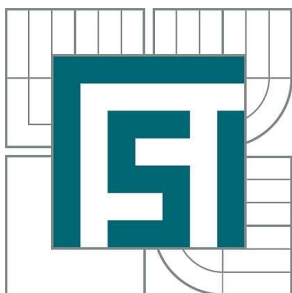


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

KLIMATIZACE KANCELÁŘÍ

AIR-CONDITIONING OF OFFICES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. TOMÁŠ TRÁVNÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. EVA JANOTKOVÁ, CSc.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Tomáš Trávníček

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Technika prostředí (2301T024)**

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

Klimatizace kanceláří

v anglickém jazyce:

Air-conditioning of offices

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh a dimenzování ústředního vzduchového klimatizačního zařízení pro kancelářské prostory v 2 NP třípodlažního domu. Dům se nachází v lokalitě s letní výpočtovou teplotou 30 °C a teplotou mokrého teploměru 20 °C a výpočtovou teplotou zimní -12 °C. Dispozice objektu a stavební materiály dle dodané dokumentace.

Cíle diplomové práce:

Stanovení množství větracího vzduchu. Výpočet tepelných ztrát a tepelné zátěže klimatizovaných prostor. Psychrometrický výpočet letního a zimního provozu. Návrh strojovny klimatizace, distribuce vzduchu, dimenzování vzduchovodů a ventilátorů. Rozpis materiálů. Zpracování potřebné výkresové dokumentace.

Seznam odborné literatury:

Chyský, J. - Hemzal, K. a kol.: Větrání a klimatizace. Technický průvodce sv. 31. BOLIT, Brno 1993.

Székyová, M. - Ferstl, K. - Nový, R.: Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava 2006.

ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu.

ČSN 730548 Výpočet tepelné zátěže klimatisovaných prostorů.

ČSN 730540 Tepelná ochrana budov.

Nařízení vlády 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.

Firemní podklady.

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

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Cílem diplomové práce je návrh klimatizačního systému pro jedno patro kanceláří již stojící administrativní budovy. Návrh klimatizačního systému vychází ze stanovení větracího vzduchu, stanovených tepelných ztrát, tepelné zátěže a psychrometrických výpočtů letního a zimního provozu. Na získané hodnoty jsou navrženy vzduchovody s koncovými vyústkami a také klimatizační jednotka s návrhem strojovny. Návrh a výpočtové řešení je doplněno o výkresovou dokumentaci se seznamem položek.

Abstract

The aim of a master thesis is the proposal of the air conditioning system for one floor of offices in the administrative building. Proposal of the air conditioning system is based on the calculated ventilation air, further on thermal losses, thermal gains and then psychrometric calculation for summer and winter operation. Obtained values are the basis of the proposal of the air ducts with ending parts like a diffusers. It also obtains the proposal of the air conditioning unit with design of machine room. The proposal and all calculations are supplemented with drawing documentation and list of items.

Klíčová slova

klimatizace, kancelář, větrání, tepelné zisky, tepelné ztráty

Key words

air conditioning, office, ventilation, thermal gains, thermal losses

Bibliografická citace

TRÁVNÍČEK, T. *Klimatizace kanceláří*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 77 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Eva Janotková, CSc.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Klimatizace kanceláří vypracoval samostatně s použitím literatury a pramenů uvedených v seznamu dále s využitím odborných konzultací a také svých získaných znalostí.

V Brně dne:.....

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat nejprve paní doc. Ing. Evě Janotkové, CSc. za její odborné vedení, cenné rady při řešení diplomové práce a za její vstřícnost v průběhu celého magisterského studia.

Dále děkuji svoji rodině za trpělivost a podporu po celou dobu studentského života, bez nichž by tyto řádky neexistovaly.

V neposlední řadě děkuji za psychickou podporu mé dlouholeté přítelkyni a budoucí manželce Kateřině. Taktéž i za podporu její rodiny.

ÚVOD.....	11
1 KLIMATIZAČNÍ SYSTÉMY.....	12
1.1 VZDUCHOVÉ SYSTÉMY	12
1.2 KOMBINOVANÉ SYSTÉMY	13
1.3 VODNÍ SYSTÉMY	13
1.4 CHLADIVOVÉ SYSTÉMY	14
2 STANOVENÍ MNOŽSTVÍ VĚTRACÍHO VZDUCHU	16
3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	17
3.1 VÝPOČET SOUČINITELŮ PROSTUPU TEPLA.....	17
3.1.1 Složení stěn a vlastnosti materiálů	17
3.2 NÁVRHOVÉ TEPELNÉ ZTRÁTY PRO VYTÁPĚNÝ PROSTOR	19
3.2.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem	19
3.2.2 Návrhová tepelná ztráta větráním.....	19
3.2.3 Celková návrhová tepelná ztráta.....	20
3.3 NÁVRHOVÝ TEPELNÝ VÝKON PRO VYTÁPĚNÝ PROSTOR	20
3.3.1 Celkový návrhový tepelný výkon	20
3.3.2 Přerušované vytápěné prostory.....	20
3.4 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT.....	21
3.4.1 Tepelné ztráty prostupem	22
3.4.2 Tepelné ztráty větráním.....	23
3.4.3 Celková návrhová tepelná ztráta.....	23
3.4.4 Zátopový tepelný výkon	23
3.4.5 Návrhový tepelný výkon	23
4 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE.....	25
4.1 TEPELNÉ ZISKY OD VNITŘNÍCH ZDROJŮ	25
4.1.1 Produkce tepla od lidí.....	25
4.1.2 Produkce tepla od svítidel.....	25
4.1.3 Produkce tepla od elektronických zařízení.....	26
4.1.4 Produkce tepla ventilátoru	26
4.1.5 Tepelný zisk prostupem tepla z přilehlých místností	26
4.2 TEPELNÉ ZISKY OD VNĚJŠÍCH ZDROJŮ	27
4.2.1 Tepelné zisky prostupem tepla oknem	27
4.2.2 Tepelné zisky sluneční radiací oknem	27
4.2.3 Tepelné zisky venkovní stěnou.....	31
4.2.4 Tepelné zisky z přívodu venkovního větracího vzduchu	31
4.3 TEPELNÉ ZISKY VÁZANÝM TEPEM MÍSTNOSTI N215	32
4.4 CELKOVÉ TEPELNÉ ZISKY CITELNÝM TEPEM MÍSTNOSTI N215.....	32
4.5 TEPELNÁ ZÁTĚŽ KLIMATIZAČNÍHO ZAŘÍZENÍ CITELNÝM TEPEM PRO MÍSTNOST N215	32
4.6 CELKOVÁ TEPELNÁ ZÁTĚŽ KLIMATIZOVANÉHO MÍSTNOSTI N215.....	32
5 PSYCHROMETRICKÉ VÝPOČTY.....	35
5.1 VÝPOČET LETNÍHO PROVOZU	35
5.2 VÝPOČET ZIMNÍHO PROVOZU	39
6 NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ VZDUCHOVODŮ	43
6.1 NÁVRH KONCOVÝCH PRVKŮ PŘÍVODNÍHO POTRUBÍ.....	43
6.2 NÁVRH KONCOVÝCH PRVKŮ ODVODNÍHO POTRUBÍ	49
6.3 NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ VZDUCHOVODŮ PRO PŘÍVOD VZDUCHU.....	52
6.4 NÁVRH A DIMENZOVÁNÍ VZDUCHOVODŮ PRO ODVOD VZDUCHU	57
7 NÁVRH KLIMATIZAČNÍHO ZAŘÍZENÍ.....	62
8 NÁVRH STROJOVNY KLIMATIZACE.....	68
ZÁVĚR	70
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	71
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	73

