm	
1.02	Přechod na spiro	Přechod 2 - 200x225 - $\varnothing$ 200/355	1
1.03	Oblouk	Oblouk 200x225/90°	1
1.04	Přímá trouba	Trouba 200x225/1088	1
1.05	Přechod na spiro	Přechod 2 - 200x225 - $\varnothing$ 200/355	1
1.06	Odbočka	Odbočka 3 = 200x225 - 200x225 + 225x225/425	1
1.07	Symetrický přechod	Přechod 1 - 315x280 - 200x225/315	1

Tab.7.2 – Pokračování

1.08	Přímá trouba	Trouba 315x280/2000	1
1.09	Přechod na spiro	Přechod 2 - 225x250 - $\varnothing$ 200/355	2
1.10	Odbočka	Odbočka 3 = 315x280 - 315x280 + 225x250/425	1
1.11	Symetrický přechod	Přechod 1 - 400x315 - 315x250/315	1
1.12	Přímá trouba	Trouba 400x315/110	1
1.13	Přímá trouba	Trouba 400x315/500	1
1.14	Přímá trouba	Trouba 400x315/160	1
1.15	Odbočka	Odbočka 3 = 400x315 - 400x315 + 225x250/425	1
1.16	Stranový přechod	Přechod 4 - 500x315 - 400x315/400	1
1.17	Oblouk	Oblouk 500x315/90°	2
1.18	Přímá trouba	Trouba 500x315/2000	5
1.19	Přímá trouba	Trouba 500x315/900	1
1.20	Přímá trouba	Trouba 500x315/412	1
1.21	Přechod na spiro	Přechod 2 - 200x225 - $\varnothing$ 200/250	1
1.22	Odbočka	Odbočka 3 = 500x315 - 500x315 + 200x225/400	1
1.23	Symetrický přechod	Přechod 1 - 560x355 - 500x315/400	1
1.24	Přímá trouba	Trouba 560x355/500	1
1.25	Přímá trouba	Trouba 560x355/200	1
1.26	Přechod na spiro	Přechod 2 - 200x225 - $\varnothing$ 200/225	13
1.27	Odbočka	Odbočka 3 = 560x355 - 560x355 + 200x225/400	1
1.28	Symetrický přechod	Přechod 1 - 560x400 - 560x355/250	1
1.29	Přímá trouba	Trouba 560x400/1000	2
1.30	Přímá trouba	Trouba 560x400/100	1
1.31	Stranový přechod	Přechod 4 - 630x400 - 560x400/400	1
1.32	Přímá trouba	Trouba 630x400/500	1
1.33	Přímá trouba	Trouba 630x400/200	1
1.34	Odbočka	Odbočka 3 = 630x400 - 630x400 + 200x225/400	1
1.35	Stranový přechod	Přechod 4 - 710x400 - 630x400/400	1
1.36	Přímá trouba	Trouba 710x400/450	2
1.37	Přímá trouba	Trouba 710x400/500	6
1.38	Přímá trouba	Trouba 710x400/1000	4
1.39	Odbočka	Odbočka 3 = 710x400 - 710x400 + 200x225/400	10
1.40	Přímá trouba	Trouba 710x400/200	3
1.41	Přímá trouba	Trouba 710x400/900	4
1.42	Přímá trouba	Trouba 710x400/1250	5
1.43	Přímá trouba	Trouba 710x400/2000	9
1.44	Přímá trouba	Trouba 710x400/400	2
1.45	Oblouk	Oblouk 710x400/90°	2
1.46	Přechod na spiro	Přechod 2 - 200x200 - $\varnothing$ 200/225	1
1.47	Odbočka	Odbočka 3 = 710x400 - 710x400 + 200x200/400	1

Tab.7.2 – Pokračování

1.48	Přechod na spiro	Přechod 2 - 180x200 - $\varnothing$ 200/225	4
1.49	Odbočka	Odbočka 3 = 710x400 - 710x400 + 180x200/380	4
1.50	Přímá trouba	Trouba 710x400/1120	2
1.51	Přímá trouba	Trouba 710x400/560	1
1.52	Přímá trouba	Trouba 710x400/1600	1
1.53	Přímá trouba	Trouba 710x400/807	1
1.54	Přechod na spiro	Přechod 2 - 180x200 - $\varnothing$ 200/200	1
1.55	Oblouk	Oblouk 180x200/90°	1
1.56	Přímá trouba	Trouba 180x200/140	1
1.57	Přímá trouba	Trouba 180x200/200	1
1.58	Přímá trouba	Trouba 180x200/500	1
1.59	Přechod na spiro	Přechod 2 - 250x200 - $\varnothing$ 200/200	1
1.60	Odbočka	Odbočka 3 = 180x200 - 180x200 + 250x200/400	1
1.61	Symetrický přechod	Přechod 1 - 280x250 - 180x200/315	1
1.62	Přímá trouba	Trouba 280x250/110	1
1.63	Přímá trouba	Trouba 280x250/400	1
1.64	Přechod na spiro	Přechod 2 - 280x250 - $\varnothing$ 200/180	1
1.65	Odbočka	Odbočka 3 = 280x250 - 280x250 + 280x250/400	1
1.66	Symetrický přechod	Přechod 1 - 315x315 - 280x250/315	1
1.67	Oblouk	Oblouk 315x315/90°	1
1.68	Přímá trouba	Trouba 315x315/900	2
1.69	Přímá trouba	Trouba 315x315/1120	1
1.70	Přímá trouba	Trouba 315x315/400	1
1.71	Přímá trouba	Trouba 315x315/560	1
1.72	Přímá trouba	Trouba 315x315/110	1
1.73	Přímá trouba	Trouba 315x315/2000	1
1.74	Přímá trouba	Trouba 315x315/710	1
1.75	Odskok	Odskok 315x315 - 550/940	2
1.76	Odskok	Trouba 315x315 - 167/280	1
1.77	Odbočka	Odbočka 3 = 710x400 - 710x400 + 315x315/615	1
1.78	Stranový přechod	Přechod 4 - 800x400 - 710x400/355	1
1.79	Přímá trouba	Trouba 800x400/1000	1
1.80	Oblouk	Oblouk 800x400/90°	1
1.81	Přímá trouba	Trouba 800x400/2000	1
1.82	Přímá trouba	Trouba 800x400/1800	1
1.83	Přímá trouba	Trouba 800x400/244	1
1.84	Oblouk	Oblouk 400x800/90°	1
1.85	Přímá trouba	Trouba 400x800/225	1
1.86	Přímá trouba	Trouba 400x800/1400	1
1.87	Přímá trouba	Trouba 400x400/340	1

Tab.7.2 – Pokračování

1.88	Odbočka	Odbočka 3 = 560x400 - 560x400 + 200x225/400	1
1.89	Protidešťová žaluzie	PŽA-P 400 x 400 TPJ 18-12-86	1
1.90	Symetrický přechod	Přechod 1 - 800x400 - 806x300/250	1
1.91	Regulační klapka - čtyřhranná	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 315x315 TPM 009/00.56	1
1.92	Protipožární klapka	POŽÁRNÍ KLAPKA PKTM-90/CZ 710x400 TPM 018/01.40	1
1.93	Protipožární klapka	POŽÁRNÍ KLAPKA PKTM-90/CZ 315x315 TPM 018/01.40	1

### 7.3.2 Rozpis použitých částí odváděcího potrubí

Rozpis materiálů částí odváděcího potrubí je uveden v tabulce 7.3. Jednotlivé pozice odpovídají pozicím na výkrese F 3.4 – 01 – 2.

Tab.7.3: Rozpis materiálu odváděcího potrubí

Pozice	Popis	Označení dle výrobce PROCLIMA	Ks
		Název tvaru – Ax B/L	
2.01	Flexo-přímá trouba	Flexo-Semiflex 200 mm	
2.02	Přechod na spiro	Přechod 2 - 225x280 - $\varnothing$ 200/250	2
2.03	Oblouk	Oblouk 225x280/90°	1
2.04	Přímá trouba	Trouba 225x280/560	1
2.05	Přímá trouba	Trouba 225x280/200	1
2.06	Přímá trouba	Trouba 225x280/315	1
2.07	Odbočka	Odbočka 3 = 225x280 - 225x280 + 225x280/425	1
2.08	Symetrický přechod	Přechod 1 - 315x315 - 225x280/315	1
2.09	Přímá trouba	Trouba 315x315/900	1
2.10	Přímá trouba	Trouba 315x315/1120	1
2.11	Přechod na spiro	Přechod 2 - 200x200 - $\varnothing$ 200/250	2
2.12	Odbočka	Odbočka 3 = 315x315 - 315x315 + 200x200/400	2
2.13	Stranový přechod	Přechod 4 - 400x315 - 315x315/355	1
2.14	Přímá trouba	Trouba 400x315/250	1
2.15	Přímá trouba	Trouba 400x315/500	1
2.16	Odbočka	Odbočka 3 = 400x315 - 400x315 + 200x200/400	1
2.17	Symetrický přechod	Přechod 1 - 315x315 - 225x280/315	1
2.18	Odbočka	Odbočka 3 = 450x400 - 450x400 + 400x400/700	1
2.19	Přechod na spiro	Přechod 2 - 225x250 - $\varnothing$ 200/200	2
2.20	Oblouk	Oblouk 225x250/90°	1
2.21	Přímá trouba	Trouba 225x250/100	1
2.22	Přímá trouba	Trouba 225x250/200	1
2.23	Přímá trouba	Trouba 225x250/225	1
2.24	Přímá trouba	Trouba 225x250/560	1
2.25	Odbočka	Odbočka 3 = 225x250 - 225x250 + 225x250/425	1