SEZNAM PŘÍLOH.....	77
SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE	77

Úvod

Pracovní výkon jedince, ať už v jakémkoliv zaměstnání, je závislý na mnoha faktorech. Některé faktory mohou být osobního rázu, fyzického či psychického rozpoložení člověka a také faktory ovlivňující mikroklima místa, kde člověk pracuje a které lze i technicky ovlivnit. K tomuto účelu slouží klimatizace, která má za úkol vytvořit takové podmínky pro práci, v nichž lze kvalitně a pohodlně pracovat, což může mít pozitivní vliv na výše zmiňované fyzické a psychické rozpoložení člověka. Faktory vytvářející komfortní podmínky, o které se klimatizace stará, jsou teplota, vlhkost a čistota vzduchu.

Navržení takové klimatizace vychází ze stanovení základních parametrů, potřebného větracího vzduchu, vypočtených tepelných ztrát, tepelné zátěže a potom hlavně psychrometrických výpočtů. Ke klimatizování kanceláří jsou vhodné různé typy klimatizací, pokud je to ale možné, nejlepší a nejkompaktnější variantou jsou vzduchové klimatizační systémy, zvládající všechny možné úpravy vzduchu a které jsou omezeny pouze prostorem pro vedení vzduchovodů a potřebě strojovny na úpravu vzduchu.

Tato práce se právě takovýmto návrhem zabývá. Po stanovení potřebných parametrů je třeba navrhnout strojovnu, rozvod vzduchovodů s koncovými vyústkami, řádně je nadimenzovat a to vše s ohledem na ekonomické hledisko. K doložení navržené sestavy pak bude sloužit potřebná technická dokumentace v podobě výkresů a rozpisu materiálů.

1 Klimatizační systémy

Klimatizační systém je soubor prvků, určených k úpravě a distribuci vzduchu ať už v průmyslu nebo v oblasti pobytu osob, tedy komfortním prostředí. Práce je zaměřena na návrh klimatizačního systému komfortního, proto se průmyslové varianty nebudou probírány. Klimatizační systémy se skládají z různých prvků a mají odlišné způsoby úpravy konečného stavu vzduchu, proto se také dělí na ústřední klimatizační systémy a na klimatizační jednotky.

Ústřední klimatizační systémy – hlavním elementem těchto systémů je ústřední klimatizační strojovna, kde probíhá buď veškerá nebo alespoň částečná úprava distribuovaného vzduchu a je odsud zajištěn přívod venkovního větracího vzduchu většinou rozsáhlými vzduchovody. Pokud se jedná jen o částečnou úpravu vzduchu, zbytek úprav potom zajišťují koncové prvky např. v podobě indukčních jednotek.

Klimatizační jednotky – jsou oproti ústředním systémům kompaktní, umístěny jsou většinou v místnosti a nepotřebují rozsáhlou vzduchotechnickou síť.

Dle teplotních látek se dělí majících hlavní podíl na požadovaném komfortu se potom systémy dělí na:

- **vzduchové**
- **kombinované**
- **vodní**
- **chladivové**

1.1 Vzduchové systémy

Teplotní látkou je u těchto systému vzduch, který je rozváděn vzduchotechnickou sítí do koncových prvků (vyústek, indukčních jednotek, směšovacích skříní apod). Jelikož má vzduch z energetického hlediska malou kapacitu, je nutné na potřebný transport požadovaného množství vzduchu o požadované teplotě navrhnout vhodný vzduchovod. Díky tomuto faktu, pak vzduchovody zabírají v budově nebo i na ní poměrně velký prostor. Dle navržených rychlostí a potřebných průtoků se potom vzduchové systémy dělí na:

Nízkotlaké ústřední klimatizační systémy – jsou systémy jednokanálové v jejichž potrubí se vzduch dle [13] pohybuje rychlostí do 12 m/s. O úpravu vzduchu se stará sestavná klimatizační jednotka viz obr. 1.1 a vzduch je z ní rozváděn do místností bez možnosti jednotlivých regulací stavu vzduchu.

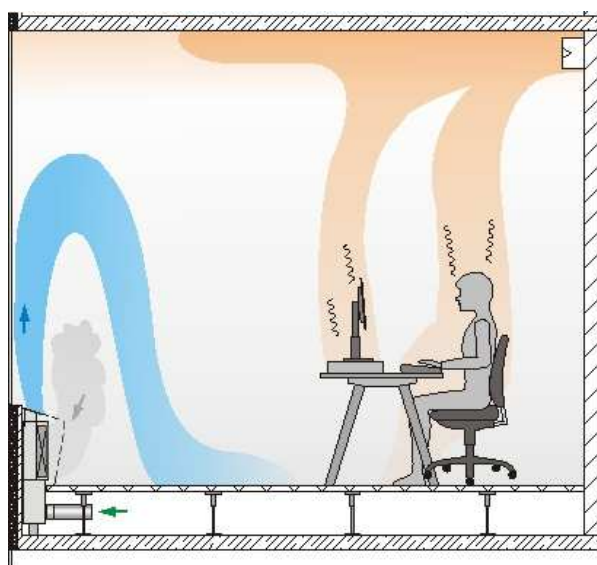


Obr. 1.1 Sestavná klimatizační jednotka Senator 25 [12]

Vysokotlaké ústřední klimatizační systémy – jsou systémy jednokanálové nebo dvoukanálové v jejichž potrubí se vzduch pohybuje rychlostí do 25 m/s. Kvůli vysoké rychlosti proudícího vzduchu se vzduch před vstupem do místnosti zpomalí pomocí expanzní nebo směšovací skříně. Jejich výhodou je možnost regulace přiváděného vzduchu pomocí zmíněných prvků. Nevýhodou je u dvoukanálových nutnost vedení dvou potrubí přírodního vzduchu.