Tab.7.3 – Pokračování

2.26	Symetrický přechod	Přechod 1 - 315x315 - 225x250/250	1
2.27	Přímá trouba	Trouba 315x315/280	1
2.28	Přímá trouba	Trouba 315x315/1800	1
2.29	Přechod na spiro	Přechod 2 - 200x200 - $\varnothing$ 200/200	2
2.30	Symetrický přechod	Přechod 1 - 355x355 - 315x315/250	1
2.31	Přímá trouba	Trouba 355x355/450	1
2.32	Přímá trouba	Trouba 355x355/400	1
2.33	Odbočka	Odbočka 3 = 355x355 - 355x355 + 200x200/400	1
2.34	Symetrický přechod	Přechod 1 - 400x400 - 355x355/250	1
2.35	Přímá trouba	Trouba 400x400/200	1
2.36	Oblouk	Oblouk 400x400/90°	1
2.37	Přímá trouba	Trouba 400x400/400	1
2.38	Přímá trouba	Trouba 400x400/450	1
2.39	Přímá trouba	Trouba 400x400/1120	1
2.40	Přímá trouba	Trouba 400x400/2000	1
2.41	Stranový přechod	Přechod 4 - 560x400 - 450x400/400	1
2.42	Přímá trouba	Trouba 560x400/200	1
2.43	Stranový přechod	Přechod 4 - 710x400 - 560x400/400	1
2.44	Přímá trouba	Trouba 710x400/250	1
2.45	Přechod na spiro	Přechod 2 - 200x200 - $\varnothing$ 200/180	13
2.46	Odbočka	Odbočka 3 = 710x400 - 710x400 + 200x200/400	13
2.47	Přímá trouba	Trouba 710x400/200	1
2.48	Přímá trouba	Trouba 710x400/900	2
2.49	Přímá trouba	Trouba 710x400/1800	1
2.50	Přímá trouba	Trouba 710x400/450	1
2.51	Přímá trouba	Trouba 710x400/100	3
2.52	Přímá trouba	Trouba 710x400/1000	2
2.53	Přímá trouba	Trouba 710x400/2000	4
2.54	Přímá trouba	Trouba 710x400/710	4
2.55	Přímá trouba	Trouba 710x400/225	1
2.56	Přímá trouba	Trouba 710x400/1400	3
2.57	Přímá trouba	Trouba 710x400/355	2
2.58	Přímá trouba	Trouba 710x400/1120	2
2.59	Přímá trouba	Trouba 710x400/250	2
2.60	Přechod na spiro	Přechod 2 - 200x200 - $\varnothing$ 200/250	2
2.61	Oblouk	Oblouk 200x200/90°	2
2.62	Přímá trouba	Trouba 200x200/280	1
2.63	Přímá trouba	Trouba 200x200/225	1
2.64	Symetrický přechod	Přechod 1 - 315x400 - 200x200/450	1
2.65	Rozbočka	Rozbočka 3 = 710x400 - 710x400 - 315x400/1010	2
2.66	Přímá trouba	Trouba 710x400/630	2

Tab.7.3 – Pokračování

2.67	Přímá trouba	Trouba 710x400/230	1
2.68	Přímá trouba	Trouba 710x400/140	1
2.69	Přímá trouba	Trouba 710x400/180	1
2.70	Přímá trouba	Trouba 200x200/100	1
2.71	Symetrický přechod	Přechod 1 - 315x400 - 200x200/250	1
2.72	Přímá trouba	Trouba 710x400/160	1
2.73	Přechod na spiro	Přechod 2 - 250x250 - $\varnothing$ 200/200	2
2.74	Oblouk	Oblouk 250x250/90°	2
2.75	Přímá trouba	Trouba 250x250/250	1
2.76	Přímá trouba	Trouba 250x250/500	1
2.77	Odbočka	Odbočka 3 = 250x250 - 250x250 + 250x250/450	1
2.78	Přímá trouba	Trouba 250x250/280	1
2.79	Přímá trouba	Trouba 250x250/110	1
2.80	Přímá trouba	Trouba 250x250/400	2
2.81	Odbočka	Odbočka 3 = 250x250 - 250x250 + 200x200/450	1
2.82	Přímá trouba	Trouba 250x250/125	1
2.83	Přímá trouba	Trouba 250x250/900	1
2.84	Přímá trouba	Trouba 250x250/133	1
2.85	Přímá trouba	Trouba 250x250/1600	1
2.86	Přímá trouba	Trouba 250x250/2000	1
2.87	Odbočka	Odbočka 3 = 710x400 - 710x400 + 250x250/450	1
2.88	Stranový přechod	Přechod 4 - 800x400 - 710x400/160	1
2.89	Oblouk	Oblouk 800x400/90°	2
2.90	Přímá trouba	Trouba 800x400/315	1
2.91	Oblouk	Oblouk 400x800/90°	2
2.92	Přímá trouba	Trouba 400x800/500	1
2.93	Přímá trouba	Trouba 400x800/500	2
2.94	Přímá trouba	Trouba 400x800/360	1
2.95	Symetrický přechod	Přechod 1 - 800x400 - 806x300/281	1
2.96	Přímá trouba	Trouba 400x400/500	1
2.97	Oblouk	Oblouk 400x400/90°	1
2.98	Regulační klapka - čtyřhranná	REGULAČNÍ KLAPKA RKM – 200x200 TPM 009/00.56	15
2.99	Přechod na spiro	Přechod 2 - 400x400 - $\varnothing$ 400/400	1
2.100	Výfuková hlavice	Výfuková hlavice $\varnothing$ 400 TPJ 18-12-72	1
2.101	Přímá trouba	Trouba 400x400/1000	1
2.102	Protipožární klapka	POŽÁRNÍ KLAPKA PKTM-90/CZ 710x400 TPM 018/01.40	1
2.103	Protipožární klapka	POŽÁRNÍ KLAPKA PKTM-90/CZ 250x250 TPM 018/01.40	1

## 8. VÝPOČET SPOTŘEBY ENERGIÍ NA PROVOZ KLIMATIZAČNÍHO ZAŘÍZENÍ

Výpočet pro stanovení spotřeby energií na provoz navrženého klimatizačního zařízení jsem provedl dle [5].

### **Spotřeba tepla pro klimatizaci**

- je teplo, které je potřeba dodávat, aby se v pracovní i v mimo pracovní době udržely požadované teploty [5]

#### Teoretická spotřeba

$$Q_V = V_e \cdot \rho \cdot c_p \cdot z \cdot D_{v\dot{e}tr} \quad [\text{kWh.rok}^{-1}] \quad (8.1)$$

kde  $V_e$  je objemový tok přiváděného venkovního vzduchu -  $V_e = 0,806 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ( rovnice 4.1 )

$\rho$  je hustota vzduchu v zimním období -  $\rho = 1,35 \text{ kg.m}^{-3}$

$c_p$  je měrná tepelná kapacita vzduchu při konstantním tlaku -  $c_p = 1,01 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$z$  je počet provozních hodin za den -  $z = 8$  [-]

$D_{v\dot{e}tr}$  - počet denostupňů pro větrání za otopné období, pro dobu od 8 do 16 hodin je přibližně

$D_{v\dot{e}tr} = 3000$  [-] ( dle [5] obrázek 10.1 )

$$Q_V = V_e \cdot \rho \cdot c_p \cdot z \cdot D_{v\dot{e}tr} = 0,806 \cdot 1,35 \cdot 1,0110^3 \cdot 8 \cdot 3000 = \underline{26376 \text{ kWh.rok}^{-1}}$$

#### Skutečná spotřeba

$$Q_{V \text{ skut}} = e \cdot \frac{Q_V}{\eta_k \cdot \eta_R \cdot \eta_P} \quad [\text{kWh.rok}^{-1}] \quad (8.2)$$

kde  $e$  je korekce na dny, kdy není větrání v chodu -  $e = 0,7$  [-]

$\eta_k$  je účinnost zařízení pro výrobu tepla -  $\eta_k = 0,7$  [-]

$\eta_R$  je účinnost rozvodu tepla -  $\eta_R = 0,95$  [-]

$\eta_P$  je účinnost provozování otopného zařízení -  $\eta_P = 0,98$  [-]

$$Q_{V \text{ skut}} = e \cdot \frac{Q_V}{\eta_k \cdot \eta_R \cdot \eta_P} = 0,7 \cdot \frac{26376}{0,7 \cdot 0,95 \cdot 0,98} = \underline{28330 \text{ kWh.rok}^{-1}}$$

### **Spotřeba tepla pro vlhčení vzduchu**

#### Teoretická spotřeba

$$Q_{V1} = V_e \cdot \rho \cdot n_d \cdot n_h \cdot (x_i - x_m) \cdot 2500 \quad [\text{kWh.rok}^{-1}] \quad (8.3)$$

kde  $V_e$  je objemový tok přiváděného venkovního vzduchu -  $V_e = 0,806 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ( rovnice 4.1 )

$\rho$  je hustota vzduchu v zimním období -  $\rho = 1,35 \text{ kg.m}^{-3}$

$n_d$  je počet dnů chodu klimatizace v daném měsíci [-]

$n_h$  je počet hodin chodu denně -  $n_h = 8$  [-]

$x_i$  je měrná vlhkost vzduchu v klimatizovaném prostoru – pro léto  $x_i = 8,35 \text{ g.kg}^{-1}_{sv}$   
– pro zimu  $x_i = 7,2 \text{ g.kg}^{-1}_{sv}$

$x_m$  je měrná vlhkost venkovního vzduchu [ $\text{g.kg}^{-1}_{sv}$ ]

Výpočet je třeba provádět jako součet spotřeby tepla v jednotlivých měsících, kdy  $x_i < x_m$ .  
Vypočtené hodnoty pro jednotlivé měsíce provozu jsou v tabulce 8.1.