1.2 Kombinované systémy

Kombinované systémy pracují na principu voda – vzduch, což znamená, že na úpravě stavu vzduchu se podílí obě teplotně media. Úprava primárního (větracího) vzduchu

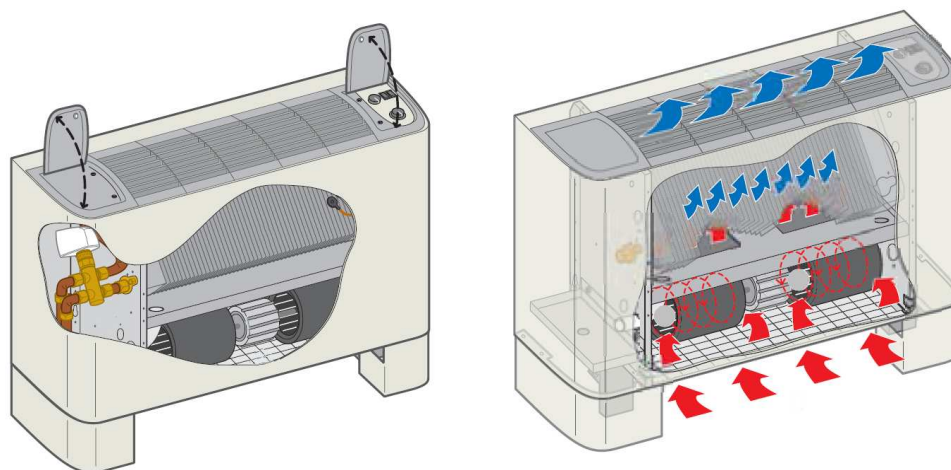


probíhá ve strojovně, ten je pak přiváděn do indukční jednotky v místnosti, která jej dopraví. Jednotka je napojena na přívod vody a může tedy vzduch ohřívat nebo chladit, umožňuje zároveň nasávání sekundárního vzduchu z místnosti a oba proudy vzduchu mísit. Stejným způsobem fungují i chladicí trávce, jejichž používání se začíná teprve rozšiřovat. [13] Jak může systém s indukční jednotkou fungovat je patrné např. z obr. 1.2

Obr. 1.2 Přívod vzduchu do indukční jednotky dvojitou podlahou [14]

1.3 Vodní systémy

Voda je u vodních systémů hlavním médiem zajišťující vytápění nebo chlazení místnosti. Jako koncový prvek se používá zejména klimakonvektor (fancoil), obsahující vlastní ventilátor, ohřívač a chladič. Jednotka je napojena na dvou nebo čtyřtrubkový rozvod teplé a studené vody. Schématické provedení fancoilu je na obr. 1.3.



Obr. 1.3 Fancoil SILENCE – vertikální se spodním sáním [15]

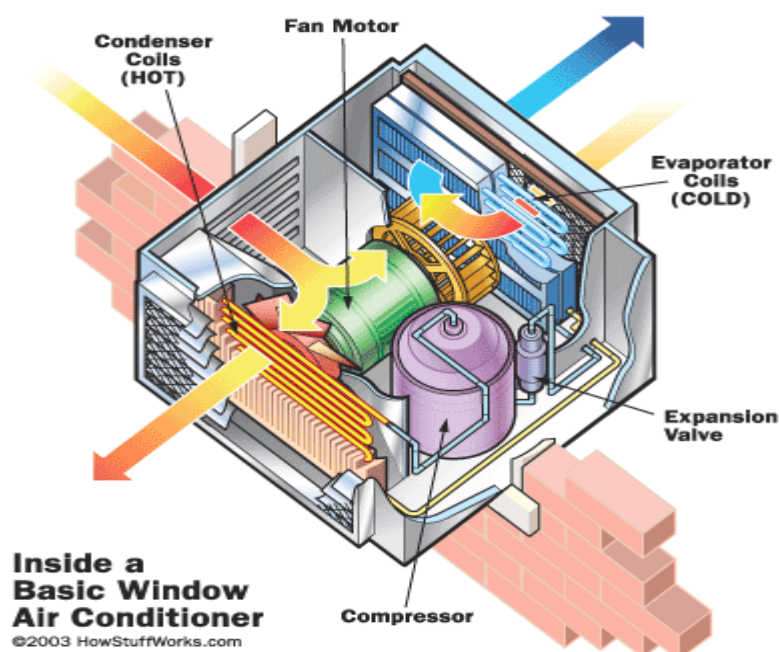
Fancoily pracují buď jen s oběhovým vzduchem nebo i s venkovním větracím v provedení s napojením na otvor do fasády. Vodní systémy jsou levnější než systémy ústřední, mají i menší provozní náklady, jsou ale naopak hlučnější. Nicméně trend je takový, že se stále vyvíjí nové a méně hlučné ventilátory.

1.4 Chladivové systémy

Chladivové systémy se používají výhradně na klimatizování jednotlivých místností. Mohou být v provedení okenní klimatizátorů, mobilních klimatizačních jednotek nebo dělených chladivových zařízení (split systémy).

Okenní klimatizátor – obsahuje chladicí zařízení se vzduchem chlazeným kompresorem

a je nutné aby byl kondenzátor umístěn vně místnosti. Jak zařízení funguje je patrné z obr. 1.4. Klimatizátor pracuje buď jen s oběhovým vzduchem nebo částečně i s venkovním.



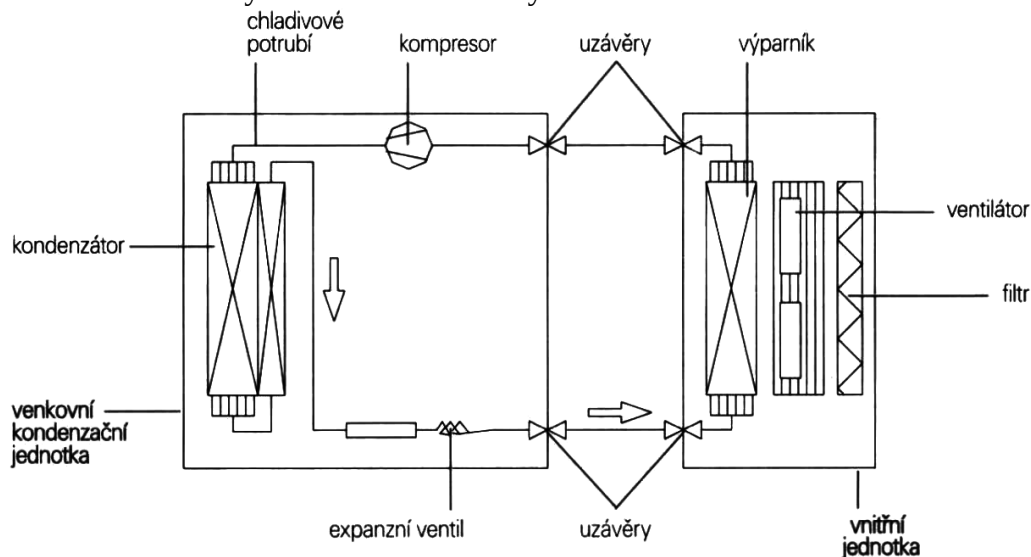
Obr. 1.4 Schéma okenního klimatizátoru [16]

Mobilní klimatizační jednotka – obsahuje celý chladicí okruh, kondenzátor se chladí pomocí vzduchu z místnosti a ten dále putuje hadicí do venkovního prostředí. Jednotka je většinou na kolečkách a je přenosná. Používá se většinou jen na lokální nebo občasné klimatizování.



Obr. 1.5 Mobilní jednotka firmy DESA – MASTER [17]

Split systémy – jsou systémy, které využívají změny skupenství oběžného chladiva mezi oddělenou vnitřní a venkovní jednotkou. Vnitřní jednotka obsahuje výparník, ventilátor a filtr, a je spojena s venkovní jednotkou chladivový potrubím, kde venkovní jednotka obsahuje kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Pro lepší představu je schéma split systému na obr. 1.6. Všeobecnou nevýhodou je u většiny split systémů nemožnost větrání. Potom je třeba navrhnout zvlášť větrací systém nebo větrat okny.



Obr. 1.6 Schéma split systému [18]

Kromě jednoduchých split systémů se používají **multisplit** systémy, které mohou mít spojeny až 5 vnitřních jednotek na jednu vnější [13]. Výhodou je možnost regulace jednotlivě.

Dalším a stále se rozšiřujícím systémem je multisplit systém s proměnným průtokem chladiva neboli **VRV systém**. Ten je schopen kromě automatické regulace přečerpávat i teplo z nevyužívané místnosti do jiné. Maximální počet připojených vnitřních jednotek na vnější je 64. Funguje i jako tepelné čerpadlo.

2 Stanovení množství větracího vzduchu

Průtok větracího vzduchu pro klimatizované prostory se stanovuje z dávek vzduchu na osobu nebo z doporučené výměny intenzity výměny venkovního vzduchu.

Pro případ určování množství větracího vzduchu v kancelářích se užije způsob stanovení z dávek vzduchu na osobu dle Nařízení vlády 361/2007 Sb [4], kde se udává hodnota 50 m³/h na zaměstnance vykonávajícího práci vsedě s minimální celotělovou pohybovou aktivitou, kancelářské administrativní práce, kontrolní činnost v dozornách a velínech, psaní na stroji, práce s PC, laboratorní práce, sestavování nebo třídění drobných lehkých předmětů.

V tab. 2.1 je uveden počet lidí v jednotlivých kancelářích a množství potřebného venkovního větracího vzduchu.

Tab. 2.1 Stanovení množství větracího vzduchu

Místnost	Počet lidí	Množství vzduchu	Jednotky
N206	1	50	m ³ /h
N207	1	50	m ³ /h
N208	2	100	m ³ /h
N209	1	50	m ³ /h
N210	2	100	m ³ /h
N211	1	50	m ³ /h
N212	1	50	m ³ /h
N213	1	50	m ³ /h
N214	1	50	m ³ /h
N215	2	100	m ³ /h
N216	2	100	m ³ /h
N217	1	50	m ³ /h
N218	1	50	m ³ /h
N219	1	50	m ³ /h
N220	1	50	m ³ /h
N221	2	100	m ³ /h
N222	1	50	m ³ /h
N223	2	100	m ³ /h
N224	1	50	m ³ /h
N225	1	50	m ³ /h
Celkem	26	1300	m ³ /h

Pro celkem 26 osob je tedy potřeba přivádět množství $\dot{V}_e = 1300 \text{ m}^3/\text{h}$ venkovního větracího vzduchu.

3 Výpočet tepelných ztrát

Pro výpočet tepelných ztrát byla použita norma:

ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepleného výkonu [1]

ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin [3]

Výpočet je proveden podle zjednodušené metody uvedené v normě [1].

Jako vstupní hodnoty byly použity:

- venkovní výpočtová teplota $t_e = -12\text{ °C}$, ta se ale pro výpočet klimatizace snižuje o 3 °C , z čehož plyne $t_e = -15\text{ °C}$
- vnitřní výpočtová teplota $t_{i,i} = 20\text{ °C}$
- konstrukční výška podlaží $h = 3,6\text{m}$

3.1 Výpočet součinitelů prostupu tepla

Jako vstupní hodnoty pro výpočet tepelných ztrát byly spočítány součinitele prostupu tepla U_k stavebních částí budovy.

$$U_k = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{se}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (3.1)$$

kde:

d	tloušťka vrstvy	[m]
λ	tepelná vodivost	[W/m.K]
R_{ai}	tepelný odpor při přestupu tepla mezi vzduchem a vnitřní částí konstrukce	[m ² .K/W]
R_{ae}	tepelný odpor při přestupu tepla mezi vzduchem a vnější částí konstrukce	[m ² .K/W]
ΣR	součet tepelných odporů	

Výpočet všech hodnot součinitelů prostupu tepla je uveden v tab. 3.1.

Složení stěn a tloušťky vrstev byly zadány popř. voleny a dle těchto podkladů byly vyhledány hodnoty pro výpočet v lit. [3].

3.1.1 Složení stěn a vlastnosti materiálů

Vnější stěna tloušťky 380 mm

- omítka vápenná $d = 5\text{ mm}$, $\lambda = 0,88\text{ W/m.K}$ dle tab. A.1 v [3]
- CD INA – A $d = 365\text{ mm}$, $\lambda = 0,36\text{ W/m.K}$ dle tab. C.1 v [3]
- omítka perlitová $d = 10\text{ mm}$, $\lambda = 0,10\text{ W/m.K}$ dle tab. A.1 v [3]
- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně stěny $R_{ai} = 0,13\text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ dle tab. C.2 v [1]
- odpor při přestupu tepla na vnější straně stěny $R_{ae} = 0,04\text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ dle tab. C.2 v [1],
U těchto odporů se jedná o převrácenou hodnotu součinitele přestupu tepla α [W/m².K],

$$\text{tedy obecně: } R = \frac{1}{\alpha} \quad (3.2)$$

Vnitřní stěna tloušťky 380 mm

- omítka vápenná $d = 5 \text{ mm}$, $\lambda = 0,88 \text{ W/m.K}$ dle tab. A.1 v [3]
- cihla CD INA – A $d = 365 \text{ mm}$, $\lambda = 0,36 \text{ W/m.K}$ dle tab. C.1 v [3]
- omítka perlitová $d = 10 \text{ mm}$, $\lambda = 0,10 \text{ W/m.K}$ dle tab. A.1 v [3]
- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně stěny $R_{ai} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K/W}$ dle tab. C.2 v [1]
- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně stěny $R_{ae} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K/W}$ dle tab. C.2 v [1]

Vnitřní stěna tloušťky 125 mm

- omítka vápenná $d = 5 \text{ mm}$, $\lambda = 0,88 \text{ W/m.K}$ dle tab. A.1 v [3]
- cihla CDm $d = 115 \text{ mm}$, $\lambda = 0,60 \text{ W/m.K}$ dle tab. C.1 v [3]
- omítka vápenná $d = 5 \text{ mm}$, $\lambda = 0,88 \text{ W/m.K}$ dle tab. A.1 v [3]
- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně stěny $R_{ai} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K/W}$ dle tab. C.2 v [1]
- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně stěny $R_{ae} = 0,13 \text{ m}^2.\text{K/W}$ dle tab. C.2 v [1]

Podlaha

- parkety $d = 5 \text{ mm}$, $\lambda = 0,16 \text{ W/m.K}$ dle tab. A.1 v [3]
- dutinový železobetonový panel $d = 200 \text{ mm}$, $\lambda = 1,16 \text{ W/m.K}$ dle tab. B.1 v [3]
- omítka vápenná $d = 5 \text{ mm}$, $\lambda = 0,88 \text{ W/m.K}$ dle tab. A.1 v [3]
- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru) $R_{ai} = 0,10 \text{ m}^2.\text{K/W}$ dle tab. C.2 v [1]
- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů) $R_{ai} = 0,17 \text{ m}^2.\text{K/W}$ dle tab. C.2 v [1]

Okna

- okna zdvojená plastová jsem volil od firmy RI OKNA s hodnotou součinitele prostupu tepla $U_k = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Dveře

- dveře dřevěné plné se součinitelem prostupu tepla $U_k = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$ dle tab. D.2 v [3]