Tab.8.1: Teoretická spotřeba tepla pro vlhčení vzduchu pro jednotlivé měsíce

Měsíc	$\rho$ [ $\text{kg.m}^{-3}$ ]	$x_i$ [ $\text{g.kg}^{-1}_{sv}$ ]	$x_m$ [ $\text{g.kg}^{-1}_{sv}$ ]	$n_d$ [-]	$Q_{vl}$ [ $\text{kWh.rok}^{-1}$ ]
leden	1,35	7,20	2,83	22	2092,2
únor	1,35	7,20	2,97	21	1933,1
březen	1,30	7,20	3,60	20	1508,8
duben	1,25	8,35	4,57	22	1675,7
květen	1,16	8,35	6,36	20	744,2
červen	1,16	8,35	7,97	21	149,2
červenec	1,16	8,35	9,15	23	-344,1
srpen	1,22	8,35	8,90	21	-227,1
září	1,27	8,35	7,48	22	391,8
říjen	1,31	7,20	5,63	22	729,4
listopad	1,35	7,20	4,30	19	1199,1
prosinec	1,35	7,20	3,34	20	1680,0

→ netřeba vlhčit

→ netřeba vlhčit

$$\Sigma = 11532,4$$

Teoretická spotřeba tepla pro vlhčení vzduchu je  $Q_{V1} = 11532 \text{ kWh.rok}^{-1}$ .

#### Skutečná spotřeba

$$Q_{V1skut} = \frac{Q_{V1}}{\eta_{V1}} \quad [\text{kWh.rok}^{-1}] \quad (8.4)$$

kde  $\eta_{V1}$  je účinnost zvlhčovacího zařízení –  $\eta_{V1} = 0,9$  [-]

$$Q_{V1skut} = \frac{Q_{V1}}{\eta_{V1}} = \frac{11535}{0,9} = 12814 \text{ kWh.rok}^{-1}$$

Celková spotřeba tepla je tedy:

$$\begin{aligned} Q_{tepla} &= Q_{Vskut} + Q_{V1skut} \\ Q_{tepla} &= 28330 + 12814 \\ Q_{tepla} &= 41144 \text{ kWh.rok}^{-1} \end{aligned} \quad (8.5)$$

## Spotřeba chladu pro klimatizaci

### a) spotřeba chladu pro chlazení větracího vzduchu

#### Teoretická spotřeba

$$Q_{ChV} = V_e \cdot \rho \cdot c_p \cdot D_{Ch} \quad [\text{kWh.rok}^{-1}] \quad (8.6)$$

kde  $V_e$  je objemový tok přiváděného venkovního vzduchu -  $V_e = 0,806 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ( rovnice 4.1 )

$\rho$  je hustota vzduchu v letním období -  $\rho = 1,126 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$c_p$  je měrná tepelná kapacita vzduchu při konstantním tlaku -  $c_p = 1,01 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$D_{Ch}$  - počet chladicích hodinostupňů pro  $t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$  -  $D_{Ch} = 540$  [-]

$$Q_{ChV} = V_e \cdot \rho \cdot c_p \cdot D_{Ch} = 0,806 \cdot 1,126 \cdot 1,01 \cdot 10^3 \cdot 540 = \underline{\underline{495 \text{ kWh.rok}^{-1}}}$$

#### Skutečná spotřeba

$$Q_{ChV \text{ skut}} = \frac{e \cdot Q_{ChV}}{r} \quad [\text{kWh.rok}^{-1}] \quad (8.7)$$

kde  $e$  je korekce na dny, kdy není větrání v chodu -  $e = 0,7$  [-]

$r$  je účinnost rozvodu chladu -  $r = 0,95$  [-]

$$Q_{ChV \text{ skut}} = \frac{e \cdot Q_{ChV}}{r} = \frac{0,7 \cdot 495 \cdot 10^3}{0,95} = \underline{\underline{365 \text{ kWh.rok}^{-1}}}$$

### b) spotřeba chladu pro kompenzaci vnitřních zdrojů tepla

#### Teoretická spotřeba

$$Q_{Chi} = n_d \cdot z \cdot \Sigma Q_i \quad [\text{kWh.rok}^{-1}] \quad (8.8)$$

kde  $\Sigma Q_i$  jsou celkové vnitřní tepelné zisky -  $\Sigma Q_i = 19115 \text{ W}$

$n_d$  je počet dnů, kdy je třeba chladit -  $n_d = 80$  [-]

$z$  je počet provozních hodin za den -  $z = 8$  [-]

$$Q_{Chi} = n_d \cdot z \cdot \Sigma Q_i = 80 \cdot 8 \cdot 19115 = \underline{\underline{12234 \text{ kWh.rok}^{-1}}}$$

#### Skutečná spotřeba

$$Q_{Chi \text{ skut}} = e \cdot Q_{Chi} \quad [\text{kWh.rok}^{-1}] \quad (8.9)$$

kde  $e$  je korekce na dny, kdy není větrání v chodu -  $e = 0,7$  [-]

$$Q_{Chi \text{ skut}} = e \cdot Q_{Chi} = 0,7 \cdot 12234 = \underline{\underline{8564 \text{ kWh.rok}^{-1}}}$$

### c) spotřeba chladu pro kompenzaci vnějších tepelných zisků

#### Teoretická spotřeba

$$Q_{Ch e} = \Sigma Q_{ze} \cdot n_h \quad [\text{kWh.rok}^{-1}] \quad (8.10)$$

kde  $\Sigma Q_{ze}$  jsou celkové vnější tepelné zisky -  $\Sigma Q_{ze} = 9240 \text{ W}$   
 $n_h$  je ekvivalentní počet hodin s plným chodem chladicího zařízení -  $n_h = 750 [-]$

$$Q_{Ch e} = \Sigma Q_{ze} \cdot n_h = 9240 \cdot 750 = \underline{6930 \text{ kWh.rok}^{-1}}$$

#### Skutečná spotřeba

$$Q_{Ch e skut} = e \cdot Q_{Ch e} \quad [\text{kWh.rok}^{-1}] \quad (8.11)$$

kde  $e$  je korekce na dny, kdy není větrání v chodu -  $e = 0,7 [-]$

$$Q_{Ch e skut} = e \cdot Q_{Ch e} = 0,7 \cdot 6930 = \underline{4851 \text{ kWh.rok}^{-1}}$$

Celková spotřeba chladu je tedy:

$$Q_{chlada} = Q_{Ch V skut} + Q_{Ch i skut} + Q_{Ch e skut} \quad (8.12)$$

$$Q_{chlada} = 365 + 8564 + 4851$$

$$Q_{chlada} = \underline{13780 \text{ kWh.rok}^{-1}}$$

### **Spotřeba elektrické energie**

- je energie potřebná k provozu klimatizačního zařízení, hlavními spotřebiči jsou elektromotory pro pohon ventilátorů [5]

#### Celkový příkon ventilátorů

$$\Sigma N = \frac{V_P \cdot \Delta p}{\eta_m \cdot \eta_p \cdot \eta_v} \quad [\text{W}] \quad (8.13)$$

kde  $V_P$  je objemový tok přiváděného i odváděného vzduchu -  $V_P = 2,347 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ( rovnice 5.4 )

$\Delta p$  je celkový tlak ventilátorů -  $\Delta p = 675 \text{ Pa}$  ( kapitola 7.1 )

$\eta_m$  je účinnost elektromotoru -  $\eta_m = 0,8 [-]$

$\eta_p$  je účinnost klínové řemenice -  $\eta_p = 0,95 [-]$

$\eta_v$  je účinnost ventilátorů -  $\eta_v = 0,8 [-]$

$$\Sigma N = \frac{V_P \cdot \Delta p}{\eta_m \cdot \eta_p \cdot \eta_v} = \frac{2,347 \cdot 675}{0,8 \cdot 0,95 \cdot 0,8} = \underline{2606 \text{ W}}$$

### Spotřeba elektrické energie pro pohon ventilátorů

$$E = \Sigma N \cdot d \cdot z \cdot e \quad [\text{kWh.rok}^{-1}] \quad (8.14)$$

kde  $\Sigma N$  je celkový příkon ventilátorů [kW]  
 $d$  je počet provozních dnů za rok -  $d = 229$  [-]  
 $z$  je počet provozních hodin denně -  $z = 8$  [-]  
 $e$  je současnost chodu ventilátorů -  $e = 1$  [-]

$$E = \Sigma N \cdot d \cdot z \cdot e = 2606 \cdot 229 \cdot 8 \cdot 1 = \underline{\underline{4774 \text{ kWh.rok}^{-1}}}$$

## **9. MĚŘENÍ A REGULACE VZDUCHOTECHNICKÝCH JEDNOTEK**

K měření a regulaci vzduchotechnických jednotek je použit řídicí systém dodávaný výrobcem sestavnou klimatizační jednotku řady JANKA Radotín [9]. Firma dodává se sestavnou klimatizační jednotkou k regulaci zařízení a jednotlivých jednotek základní sadu regulátorů řady SC-9100 a komponenty.

Regulátor SC-9100 je snadno aplikovatelný DDC regulátor, jde o předprogramovaný mikroprocesorový regulátor navržený pro řízení topení, větrání nebo klimatizace. Aplikační program je vybrán z řady standardních schémat uložených v paměti a může být přizpůsoben tak, aby přesně vyhověl instalačnímu schématu.

Součástí regulátorů je displej na němž jsou zobrazeny slovně a číselně vstupy, výstupy a hlavní řídicí informace. SC9100 pracuje jako plně samostatná jednotka a může být připojena na komunikační sběrnici jako část sítě nadřazeného řídicího systému [9].

Komponenty používané k regulaci [9] :

- Měření teploty:  
pro měření teploty se používají snímače teploty řady TS-91xx. Snímače mohou nejen snímat teplotu ve vzduchotechnickém potrubí, ale i teplotu média ve vodním potrubí a zároveň venkovní teplotu.
- Převodník teploty:  
základní převodník teploty je typ RS-9100, umožňuje korekci teploty v prostoru s ohledem na nastavenou žádanou teplotu v regulátoru, slouží zároveň jako snímač teploty v prostoru.
- Regulace teploty vody:  
k regulaci teploty vody ve výměnících ohřevu a ve výměnících chlazení jsou použity bronzové dvoucestné přímé ventily VG7000, ventil je vybaven regulačním elektropohonem řady VA-7150.
- Protimrazová ochrana:  
pro ochranu výměníku proti zamrzání je použita protimrazová ochrana řady 270XT
- Snímač tlakové difference:  
pro snímání tlakové difference vzduchu na filtrech a ventilátorech je k dispozici snímač řady P33AB-9xxx. Standardně je vyráběn s rozsahem 80 – 600 Pa.

Volba aplikace:

Dle [9] volím aplikaci V05-111. Vzduchotechnická jednotka má pevně nastavené klapky - směšovací poměr je nastaven mechanicky.

Seznam materiálu je v tabulce 9.1.

Tab.9.1: Seznam materiálu

Popis	Typ
Regulátor	SC-9100-8042-1
Venkovní teplota	TS-9101-8402
Korekce žádané teploty	RS-9193-0005
Teplota vhněného vzduchu	TS-9103-8320
Teplota v prostoru	RS-9143-0005
Protimrazový termostat	270 XTAN
Spínací hodiny	Y27C
Ventil ohřev s pohonem	VG7x00xxT a VA-7202-1001
Ventil chlazení s pohonem	VG7x00xxT a VA-7202-1001
Relé pro ovládání ventilátoru	Relé 24 V AC

## **10. TECHNICKÁ ZPRÁVA**

### **Obsah technické zprávy:**

1. Podklady pro projektovou dokumentaci
2. Seznam vzduchotechnických zařízení
3. Popis vzduchotechnických zařízení
4. Požadavky na ostatní profese
5. Požadavky na energii
6. Protihluková opatření
7. Měření a regulace
8. Protipožární opatření
9. Ekologické zhodnocení
10. Závěr

### **1. Podklady pro zpracování projektové dokumentace**

Projektová dokumentace se zabývá řešením a vypracováním návrhu vzduchotechnického zařízení za účelem klimatizace kancelářských prostor v průmyslovém objektu. Při zpracování projektové dokumentace jsem použil následující podklady:

- Norma ČSN 06 0210
- Norma ČSN 73 0540-3
- Norma ČSN 73 0548
- Nařízení vlády 178/2001 Sb.
- Firemní podklady

### **2. Seznam vzduchotechnických zařízení**

- Sestavná klimatizační jednotka KLM10
- Axiální ventilátor – větrání strojovny

### **3. Popis vzduchotechnických zařízení**

Navržené klimatizační zařízení zajišťuje klimatizaci kancelářských prostor druhého podlaží budovy. Podle stanoveného potřebného množství přiváděného vzduchu je navržena sestavná klimatizační jednotka KLM 10. Zařízení je navrženo z cirkulací oběhového vzduchu. Přívod čerstvého a odvod odpadního vzduchu je zajištěno otvory ve fasádě pomocí ventilátorů instalovaných v klimatizační jednotce. Sestavné klimatizační zařízení je umístěno ve strojovně v místnosti 207.

Potřebné množství čerstvého vzduchu je nasáváno z venkovního prostředí, v jednotce smícháno z cirkulačním vzduchem a je upravováno, aby splňovalo a vyhovovalo stanoveným požadavkům zadání. Sací otvor je vybaven protidešťovou žaluzií s krycí mřížkou. Vzduch prochází jednotlivými komorami a je upravován dle požadavků. Úprava je složena s filtrace, přehřevu, vlhčení a ohřevu při zimním provozu a z chlazení při letním provozu. Dalšími součástmi tvořící přívodní část sestavné klimatizační jednotky je směšovací komora, sací ventilátor a tlumič hluku. Odpadní vzduch, který již není použit k cirkulaci je vyfukován prostřednictvím odváděcího potrubí zakončeného výfukovou hlavicí do venkovního prostředí. Dalšími součástmi tvořící odváděcí část sestavné klimatizační jednotky jsou výtlačný ventilátor, volná komora, tlumič hluku a axiální ventilátor pro větrání strojovny.

K filtraci čerstvého vzduchu je navržena komora s kazetovým filtrem s třídou filtrace EU4. Zanesení filtru je hlídáno prostřednictvím diferenčních snímačů tlaku. Pro ohřev vzduchu je navržen vodní ohřívač. Ohřívací komora je napojena na teplou vodu s teplotním spádem 80/60 °C. Pro chlazení vzduchu je navržen vodní chladič, který je napojen na studenou vodu o teplotním spádu 6/12 °C.

#### **4. Požadavky na ostatní profese**

##### Stavba:

Před montáží vzduchotechnických prvků je potřeba připravit průrazy v příčkách mezi jednotlivými místnostmi v místech kudy bude potrubí vedeno dle dodané výkresové dokumentace. Při přípravě stavebních otvorů pro vzduchotechniku je potřeba počítat z vůlí přibližně 50 mm z důvodů snadnějšího průtahu a montáže potrubí. Po dokončení montáže je nutné zajistit dozdnění a začištění průrazů.

##### Izolace:

Všechny části příváděcího a odváděcího potrubí je nutné izolovat z důvodu případného ohřevu či ochlazení proudícího vzduchu a případnému zamezení zkondenzování vlhkosti ze vzduchu v kancelářích na stěnách v potrubí.

##### Elektroinstalace:

Je zapotřebí zajistit kompletní elektroinstalaci k připojení jednotlivých zařízení využívajících k provozu elektrickou energii. Veškerou kabeláž je potřeba přivést od hlavního rozvaděče až po napojení ke svorkovnicím.

##### Vytápění:

Je zapotřebí instalovat přípojky pro připojení jednotlivých zařízení využívajících k provozu otopnou vodu pro předehřívač a dohřívač vzduchu.

##### Chlazení:

Instalace přípojky studené vody pro připojení chladiče. Zapojení chladicího okruhu.

#### **5. Požadavky na energii**

Pro chod VZT zařízení je k dispozici elektrická energie z NN sítě 400/230V / 50 Hz.

##### Potřeba energie:

Pro provoz všech zařízení je spotřebováno za celý rok provozu cca 4,8 MWh/rok<sup>-1</sup>.

#### **6. Protihluková opatření**

Při návrhu protihlukových zařízení je potřeba vycházet z účelů k jakému je stavba využívána. Jelikož se jedná o kancelářské prostory, je potřeba dbát zvýšenou pozornost na protihluková opatření. K zajištění protihlukového opatření je, umístěna v navržené sestavné klimatizační jednotce, za příváděcím a odváděcím ventilátorem tlumicí komora. Jejich účelem je zabránit šíření hluku prostřednictvím vzduchodůů do klimatizovaných místností. Protihlukové opatření ventilátorů je zajištěno prostřednictvím pryžových izolátorů chvění. Jednotlivé komory jsou dotěsněny izolací. Sestavná klimatizační jednotka je podložena tlumicí gumou.

## **7. Měření a regulace**

Sestavná klimatizační jednotka je řízena a regulována řídicím systémem pro měření a regulaci dodaným výrobcem firma JANKA Radotín.

## **8. Protipožární opatření**

Z hlediska protipožárního opatření je v dané stavbě jako samostatný požární usek strojovna. V navrženém příváděcím a odváděcím potrubí je mezi jednotlivými požárními úseky provedena instalace protipožární klapky. Protipožární klapky zabrání šíření ohně a kouře v případě vzniku požáru do okolních místností.

## **9. Ekologické zhodnocení**

V projektu není navrženo žádné zařízení pracující s látkami, které by v případě havárie mohly mít negativní vliv na životní prostředí.

## **10. Závěr**

Projekt vzduchotechnické soustavy je navržen tak, aby splňoval všechny potřebné požadavky k zajištění celoročního provozu na požadované mikroklima.

## **11. ZÁVĚR**

Cílem tohoto projektu bylo provést návrh a realizaci řešení centrální klimatizace kanceláří v průmyslovém objektu. Při návrhu jsem vycházel z dodané výkresové dokumentace objektu. Při provádění jednotlivých výpočtů jsem postupoval podle technických norem a hygienických předpisů.