Tab. 3.1 Výpočet U_k - hodnot pro stavební části

Kód	Popis	d	λ	R	U_k
		m	W/m.K	$\text{m}^2.\text{K/W}$	$\text{W/m}^2.\text{K}$
1	Vnější stěna tloušťky 380 mm				
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{ai}			0,130	
	Omítka vápenná	0,005	0,880	0,006	
	Cihla CD INA – A	0,365	0,360	1,014	
	Omítka perlitová	0,010	0,100	0,100	
	Odpor při přestupu tepla na vnější straně R_{ae}			0,040	
	Celková tloušťka a U_k	0,380		1,290	0,775
2	Vnitřní stěna tloušťky 380 mm				
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{ai}			0,130	
	Omítka vápenná	0,005	0,880	0,006	
	Cihla CD INA – A	0,365	0,360	1,014	
	Omítka perlitová	0,010	0,100	0,100	
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{ai}			0,130	
	Celková tloušťka a U_k	0,380		1,380	0,725

Tab. 3.1 Výpočet U_k - hodnot pro stavební části - pokračování

3	Vnitřní stěna tenká				
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{ai}			0,130	
	Omítka vápenná	0,005	0,880	0,006	
	Cihla CDM	0,115	0,600	0,192	
	Omítka vápenná	0,005	0,880	0,006	
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{ai}			0,130	
	Celková tloušťka a U_k	0,125		0,463	2,160
4	Podlaha				
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{ai}			0,170	
	Parkety	0,005	0,160	0,031	
	Omítka vápenná	0,005	0,880	0,006	
	Dutinový železobetonový panel	0,200	1,160	0,172	
	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{ai}			0,100	
	Celková tloušťka a U_k	0,210		0,479	2,086
5	Dveře dřevěné plné				
	U_k	-		-	2,000
6	Okno zdvojené				
	U_k	-		-	1,100

3.2 Návrhové tepelné ztráty pro vytápěný prostor

3.2.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem

Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ pro vytápěný prostor (i), se vypočte:

$$\Phi_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k \cdot (t_{i,i} - t_e) \quad [\text{W}] \quad (3.3)$$

kde:

f_k teplotní korekční činitel pro stavební část (k) při uvažování rozdílu teploty uvažovaného případu a výpočtové venkovní teploty dle [1] v příloze D.7.2 tabulka D.11

A_k plocha stavební části (k) [m^2]

U_k součinitel prostupu tepla stavební části (k) [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

3.2.2 Návrhová tepelná ztráta větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ pro vytápěný prostor (i) se vypočte:

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_{\min,i} \cdot (t_{i,i} - t_e) \quad [\text{W}] \quad (3.4)$$

Kde:

$\dot{V}_{\min,i}$ výměna vzduchu pro vytápěný prostor (i) [m^3/h]

Při rovnotlakém větrání (klimatizaci) počítáme s tepelnou ztrátou infiltrací, tzn. $\dot{V}_{\min,i} = \dot{V}_{\text{inf},i}$.

Objemový tok infiltrací $\dot{V}_{\text{inf},i}$ vytápěného prostoru (i) se počítá dle vztahu:

$$\dot{V}_{\text{inf},i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3.5)$$

Kde:

- V_i objem vytápěného prostoru (i) vypočtený z vnitřních rozměrů prostoru $[\text{m}^3]$
- n_{50} intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu v příloze D.5.2 $[\text{h}^{-1}]$
- e_i stínící činitel v příloze D.5.3 $[1]$
- ε_i výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem v příloze D.5.4 $[1]$

3.2.3 Celková návrhová tepelná ztráta

Celková návrhová tepelná ztráta Φ_i vytápěného prostoru (i) se stanoví:

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta} \quad [\text{W}] \quad (3.6)$$

Kde:

- $f_{\Delta\theta}$ teplotní korekční činitel zohledňující dodatečné tepelné ztráty místností vytápěných na vyšší teplotu než mají sousední vytápěné místnosti dle $[1]$ v příloze D.7.2

3.3 Návrhový tepelný výkon pro vytápěný prostor

3.3.1 Celkový návrhový tepelný výkon

Celkový návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru (i) $\Phi_{HL,i}$ se stanoví:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} \quad [\text{W}] \quad (3.7)$$

kde:

- Φ_i návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru (i) $[\text{W}]$
- $\Phi_{RH,i}$ zátopový tepelný výkon vytápěného prostoru (i) $[\text{W}]$

3.3.2 Přerušované vytápěné prostory

Zátopový tepelný výkon požadovaný pro vyrovnání účinků přerušovaného vytápění $\Phi_{RH,i}$ ve vytápěném prostoru (i) se stanoví:

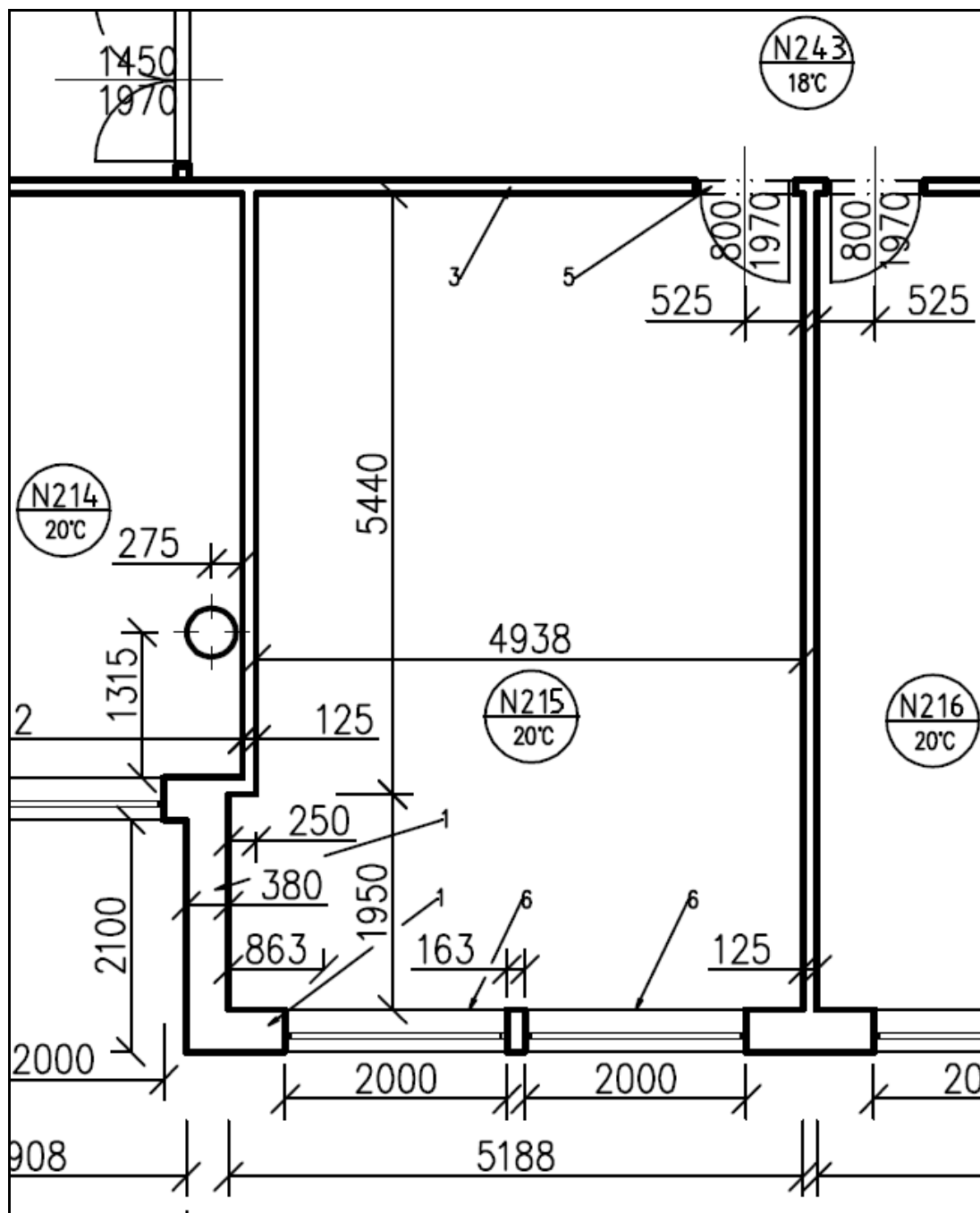
$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad [\text{W}] \quad (3.8)$$