Prvním krokem bylo určení tepelných ztrát objektu pro zimní a tepelné zátěže objektů pro letní provoz. Následujícím krokem byl psychrometrický výpočet zimního a letního provozu. Z parametrů získaných psychrometrickým výpočtem jsem provedl návrh a volbu jednotlivých komponent potřebných k úpravě vzduchu. K rozvodu vzduchu jsem zvolil nízkotlaký jednokanálový klimatizační systém. V dalším kroku jsem provedl návrh umístění přívaděčích a odváděčích vyústek s následným dimenzováním zvolených vzduchovodů. V neposlední řadě bylo nutné provést návrh sestavné klimatizační jednotky a provést výpočet spotřeby elektrické energie na provoz zvoleného klimatizačního zařízení. K větrání strojovny jsem navrhl nucené větrání axiálním ventilátorem umístěným v obvodové konstrukci.

## **12. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] ČSN 06 0210 *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*. 1994
- [2] ČSN 73 0540-3 *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. 2005
- [3] ČSN 73 0548 *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. 1985
- [4] Nařízení vlády 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci
- [5] Chyský, J., Hemzal, K., a kol. *Větrání a klimatizace*. Brno: BOLIT – B press, 1993. 560s.
- [6] Janotková, E. *Technika prostředí*. Brno: Vysoké učení technické, 1991. 201 s.
- [7] [<http://www.vekra.cz/33-vlastnosti-pvc-okna.html>] (plastová okna VEKRA)
- [8] Firemní podklady firmy IMOS-ASEK
- [9] JANKA Radotín, a. s. Praha 5, *Vzduchotechnika – klimatizace - firemní podklady.*, 2001
- [10] Rubinová, O., Rubina, A. *Klimatizace a větrání*. Brno: ERA group, 2004. 117s.
- [11] PROCLIMA-SVAMP spol. s r.o. Dolní Nouzov. *Katalog vzduchotechnických elementů a příslušenství - firemní podklady.*, [<http://www.proclima.cz>]
- [12] MANDÍK, a.s. Hostomice. *Divize požární technik - firemní podklady.*, [<http://www.mandik.cz>]
- [13] ELEKTRODESIGN Ventilátory s.r.o.; katalog výrobce, [<http://www.elektrodesign.cz>]
- [14] CIHELKA, J., a kol. *Vytápění, větrání a klimatizace*. Praha: SNTL, 1985. 648s.

### 13. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Označení	Název veličiny	Jednotka
$A$	vzdálenost mezi dvěma vyústkami, vzdálenost od stěny	[m]
$B$	charakteristické číslo budovy	[Pa <sup>0,67</sup> ]
$D$	den výpočtu tepelné zátěže	[-]
$D_{Ch}$	počet chladicích hodinostupňů	[-]
$D_{větr}$	počet denostupňů pro větrání za otopné období	[-]
$E$	spotřeba elektrické energie pro pohon ventilátorů	[kWh.rok <sup>-1</sup> ]
$F$	obtokový součinitel	[-]
$H$	výška stropu od podlahy	[m]
	nadmořská výška	[m]
$H_l$	délka proudu mezi pracovní zónou a stropem	[m]
$I$	celková intenzita přímé a difusní sluneční radiace	[W.m <sup>-2</sup> ]
$I_O$	sluneční konstanta	[W.m <sup>-2</sup> ]
$I_{Odif}$	intenzita difusní sluneční radiace procházející standardním jednoduchým zasklením	[W.m <sup>-2</sup> ]
$I_D$	intenzita přímé sluneční radiace na libovolně orient. plochu	[W.m <sup>-2</sup> ]
$I_{Dk}$	intenzita přímé sluneční radiace na kolmou plochu ke slunečním paprskům	[W.m <sup>-2</sup> ]
$I_d$	intenzita difusní sluneční radiace přímé sluneční radiace na libovolně orientovanou plochu	[W.m <sup>-2</sup> ]
$I_{ok}$	celková intenzita sluneční radiace procházející standardním oknem	[W.m <sup>-2</sup> ]
$I_{okd}$	intenzita difusní radiace procházející standardním sklem	[W.m <sup>-2</sup> ]
$L$	vzdálenost dosahu proudu v prostoru	[m]
$M$	charakteristické číslo místnosti	[-]
	měsíc výpočtu tepelné zátěže	[-]
	objemová hmotnost stěn, podlahy a stropu	[kg]
$M_w$	množství odpařované vody	[g.h <sup>-1</sup> ]
$N$	příkon ventilátoru	[W.m <sup>-2</sup> ]
$P$	příkon zářivkového osvětlení	[W]
	příkon spotřebiče	[W]
$P_{zvl}$	příkon zvlhčovače k vývinu páry	[W]
$\sum P$	celkový součet příkonu spotřebičů produkujících teplo	[W]
$Q$	tepelná ztráta místnosti	[W]
$Q_l$	produkce tepla od lidí	[W]
$Q_0$	základní tepelná ztráta	[W]
$Q_a$	tepelný zisk z přívodů venkovního vzduchu	[W]
$Q_C$	celková tepelná ztráta	[W]
$Q_{DO}$	výkon dohříváče	[W]
$Q_e$	tepelný zisk od elektrických zařízení	[W]
$Q_{CH}$	chladicí výkon chladiče	[W]
$Q_{Che}$	teoretická spotřeba chladu pro kompenzaci vnějších tepelných zisků	[kWh.rok <sup>-1</sup> ]
$Q_{Che\ skut}$	skutečná spotřeba chladu pro kompenzaci vnějších tepelných zisků	[kWh.rok <sup>-1</sup> ]
$Q_{Chi}$	teoretická spotřeba chladu pro kompenzaci vnitřních zdrojů tepla	[kWh.rok <sup>-1</sup> ]

$Q_{Chi\ skut}$	skutečná spotřeba chladu pro kompenzaci vnitřních zdrojů tepla	[kWh.rok <sup>-1</sup> ]
$Q_{Chladu}$	celková spotřeba chladu	[kWh.rok <sup>-1</sup> ]
$Q_{Ch\ V}$	teoretická spotřeba chladu pro klimatizaci	[kWh.rok <sup>-1</sup> ]
$Q_{Ch\ V\ skut}$	skutečná spotřeba chladu pro klimatizaci	[kWh.rok <sup>-1</sup> ]
$Q_i$	celková zátěž klimatizovaného prostoru	[W]
$Q_{ic}$	tepelná zátěž citelným teplem	[W]
$Q_{iv}$	tepelná zátěž vázaným teplem	[W]
$Q_L$	tepelný zisk z přívodu čerstvého větracího vzduchu	[W]
$Q_m$	produkce tepla elektromotoru	[W]
$Q_O$	teplo potřebné k odpařování	[W]
$Q_{oh2}$	výkon dohříváče	[W]
$Q_{ok}$	tepelný zisk prostupem okny	[W]
$Q_{or}$	tepelný zisk sluneční radiací okny	[W]
$Q_{or\ i}$	tepelný zisk v i-tou hodinu	[W]
$Q_{or\ m}$	průměrný tepelný zisk v době oslunění	[W]
$Q_{or\ max}$	maximální tepelný zisk v době oslunění	[W]
$Q_P$	tepelná ztráta prostupem tepla	[W]
$Q_{PŘ}$	tepelný výkon přehříváče	[W]
$Q_S$	tepelný zisk stěnami	[W]
$Q_{SV}$	tepelný zisk od svítidel	[W]
$Q_{tepla}$	celková spotřeba tepla pro klimatizaci	[kWh.rok <sup>-1</sup> ]
$Q_V$	tepelná ztráta větráním	[W]
	tepelné zisky od součástí klimatizačního zařízení	[W]
	teoretická spotřeba tepla pro klimatizaci	[kWh.rok <sup>-1</sup> ]
$Q_{V\ skut}$	skutečná spotřeba tepla pro klimatizaci	[kWh.rok <sup>-1</sup> ]
$Q_{V1}$	teoretická spotřeba tepla pro vlhčení vzduchu	[kWh.rok <sup>-1</sup> ]
$Q_{V1\ skut}$	skutečná spotřeba tepla pro vlhčení vzduchu	[kWh.rok <sup>-1</sup> ]
$Q_Z$	tepelné zisky	[W]
$\Delta Q$	snížení maximální hodnoty tepelných zisků od osluněného okna	[W]
$\sum Q$	celkové tepelné zisky z vnějšího prostředí	[W]
$\sum Q_i$	celkové vnitřní tepelné zisky	[W]
$R$	rosný bod chladiče	[-]
	měrný tlakový spád	[Pa.m <sup>-1</sup> ]
$S$	ochlazovaný povrch stavební konstrukce	[m <sup>2</sup> ]
$S_{ef}$	efektivní plocha vyústky	[m <sup>2</sup> ]
$S_i$	průřez vzduchovodů	[m <sup>2</sup> ]
	povrch stěny	[m <sup>2</sup> ]
$S_{os}$	osluněná povrch okna	[m <sup>2</sup> ]
$S_{ok}$	plocha okna	[m <sup>2</sup> ]
$S_{osv}$	osvětlená plocha	[m <sup>2</sup> ]
$\sum S$	celková plocha všech stěn ohraničujících místnost	[m <sup>2</sup> ]
$T_D$	celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace	[-]
$V$	objemový tok vzduchu ventilátorem	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
$V_e$	objemový tok přiváděného venkovního větracího vzduchu	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
$V_O$	objemový tok vzduchu vyústkou	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
$V_o$	celkové množství odváděného vzduchu	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
$V_p$	celkové množství přiváděného vzduchu	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
$V_S$	objem strojovny	[m <sup>3</sup> ]

$V_V$	množství větracího vzduchu k větrání strojovny sluneční azimut	$[m^3 \cdot h^{-1}]$ [°]
$a$	šířka vzduchovodů	[m]
$b$	výškový rozměr vzduchovodů	[m]
$c$	hloubka okna vzhledem k horní stínicí desce	[m]
$c_p$	měrná tepelná kapacita vzduchu	$[kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
$c_0$	korekce na čistotu atmosféry	[-]
$c_1$	součinitel současnosti používání svítidel součinitel současnosti chodů všech elektromotorů	[-] [-]
$c_2$	zbytkový součinitel	[-]
$c_3$	součinitel průměrného zatížení stroje	[-]
$d$	hloubka zapuštění okna ve stěně	[m]
$d_{ekv}$	ekvivalentní průměr	[m]
$d_s$	rozměr strojovny - délka	[m]
$e$	korekce na dny, kdy není zařízení v provozu	[-]
$e_1$	délka stínu v okenním otvoru od okraje slunolamu	[m]
$e_2$	délka stínu v okenním otvoru od okraje slunolamu	[m]
$f$	vzdálenost svislé části okna od slunolamu	[m]
$g$	vzdálenost vodorovné části okna od slunolamu	[m]
$h$	konstrukční výška podlaží výška slunce nad obzorem	[m] [°]
$h_1$	výška pracovní zóny od podlahy	[m]
$i$	entalpie	$[kJ \cdot kg^{-1} \cdot sv]$
$i_d$	počet dětí	[-]
$i_{LV}$	součinitel spárové průvzdušnosti	$[m^2 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0,67}]$
$i_m$	počet mužů	[-]
$i_{xy}$	entalpie	$[kJ \cdot kg^{-1} \cdot sv]$
$i_z$	počet žen	[-]
$i_l$	celkový počet osob	[-]
$k_i$	součinitel prostupu tepla	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$k_C$	průměrný součinitel prostupu tepla	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$l$	délka netěsnosti spár	[m]
$l_A$	šířka zasklené části okna	[m]
$l_B$	výška zasklené části okna	[m]
$l_{23}$	měrné výparné teplo	$[J \cdot kg^{-1}]$
$m_c$	hmotnostní tok cirkulačního vzduchu	$[kg \cdot s^{-1}]$
$m_e$	hmotnostní tok čerstvého přiváděného vzduchu	$[kg \cdot s^{-1}]$
$m_p$	hmotnostní tok přiváděného vzduchu do místnosti	$[kg \cdot s^{-1}]$
$m_{st}$	součinitel zmenšení teplotního kolísání	[-]
$m_w$	množství přiváděné vody pro chlazení a ohřev vzduchu	$[m^3 \cdot h^{-1}]$
$m_{zvl}$	výkon parního zvlhčovače	$[g \cdot s^{-1}]$
$n$	násobnost výměny vzduchu počet uvažovaných hodin výpočtů počet uvažovaných osob v místnosti počet uvažovaných oken v místnosti	$[h^{-1}]$ [-] [-] [-]
$n_d$	počet dnů chodu klimatizace v daném měsíci	[-]
$n_h$	počet hodin chodu denně	[-]
$p$	střední tlak vzduchu	[Pa]
$p_1$	přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	[-]
$p_2$	přirážka na urychlení zátopy	[-]

$p_3$	přirážka na světovou stranu	[-]
$\Delta p$	celkový tlak ventilátorů	[P]
$\Delta p_{CK}$	celková tlaková ztráta v potrubí	[Pa]
$\Delta p_t$	tlaková ztráta vyústky	[Pa]
$\Delta p_z$	celková tlaková ztráta	[Pa]
$\Delta p_{zm}$	celková tlaková ztráta místními odpory	[Pa]
$\Delta p_{zt}$	celková tlaková ztráta třením	[Pa]
$r$	účinnost rozvodů chladu	[-]
$s$	stínící součinitel	[-]
$s_i$	tloušťka jednotlivých vrstev stěny	[m]
$\delta_s$	rozměr strojovny - šířka	[m]
$t_d$	propustnost difusní sluneční radiace standardního okna	[-]
$t_{e i}$	venkovní teplota (výpočtová)	[°C]
$t_i$	vnitřní teplota (výpočtová)	[°C]
$t_{i e}$	vnitřní uvažovaná teplota pod podlahou	[°C]
$t_{i ch}$	vnitřní uvažovaná teplota v sousední místnosti - chodba	[°C]
$t_{i str}$	vnitřní uvažovaná teplota v sousední místnosti - půda	[°C]
$t_K$	teplota předeřhátého vzduchu	[°C]
$t_p$	teplota přiváděného vzduchu do místnosti	[°C]
$t_r$	teplota rosného bodu chladiče	[°C]
	rovnocenná sluneční teplota	[°C]
$t_{rm}$	průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24h	[°C]
$t_{r\psi}$	rovnocenná sluneční teplota o $\psi$ hodin dříve	[°C]
$t_s$	teplota vzduchu po smíšení	[°C]
$\Delta t$	teplotní spád vody	[°C]
	připuštění překročení teploty v klimatizované místnosti	[°C]
$\Delta t_P$	pracovní rozdíl teplot	[°C]
$v_e$	dávka vzduchu na osobu	[m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> .os. <sup>-1</sup> ]
$v_{ef}$	efektivní rychlost z vyústky	[m.s <sup>-1</sup> ]
$v_{HI}$	střední rychlost proudění v pracovní zóně	[m.s <sup>-1</sup> ]
$v_h$	rychlost vzduchu v pracovní zóně	[m.s <sup>-1</sup> ]
$v_s$	rozměr strojovny - výška	[m]
$w_i$	rychlost proudění vzduchu v potrubí	[m.s <sup>-1</sup> ]
$x$	měrná vlhkost vzduchu	[g.kg <sup>-1</sup> .sv]
	vzdálenost mezi stěnou a vyústkou	[m]
$z$	počet provozních hodin za den	[-]
	součinitel znečištění atmosféry	[-]
	počet lopatek ventilátorů	[-]
$\alpha$	úhel stěny s vodorovnou rovinou	[°]
	úhel natočení listů regulační klapky	[°]
$\alpha_e$	součinitel přestupu tepla pro vnější povrch	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$\alpha_i$	součinitel přestupu tepla pro vnitřní povrch	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$\gamma$	azimutový úhel normály stěny	[°]
$\delta$	sluneční deklinace	[°]
$\delta_s$	tloušťka stěny	[m]
$\varepsilon$	součinitel poměrné pohltivosti	[-]
	drsnost potrubí	[-]
	chladičí faktor	[-]

$\lambda_i$	tepelná vodivost	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$\eta_c$	celková porovnávací hospodárnost	[-]
$\eta_k$	účinnost zařízení pro výrobu tepla	[-]
$\eta_m$	účinnost elektromotoru	[-]
$\eta_p$	účinnost provozování otopného zařízení	[-]
$\eta_r$	účinnost rozvodů tepla	[-]
$\eta_v$	účinnost ventilátorů	[-]
$\varphi$	stav nasycení vzduchu	[%]
$\varphi_e$	relativní vlhkost venkovního vzduchu	[%]
$\varphi_i$	relativní vlhkost vnitřního vzduchu	[%]
$\vartheta_i$	faktor citelného tepla	[-]
$\Theta$	úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků	[°]
$\rho$	hustota vzduchu	[kg.m <sup>-3</sup> ]
$\tau$	sluneční čas	[h]
$\xi$	součinitel místních odporů	[-]
$\psi$	zeměpisná šířka	[°]
$\psi_{st}$	fázové posunutí teplotního kmitů	[h]
	časové zpoždění	[h]

## **14. SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE**

**PŘÍLOHY** – P1 – Výpočet tepelných ztrát kancelářských prostor

**VÝKRESY** – F 3.4 – 01 – 1 výkres: půdorys kancelářských prostor, A1  
 F 3.4 – 01 – 2 výkres: půdorys VZT, řezy, pohledy, A0

## Příloha P1

Tepelné ztráty místnosti 201

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Označení stěny	Plocha stěny					Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v + Q_z$
	Tloušťka stěny	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel	Rozdíl	Tepelná	Na vyrovnání	Na urychlení	Na světovou	$1 + p_1 + p_2 + p_3$		
								prostupu	teplot						ztráta	
	cm	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	$Wm^{-2}K^{-1}$	$\Delta t$	$k \cdot \Delta t$	$Q_0$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	W		
SO	44	4	3,95	15,8	1	6	9,8	0,217	38	8,2	80,75	$k_c = Q_0 / (t_i - t_e) \cdot \sum S$	0,1	0,1	1,235	
OZ		3	2	6	0	0	6	1,1	38	41,8	250,80					
SN	25	4,5	3,95	17,775	0	0	17,775	1,005	0	0,0	0,00					
SN1	25	4	3,95	15,8	1	1,576	14,224	1,005	5	5,0	71,51					
DN		1,97	0,8	1,576	0	0	1,576	3	5	15,0	23,64					
SO1	44	4,5	3,95	17,775	1	6	11,775	0,217	38	8,2	97,02					
OZ		3	2	6	0	0	6	1,1	38	41,8	250,80					
PDL	50	4	4,5	18	0	0	18	0,469	0	0,0	0,00					
STR	65	4	4,5	18	0	0	18	0,178	23	4,1	73,65					
												0,035				
							$\sum S =$	103,15			$Q_0 =$	848,16				
$V_v = S(i_{L,V} * L) * B * M =$			0,0028		$t_i =$	20	°C	$t_{i,p} =$	20	°C					$Q_p =$	1047
$Q_v = 1300 * V_v * (t_i - t_e) =$			138		$t_e =$	-18	°C	$t_{i,str} =$	-3	°C					$Q_v =$	138
$M =$	0,7				$t_{i,ch} =$	15	°C								$Q_z =$	0
$B =$	8														$Q_c =$	<b>1185</b>