kde:

- A_i podlahová plocha vytápěného prostoru (i) $[\text{m}^2]$
- f_{RH} zátopový součinitel závislý na druhu budovy, stavební konstrukci, době zátoku a předpokládaném poklesu vnitřní teploty během útlumu vytápění dle $[1]$, v příloze D.6 tabulka D.10a

3.4 Výpočet tepelných ztrát

Předmětem výpočtu je dvacet kanceláří, proto zde uvedu příklad výpočtu jen jedné, konkrétně N215 (obr. 3.1). Výpočet tepelných ztrát pro všechny místnosti je uveden ve formě tabulek, které jsou v příloze.



Obr. 3.1 Místnost N215

Místnost N215 sousedí s dvěma kancelářemi, část boční stěny a celá čelní stěna s okny je sdílána s venkovním prostředím. Vnitřní dveře vedou do prostoru haly.

3.4.1 Tepelné ztráty prostupem

Okno zdvojené, kód 6

$f_k = 1$ pro okna z tab. D.11 v normě

$$A_k = 2,1,3 = 2,6 \text{ m}^2$$

$$U_k = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_k \cdot A_k \cdot U_k = 1,2,6,1,1 = 2,86 \text{ W/K}$$

Okno zdvojené, kód 6

$f_k = 1$ pro okna z tab. D.11 v normě

$$A_k = 2,1,3 = 2,6 \text{ m}^2$$

$$U_k = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_k \cdot A_k \cdot U_k = 1,2,6,1,1 = 2,86 \text{ W/K}$$

Vnější stěna tloušťky 380 mm, kód 1

$f_k = 1,4$ pro neizolované tepelné mosty z tab. D.11 v normě

$$A_k = (5,188 + 0,360 + 0,0625) \cdot 3,6 - 2,2,6 = 15,07 \text{ m}^2$$

$$U_k = 0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_k \cdot A_k \cdot U_k = 1,4,15,07,0,78 = 16,41 \text{ W/K}$$

Vnější stěna tloušťky 380 mm, kód 1

$f_k = 1,4$ pro neizolované tepelné mosty z tab. D.11 v normě

$$A_k = (2,1 + 0,190) \cdot 3,6 = 8,24 \text{ m}^2$$

$$U_k = 0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_k \cdot A_k \cdot U_k = 1,4,8,24,0,78 = 8,95 \text{ W/K}$$

Dveře dřevěné, kód 5

$f_k = 0,42$ pro neizolované tepelné mosty do sousední funkční části budovy z tab. D.11 v normě

$$A_k = (1,97 + 0,8) \cdot 3,6 = 1,58 \text{ m}^2$$

$$U_k = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_k \cdot A_k \cdot U_k = 0,42,1,58,2 = 1,32 \text{ W/K}$$

Vnitřní stěna tloušťky 125 mm, kód 3

$f_k = 0,42$ pro neizolované tepelné mosty do sousední funkční části budovy z tab. D.11 v normě

$$A_k = (4,938 + 0,125) \cdot 3,6 - 1,58 = 16,65 \text{ m}^2$$

$$U_k = 2,16 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$f_k \cdot A_k \cdot U_k = 0,42,16,65,2,16 = 15,1 \text{ W/K}$$

Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem je potom:

$$H_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k = 47,5 \text{ W/K} \quad (3.9)$$

Celková tepelná ztráta prostupem:

$$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (t_{i,i} - t_e) = 47,5 \cdot (20 - (-15)) = 1662,5 \text{ W} \quad (3.10)$$

3.4.2 Tepelné ztráty větráním

Vnitřní objem

$$V_i = 125,36 \text{ m}^3$$

Intenzita výměny vzduchu

$$n_{50} = 2 \quad \text{zvoleno, dle přílohy D.5.2 [1]}$$

Stínící činitel

$$e_i = 0,02 \quad \text{dle přílohy D.5.3 [1]}$$

Výškový korekční činitel

$$\varepsilon_i = 1 \quad \text{dle přílohy D.5.4 [1]}$$

Objemový tok infiltrací

$$\dot{V}_{\text{inf},i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i = 2 \cdot 125,36 \cdot 2 \cdot 0,02 \cdot 1 = 10,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

Celková tepelná ztráta větráním:

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_{\text{min},i} \cdot (t_{i,i} - t_e) = 0,34 \cdot 10,03 \cdot (20 - (-15)) = 119,36 \text{ W}$$

Celková tepelná ztráta prostupem a větráním

$$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 1662,5 + 119,36 = 1781,9 \text{ W} \quad (3.11)$$

Korekční činitel na vyšší teplotu

$$f_{\Delta\theta} = 1 \quad \text{pro normální výpočtovou teplotu místnosti z tab. D.12 v normě}$$

3.4.3 Celková návrhová tepelná ztráta

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta} = (1662,5 + 119,36) \cdot 1 = 1781,9 \text{ W}$$

V tab. 2 jsou uvedeny hodnoty tepelných ztrát v jednotlivých místnostech a pod nimi tyto hodnoty sesumarizovány.

3.4.4 Zátopový tepelný výkon

Za předpokladu poklesu vnitřní teploty během teplotního útlumu o 2 K, vysoké hmotnosti budovy a době zátopy 2h volím zátopový součinitel:

$$f_{RH} = 22 \text{ W/m}^2 \quad \text{z tab. D.10a v normě}$$

Podlahová plocha

$$A_i = 36,98 \text{ m}^2$$

Celkový zátopový tepelný výkon

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} = 36,98 \cdot 22 = 813,6 \text{ W}$$

3.4.5 Návrhový tepelný výkon

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} = 1781,9 + 813,6 = 2595,5 \text{ W}$$

Při výpočtu nebyly uvažovány přestupy tepla mezi místnostmi se stejnou vnitřní teplotou, jelikož mezi nimi k žádné tepelné výměně nedochází. Celková návrhová tepelná ztráta pro jednotlivé místnosti je potom uvedena v tab. 3.2.

Tab. 3.2 Celková návrhová tepelná ztráta pro jednotlivé místnosti

Místnost	Tepelná ztráta	Jednotky
N206	1135,45	W
N207	1135,45	W
N208	2229,53	W
N209	931,16	W
N210	1444,81	W
N211	931,16	W
N212	931,16	W
N213	931,16	W
N214	872,75	W
N215	1780,37	W
N216	1780,37	W
N217	872,75	W
N218	931,16	W
N219	931,16	W
N220	931,16	W
N221	1444,81	W
N222	931,16	W
N223	2229,53	W
N224	1135,45	W
N225	1277,96	W
Celkem	24788,50	W

Tabulky s výpočtem tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti jsou uvedeny v příloze práce.

Pozn. Hodnoty uvedené v tabulce a hodnoty vypočtené v textu práce se mohou mírně lišit vlivem zaokrouhlování.

4 Výpočet tepelné zátěže

Pro výpočet tepelné zátěže byly použity normy:

ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů [2]

ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin [3]

Jako vstupní hodnoty byly použity:

- doba výpočtu 21. července
- vnitřní výpočtová teplota $t_i = 26\text{ °C}$
- přípustné překročení teploty $\Delta t_i = 2\text{ K}$
- teplota na chodbě 30 °C
- okolní místnosti kromě chodby mají stejné teploty
- v prostoru pracuje celkem 26 osob
- doba provozu 8⁰⁰ až 16⁰⁰
- provedení oken: zdvojená, plastová, s vnitřními žaluziemi
- světlá výška místnosti 3,39 m

Budova má většinu klimatizovaných kanceláří umístěnou okny směrem na jih, nicméně pro komplexní znázornění působení venkovního klimatu, a zejména slunečního záření, je třeba výpočet provádět pro konkrétní orientaci kanceláří v každou hodinu pracovní doby. V jednodušším případě by se výpočet prováděl pro hodinu s nejnepříznivějšími podmínkami a to hlavně s ohledem na intenzitu slunečního záření a venkovní teplotu.

Tepelné vlastnosti stěn jsou uvažovány stejné jako pro výpočet tepelných ztrát v kapitole 2.

Předmětem vzorového výpočtu bude opět místnost N215 z předchozí kapitoly.

4.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů

Do výpočtu zisků uvažovaného případu se zahrnuje produkce tepla od lidí, svítidel, elektronických zařízení, produkce tepla od ventilátoru a zisk tepla z okolních místností.

4.1.1 Produkce tepla od lidí

$$\dot{Q}_l = i_i \cdot 6,2 \cdot (36 - (t_i + \Delta t_i)) = 2 \cdot 6,2 \cdot (36 - (26 + 2)) = 99,2\text{ W} \quad (4.1)$$

$$i_i = 0,85 \cdot i_z + 0,75 \cdot i_d + i_m = 0,85 \cdot 0 + 0,75 \cdot 0 + 2 = 2 \quad (4.2)$$

kde:

i_i	počet lidí	[-]
i_z	počet žen	[-]
i_d	počet dětí	[-]
i_m	počet mužů	[-]
t_i	teplota vnitřního vzduchu	[°C]
Δt_i	přípustné překročení teploty vzduchu	[°C]

4.1.2 Produkce tepla od svítidel

$$\dot{Q}_{sv} = c_1 \cdot c_2 \cdot P \cdot S_{osv} = 1 \cdot 0,7 \cdot 30 \cdot 11,8 = 247,8\text{ W} \quad (4.3)$$

kde:

c_1	součinitel současnosti používání svítidel	[-]
c_2	zbytkový součinitel, [2]	[-]
P	celkový příkon zářivek, dle [2] tab. 7 zvoleno $P = 30 \text{ W/m}^2$	$[\text{W/m}^2]$
S_{osv}	osvětlená plocha ve vzdálenost větší než 5m od oken	$[\text{m}^2]$

4.1.3 Produkce tepla od elektronických zařízení

$$\dot{Q}_e = c_1 \cdot c_3 \cdot \Sigma \dot{P} = 1 \cdot 1 \cdot 500 = 500 \text{ W} \quad (4.4)$$

kde:

c_1	součinitel současnosti el. zařízení	[-]
c_3	průměrné zatížení el. zařízení	[-]
$\Sigma \dot{P}$	součet příkonů el. zařízení, zvoleny dva počítače každý o příkonu 250W	$[\text{W}]$

4.1.4 Produkce tepla ventilátoru

$$\dot{Q}_v = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{\eta_v \cdot \eta_m} = \frac{\frac{100}{3600} \cdot 500}{0,6 \cdot 0,7} = 33,1 \text{ W} \quad (4.5)$$

kde:

$\dot{V}$	průtok vzduchu ventilátorem 100 m ³ /h pro dvě osoby, přepočtený na	$[\text{m}^3/\text{s}]$
Δp	celkový tlak ventilátoru	$[\text{Pa}]$
η_v	účinnost ventilátoru (zvolená)	[-]
η_m	účinnost elektromotoru ventilátoru (zvolená)	[-]

4.1.5 Tepelný zisk prostupem tepla z přilehlých místností

Zde se jedná pouze o přenos tepla mezi kanceláří a chodbou, kde je uvažována teplota 30 °C. Ostatní prostory nad a pod kanceláří jsou klimatizovány na stejnou teplotu.

$$\dot{Q}_{pm} = \Sigma A_k \cdot U_k \cdot (t_{is} - t_i) = 1,58 \cdot 2 \cdot (30 - 26) + 15,16 \cdot 2,16 \cdot (30 - 26) = 143,6 \text{ W} \quad (4.6)$$

kde:

A_k	plocha stavební části (k)	$[\text{m}^2]$
U_k	součinitel prostupu tepla stavební části (k)	$[\text{W/m}^2\text{K}]$
t_{is}	teplota v sousední místnosti	$[\text{°C}]$

4.2 Tepelné zisky od vnějších zdrojů

Při počítání tepelných zisků doposud nebylo třeba uvažovat výpočtovou hodinu a tedy vliv změny venkovního klimatu na vnitřní prostředí. U tepelných zisků od vnějších zdrojů již musíme tuto dobu učit, protože v každou hodinu se mění jak teplota venkovního vzduchu, tak i poloha slunce, která ovlivňuje intenzitu sluneční radiace.

Počítaná kancelář č. N215 je orientovaná směrem na jih a jako nejnejpříznivější situace se dle tab. 10 v [2] zdá být 12h, kdy je největší intenzita sluneční radiace.