## Tepelné ztráty místnosti 206

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
Označení stěny	Plocha stěny					Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v + Q_z$			
	Tloušťka stěny	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel	Rozdíl	$k \cdot \Delta t$	Tepelná	Na vyrovnání	Na urychlení	Na světovou	$1 + p_1 + p_2 + p_3$				
								prostupující	teplot		ztráta						vlivu chladných	zátopu	stranu
	cm	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>	K	Wm <sup>-2</sup>	W	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	W					
SN	25	4,5	3,95	17,775	0	0	17,775	1,005	0	0,0	0,00	$k_c = Q_o / (t_i - t_e) \cdot \sum S$	0,1	0	1,113				
SN1	25	3,62	3,95	14,299	0	0	14,299	1,005	5	5,0	71,88								
SN2	25	4,5	3,95	17,775	1	3	14,775	1,005	5	5,0	74,28								
DN		1,5	2	3	0	0	3	3	5	15,0	45,00								
SN3	25	3,62	3,95	14,299	0	0	14,299	1,005	5	5,0	71,88								
PDL	50	5	4,5	22,5	0	0	22,5	0,469	0	0,0	0,00								
STR	65	5	4,5	22,5	0	0	22,5	0,178	23	4,1	92,06								
																$p_1 = 0,15 \cdot k_c$			
												0,013							
							$\sum S =$	109,15			$Q_o =$	355,11							
$V_v = S(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M =$	0				$t_i =$	20	°C	$t_{i,p} =$	20	°C					$Q_p =$	395			
$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) =$	0				$t_e =$	-18	°C	$t_{i,str} =$	-3	°C					$Q_v =$	0			
$M =$	0,7				$t_{i,ch} =$	15	°C	$t_{i,sch} =$	15	°C					$Q_z =$	0			
$B =$	8														$Q_c =$	395			

## Tepelné ztráty místnosti 208

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Označení stěny	Plocha stěny					Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v + Q_z$
	Tloušťka stěny	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel	Rozdíl teplot	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátěpu	Na světovou stranu	$1 + p_1 + p_2 + p_3$		
								prostu- pu tepla							$k$	
	cm	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>	K	Wm <sup>-2</sup>	W	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	W		
SO	44	4,5	3,95	17,775	1	4	13,775	0,217	38	8,2	113,50	$k_c = Q_0 / (t_i - t_e) \cdot \sum S$	0,1	0,05	1,178	
OZ		2	2	4	0	0	4	1,1	38	41,8	167,20					
SO1	44	3,8	3,95	15,01	1	4	11,01	0,217	38	8,2	90,72					
OZ		2	2	4	0	0	4	1,1	38	41,8	167,20					
SN	25	4,5	3,95	17,775	0	0	17,775	1,005	0	0,0	0,00					
SN1	25	3,8	3,95	15,01	1	1,576	13,434	1,005	5	5,0	67,54					
DN		0,8	1,97	1,576	0	0	1,576	3	5	15,0	23,64					
PDL	50	3,8	4,5	17,1	0	0	17,1	0,469	0	0,0	0,00					
STR	65	3,8	4,5	17,1	0	0	17,1	0,178	23	4,1	69,97					
							$\sum S =$	99,77			$Q_0 =$	699,76				
$V_v = S(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M =$			0,00224		$t_i =$	20	°C	$t_{i,p} =$	20	°C					$Q_p =$	824
$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) =$			111		$t_e =$	-18	°C	$t_{i,str} =$	-3	°C					$Q_v =$	111
$M =$	0,7				$t_{i,ch} =$	15	°C								$Q_z =$	0
$B =$	8														$Q_c =$	935

## Tepelné ztráty místnosti 209

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Označení stěny	Plocha stěny					Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v + Q_z$
	Tloušťka stěny	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel	Rozdíl teplot	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátoku	Na světovou stranu	$1 + p_1 + p_2 + p_3$		
								prostupu tepla							$k$	
	cm	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>	K	Wm <sup>-2</sup>	W	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	W		
SN	25	4,5	3,95	17,775	0	0	17,775	1,005	0	0,0	0,00	$k_c = Q_0 / (t_i - t_e) \cdot \sum S$	0,1	0,05	1,167	
SO	44	3,8	3,95	15,01	1	4	11,01	0,217	38	8,2	90,72					
OZ		2	2	4	0	0	4	1,1	38	41,8	167,20					
SN1	25	4,5	3,95	17,775	0	0	17,775	1,005	0	0,0	0,00					
SN2	25	3,8	3,95	15,01	1	1,576	13,434	1,005	5	5,0	67,54					
DN		0,8	1,97	1,576	0	0	1,576	3	5	15,0	23,64					
PDL	50	3,8	4,5	17,1	0	0	17,1	0,469	0	0,0	0,00					
STR	65	3,8	4,5	17,1	0	0	17,1	0,178	23	4,1	69,97					
												p <sub>1</sub> =0,15.k <sub>c</sub>				
												0,017				
						$\sum S =$	99,77				$Q_0 =$	419,06				
$V_v = S(i_{LV} * L) * B * M =$			0,00112		$t_i =$	20	°C	$t_{i,p} =$	20	°C					$Q_p =$	489
$Q_v = 1300 * V_v * (t_i - t_e) =$			55		$t_e =$	-18	°C	$t_{i,str} =$	-3	°C					$Q_v =$	55
$M =$	0,7				$t_{i,ch} =$	15	°C								$Q_z =$	0
$B =$	8														$Q_c =$	<b>544</b>

## Tepelné ztráty místnosti 210

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
Označení stěny	Plocha stěny					Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v + Q_z$			
	Tloušťka stěny	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel	Rozdíl	Tepelná	Na vyrovnání	Na urychlení	Na světovou	1+p <sub>1</sub> +p <sub>2</sub> +p <sub>3</sub>					
								prostu- pupu tepla	teplot						ztráta		vlivu chladných stěn	zátoku	stranu
	cm	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>	Δt	k*Δt	Q <sub>0</sub>	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	W					
SN	25	4,5	3,95	17,775	0	0	17,775	1,005	0	0,0	0,00	$k_c = Q_o / (t_i - t_e) \cdot \sum S$	0,1	0,05	1,167				
SO	44	3	3,95	11,85	1	4	7,85	0,217	38	8,2	64,68								
OZ		2	2	4	0	0	4	1,1	38	41,8	167,20								
SN1	25	4,5	3,95	17,775	1	1,773	16,002	1,005	0	0,0	0,00								
DN		0,9	1,97	1,773	0	0	1,773	3	0	0,0	0,00								
SN2	25	3	3,95	11,85	1	1,576	10,274	1,005	5	5,0	51,65								
DN		0,8	1,97	1,576	0	0	1,576	3	5	15,0	23,64								
PDL	50	3	4,5	13,5	0	0	13,5	0,469	0	0,0	0,00								
STR	65	3	4,5	13,5	0	0	13,5	0,178	23	4,1	55,24					p <sub>1</sub> =0,15.k <sub>c</sub>			
																0,017			
						$\sum S =$	86,25			$Q_0 =$	362,41								
$V_v = S(i_{LV} * L) * B * M =$			0,00112		$t_i =$	20	°C	$t_{i,p} =$	20	°C					$Q_p =$	423			
$Q_v = 1300 * V_v * (t_i - t_e) =$			55		$t_e =$	-18	°C	$t_{i,str} =$	-3	°C					$Q_v =$	55			
$M =$	0,7				$t_{i,ch} =$	15	°C								$Q_z =$	0			
$B =$	8														$Q_c =$	478			

## Tepelné ztráty místnosti 211

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
Označení stěny	Tloušťka stěny	Plocha stěny				Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v + Q_z$				
		Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel	Rozdíl	Tepelná	Na vyrovnání	Na urychlení	Na světovou	1+p <sub>1</sub> +p <sub>2</sub> +p <sub>3</sub>						
								prostupu	teplot						ztráta		vlivu chladných	zátapu	stranu	
cm	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	k	Δt	k*Δt	Q <sub>0</sub>	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	W						
SN	25	4,5	3,95	17,775	1	1,773	16,002	1,005	0	0,0	0,00	$k_c = Q_o / (t_i - t_e) \cdot \sum S$	0,1	0,05	1,166					
DN		0,9	1,97	1,773	0	0	3	3	0	0,0	0,00									
SO	44	3,28	3,95	12,956	1	4	8,956	0,217	38	8,2	73,79									
OZ		2	2	4	0	0	4	1,1	38	41,8	167,20									
SN1	25	4,5	3,95	17,775	1	1,773	16,002	1,005	0	0,0	0,00									
DN		0,9	1,97	1,773	0	0	1,773	3	0	0,0	0,00									
SN2	25	3,28	3,95	12,956	1	1,576	11,38	1,005	5	5,0	57,21									
DN		0,8	1,97	1,576	0	0	1,576	3	5	15,0	23,64									
PDL	50	3,28	4,5	14,76	0	0	14,76	0,469	0	0,0	0,00					p <sub>1</sub> =0,15.k <sub>c</sub>				
STR	65	3,28	4,5	14,76	0	0	14,76	0,178	23	4,1	60,39									
												0,016								
						$\sum S =$	92,209				Q <sub>0</sub> =	382,23								
$V_v = S(i_{LV} * L) * B * M =$			0,00112		$t_i =$	20	°C	$t_{i,p} =$	20	°C					Q <sub>p</sub> =	446				
$Q_v = 1300 * V_v * (t_i - t_e) =$			55		$t_e =$	-18	°C	$t_{i,str} =$	-3	°C					Q <sub>v</sub> =	55				
M =	0,7				$t_{i,ch} =$	15	°C								Q <sub>z</sub> =	0				
B =	8														Q <sub>c</sub> =	501				

## Tepelné ztráty místnosti 212

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
Označení stěny	Plocha stěny					Základní tepelná ztráta						Přirážky			Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v + Q_z$					
	Tloušťka stěny	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel	Rozdíl	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátoku	Na světovou stranu	$1 + p_1 + p_2 + p_3$						
								prostupu tepla	teplot							$k \cdot \Delta t$	$Q_0$			
	cm	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>	K	Wm <sup>-2</sup>	W	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	W						
SN	25	4,5	3,95	17,775	1	1,773	16,002	1,005	0	0,0	0,00	$k_c = Q_0 / (t_i - t_e) \cdot \sum S$	0,1	0	1,125					
DN		0,9	1,97	1,773	0	0	1,773	3	0	0,0	0,00									
SO	44	4,5	3,95	17,775	1	6	11,775	0,217	38	8,2	97,02									
OZ		3	2	6	0	0	6	1,1	38	41,8	250,80									
SO1	44	12,7	3,95	50,165	2	12	38,165	0,217	38	8,2	314,46									
OZ		3	2	6	0	0	6	1,1	38	41,8	250,80									
OZ		3	2	6	0	0	6	1,1	38	41,8	250,80									
SN1	25	4,5	3,95	17,775	1	3	14,775	1,005	0	0,0	0,00					p <sub>i</sub> =0,15.k <sub>c</sub>	0,1	0	1,125	
DN		1,5	2	3	0	0	3	3	0	0,0	0,00									
SN2	25	7,94	3,95	31,363	1	3	28,363	1,005	5	5,0	142,59					0,025	0,1	0	1,125	
DN	0	1,5	2	3	0	0	3	3	5	15,0	45,00									
PDL	50	0	0	57	0	0	57	0,469	0	0,0	0,00									
STR	65	0	0	57	0	0	57	0,178	23	4,1	233,22									
						$\sum S =$	248,853				$Q_0 =$	1584,69								
$V_v = S(i_{LV} * L) * B * M =$			0,0056		$t_i =$	20	°C	$t_{i,p} =$	20	°C					$Q_p =$	1783				
$Q_v = 1300 * V_v * (t_i - t_e) =$			277		$t_e =$	-18	°C	$t_{i,str} =$	-3	°C					$Q_v =$	277				
$M =$	0,7				$t_{i,ch} =$	15	°C								$Q_z =$	0				
$B =$	8														$Q_c =$	<b>2060</b>				



## Tepelné ztráty místnosti 215

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Označení stěny	Plocha stěny					Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v + Q_z$
	Tloušťka stěny	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel	Rozdíl	Tepelná	ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátopu	Na světovou stranu	$1 + p_1 + p_2 + p_3$	
								prostupu tepla	teplot							
	cm	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>	K	Wm <sup>-2</sup>	W	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	W		
SN	25	4	3,95	15,8	1	1,576	14,224	1,005	5	5,0	71,51	$k_c = Q_o / (t_i - t_e) \cdot \sum S$	0,1	-0,05	1,069	
DN		0,8	1,97	1,576	0	0	1,576	3	5	15,0	23,64					
SN1	25	4,5	3,95	17,775	0	0	17,775	1,005	0	0,0	0,00					
SO	44	4	3,95	15,8	1	6	9,8	0,217	38	8,2	80,75					
OZ		3	2	6	0	0	6	1,1	38	41,8	250,80					
SN2	25	4,5	3,95	17,775	0	0	17,775	1,005	0	0,0	0,00					
PDL	50	4	4,5	18	0	0	18	0,469	0	0,0	0,00					
STR	65	4	4,5	18	0	0	18	0,178	23	4,1	73,65					
												$p_1 = 0,15 \cdot k_c$				
												0,019				
						$\sum S =$	103,15				$Q_o =$	500,34				
$V_v = S(i_{LV} * L) * B * M =$			0,0014		$t_i =$	20	°C	$t_{i,p} =$	20	°C					$Q_p =$	535
$Q_v = 1300 * V_v * (t_i - t_e) =$			69		$t_e =$	-18	°C	$t_{i,str} =$	-3	°C					$Q_v =$	69
$M =$	0,7				$t_{i,ch} =$	15	°C								$Q_z =$	0
$B =$	8														$Q_c =$	<b>604</b>

## Tepelné ztráty místnosti 216

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Označení stěny	Plocha stěny					Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v + Q_z$
	Tloušťka stěny	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel	Rozdíl	Tepelná	Na vyrovnání	Na urychlení	Na světovou	1+p <sub>1</sub> +p <sub>2</sub> +p <sub>3</sub>		
								prostupu	teplot						ztráta	
	cm	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>	Δt	K	Wm <sup>-2</sup>	W	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	W	
SN	25	4	3,95	15,8	1	1,576	14,224	1,005	5	5,0	71,51	$k_c = Q_o / (t_i - t_e) \cdot \sum S$	0,1	-0,05	1,069	
DN		0,8	1,97	1,576	0	0	1,576	3	5	15,0	23,64					
SN1	25	4,5	3,95	17,775	0	0	17,775	1,005	0	0,0	0,00					
SO	44	4	3,95	15,8	1	6	9,8	0,217	38	8,2	80,75					
OZ		3	2	6	0	0	6	1,1	38	41,8	250,80					
SN2	25	4,5	3,95	17,775	0	0	17,775	1,005	0	0,0	0,00					
PDL	50	4	4,5	18	0	0	18	0,469	0	0,0	0,00					
STR	65	4	4,5	18	0	0	18	0,178	23	4,1	73,65					
												p <sub>1</sub> =0,15.k <sub>c</sub>				
												0,019				
						$\sum S =$	103,15				Q <sub>o</sub> =	500,34				
$V_v = S(i_{LV} * L) * B * M =$			0,0014		t <sub>i</sub> =	20	°C	t <sub>i,p</sub> =	20	°C					Q <sub>p</sub> =	535
$Q_v = 1300 * V_v * (t_i - t_e) =$			69		t <sub>e</sub> =	-18	°C	t <sub>i,str</sub> =	-3	°C					Q <sub>v</sub> =	69
M =	0,7				t <sub>i,ch</sub> =	15	°C								Q <sub>z</sub> =	0
B =	8														Q <sub>c</sub> =	604

## Tepelné ztráty místnosti 217

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Označení stěny	Plocha stěny					Základní tepelná ztráta						Přirážky				Celková tepelná ztráta $Q_c = Q_p + Q_v + Q_z$
	Tloušťka stěny	Délka	Šířka nebo výška	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Součinitel prostupu tepla	Rozdíl teplot	Tepelná ztráta	Na vyrovnání vlivu chladných stěn	Na urychlení zátapu	Na světovou stranu	$1 + p_1 + p_2 + p_3$		
								k	$\Delta t$						$k \cdot \Delta t$	
	cm	m	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>	K	Wm <sup>-2</sup>	W	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	W		
SN	25	4	3,95	15,8	1	1,576	14,224	1,005	5	5,0	71,51	$k_c = Q_0 / (t_i - t_e) \cdot \sum S$	0,1	0	1,132	
DN		0,8	1,97	1,576	0	0	1,576	3	5	15,0	23,64					
SN1	25	4,5	3,95	17,775	0	0	17,775	1,005	0	0,0	0,00					
SO	44	4	3,95	15,8	1	6	9,8	0,217	38	8,2	80,75					
OZ		3	2	6	0	0	6	1,1	38	41,8	250,80					
SO1	44	4,5	3,95	17,775	1	6	11,775	0,217	38	8,2	97,02					
OZ		3	2	6	0	0	6	1,1	38	41,8	250,80					
PDL	50	4	4,5	18	0	0	18	0,469	0	0,0	0,00					
STR	65	4	4,5	18	0	0	18	0,178	23	4,1	73,65					$p_1 = 0,15 \cdot k_c$
																0,032
						$\sum S =$	103,15			$Q_0 =$	848,16					
$V_v = S(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M =$			0,0028		$t_i =$	20	°C	$t_{i,p} =$	20	°C					$Q_p =$	961
$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) =$			138		$t_e =$	-18	°C	$t_{i,str} =$	-3	°C					$Q_v =$	138
$M =$	0,7				$t_{i,ch} =$	15	°C								$Q_z =$	0
$B =$	8														$Q_c =$	1099