4.2.1 Tepelné zisky prostupem tepla oknem

$$\dot{Q}_{ok} = \sum A_k \cdot U_k \cdot (t_e - t_i) = 2,6 \cdot 1,1 \cdot (27,9 - 26) + 2,6 \cdot 1,1 \cdot (27,9 - 26) = 10,9 \text{ W} \quad (4.7)$$

kde:

A_k	plocha stavební části (k)	$[\text{m}^2]$
U_k	součinitel prostupu tepla stavební části (k)	$[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$
t_e	teplota venkovního vzduchu ve 12h dle tab. 2 v [2]	$[\text{°C}]$
t_i	teplota vnitřního vzduchu	$[\text{°C}]$

4.2.2 Tepelné zisky sluneční radiací oknem

$$\dot{Q}_{or} = [S_{os} \cdot \dot{I}_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot \dot{I}_{o,d}] \cdot s = [4,85 \cdot 437 \cdot 1 + (5,2 - 4,85) \cdot 141] \cdot 0,585 = 1269 \text{ W} \quad (4.8)$$

kde:

S_{os}	osluněná plocha oken	$[\text{m}^2]$
$\dot{I}_o$	celková intenzita sluneční radiace procházející standardním oknem	$[\text{W}/\text{m}^2]$
$\dot{I}_{o,d}$	celková intenzita difúzní sluneční radiace procházející standardním oknem	$[\text{W}/\text{m}^2]$
c_o	korekce na čistotu atmosféry	$[-]$
s	součin stínících součinitelů pro dvojité sklo = 0,9, pro vnitřní žaluzie = 0,65 dle tab. 11 [2]	$[-]$

$$S_{os} = n \cdot [l_A - (e_1 - f)] \cdot [l_B - (e_2 - g)] = 2 \cdot [2 - (0 - 0)] \cdot [1,3 - (0,0866 - 0)] = 4,85 \text{ m}^2 \quad (4.9)$$

kde:

n	počet oken	$[-]$
l_A	šířka okna	$[\text{m}]$
l_B	délka okna	$[\text{m}]$
e_1	délka stínu od okraje slunolamu	$[\text{m}]$
e_2	délka stínu od okraje slunolamu	$[\text{m}]$
f	odstup svislé části okna od slunolamu	$[\text{m}]$
g	odstup vodorovné části okna od slunolamu	$[\text{m}]$

Délky stínů jsou:

$$e_1 = d \cdot \operatorname{tg}(a - \gamma) = 0,05 \cdot \operatorname{tg}(180 - 180) = 0 \text{ m} \quad (4.10)$$

$$e_2 = c \cdot \operatorname{tgh} / \cos(a - \gamma) = 0,05 \cdot \operatorname{tgh} 60 / \cos(180 - 180) = 0,0866 \text{ m} \quad (4.11)$$

kde:

d	hloubka okna, zvoleno 0,05m	[m]
c	hloubka okna vzhledem k horní stínící desce, zvoleno 0,05m	[m]
a	sluneční azimut 180° dle tab. 4 [2]	$[\circ]$
h	výška slunce 60° dle tab. 4 [2]	$[\circ]$
γ	azimut slunce k normále uvažované stěny, tedy 180°	$[\circ]$

Intenzity sluneční radiace

$$\dot{I}_{Dk} = 1350 \cdot \exp \left[-0,1 \cdot z \cdot \left(\frac{16000 - H}{(16000 + H) \cdot \sinh} \right)^{0,8} \right] = \quad (4.12)$$

$$= 1350 \cdot \exp \left[-0,1 \cdot 5 \cdot \left(\frac{16000 - 300}{(16000 + 300) \cdot \sin 60} \right)^{0,8} \right] = 783 \text{ W/m}^2$$

kde:

$\dot{I}_{Dk}$ intenzita přímé sluneční radiace na plochu kolmou slunečním paprskům
[W/m²]

z součinitel znečištění atmosféry dle tab. 10 v [2] [-]

H nadmořská výška, zvoleno $H = 300 \text{ m.n.m.}$ [m]

$$\dot{I}_d = \left[1350 - \dot{I}_{Dk} - (1080 - 1,4 \cdot \dot{I}_{Dk}) \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] \cdot \frac{\sinh}{3} = \quad (4.13)$$

$$= \left[1350 - 783 - (1080 - 1,4 \cdot 783) \cdot \sin^2 \frac{90}{2} \right] \cdot \frac{\sin 60}{3} = 166 \text{ W/m}^2$$

kde:

$\dot{I}_d$ intenzita difúzní sluneční radiace [W/m²]

α úhel stěny od vodorovné roviny $[\circ]$

$$\dot{I}_D = \dot{I}_{Dk} \cdot \cos \theta = 783 \cdot \cos 60 = 391,6 \text{ W/m}^2 \quad (4.14)$$

kde:

$\dot{I}_D$ intenzita přímé sluneční radiace na libovolně orientovanou plochu [W/m²]

θ úhel mezi normálou povrchu a směrem slunečních paprsků $[\circ]$

$$\theta = \arccos(\sinh \cdot \cos \alpha + \cosh \cdot \sin \alpha \cdot \cos(a - \gamma)) = \quad (4.15)$$

$$= \arccos(\sin 60 \cdot \cos 90 + \cos 60 \cdot \sin 90 \cdot \cos(180 - 180)) = 60^\circ$$

$$\dot{I}_{o,d} = \dot{I}_d \cdot T_d = 166 \cdot 0,85 = 141,1 \text{ W/m}^2 \quad (4.16)$$

kde:

T_d celková propustnost difúzní sluneční radiace standardního skla [-]

$$\dot{I}_o = \dot{I}_D \cdot T_D + \dot{I}_{o,d} = 391,6 \cdot 0,756 + 141,1 = 437 \text{ W/m}^2 \quad (4.17)$$

kde:

T_D celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace standardního skla [-]

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\theta}{100} \right)^5 = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{60}{100} \right)^5 = 0,756 \quad (4.18)$$

Připustím-li malé kolísání teplot, mohu potom snížit tepelné zisky od osluněných oken dle následujícího vztahu:

$$\Delta \dot{Q} = 0,05 \cdot M \cdot \Delta t_i = 0,05 \cdot 10564,4 \cdot 2 = 1056 \text{ W} \quad (4.19)$$

kde:

M hmotnost obvodových vnitřních stěn podlahy a stropu přicházející v úvahu pro akumulaci v tab. 4.1, spočte se jako součin ploch bez otvorů s objemovou hmotností kde je cihla CDm (kód 3) z tab. C.1 v [3] a dutinový železobetonový panel (kód 4) z tab. B.1 v [3]

Tab. 4.1 Výpočet hmotnosti akumulačních ploch

Kód stěny	Tloušťka stěny	Šířka	Délka (výška)	Plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů	Objemová hmotnost	Akumulační tloušťka	Akumulační hmotnost
-	m	m	m	m ²	-	m ²	m ²	kg/m ³	m	kg
3	0.13	5.69	3.39	19.29			19.29	1400.00	0.06	1687.80
3	0.13	4.94	3.39	16.74	1	1.58	15.16	1400.00	0.06	1326.83
3	0.13	7.39	3.39	25.05			25.05	1400.00	0.06	2192.06
4	0.21	5.29	5.28	27.90			27.90	1200.00	0.08	2678.86
4	0.21	5.29	5.28	27.90			27.90	1200.00	0.08	2678.86
Součet akumulačních hmotností stěn místnosti										10564.40

Platí-li podmínka $\dot{Q}_{or \max} - \Delta \dot{Q} < \dot{Q}_{orm}$ v době provozu, bude se pro výpočet uvažovat hodnota $\dot{Q}_{orm}$ což je průměrná hodnota tepelných zisků radiací během pracovní doby.

$\dot{Q}_{or \max}$ je maximální hodnota tepelných zisků v průběhu pracovní doby.

V následující tabulce tab. 4.2 jsou hodnoty výpočtů, ze které je zřejmé, že největší hodnota tepelných zisků je opravdu ve 12 hodin, výsledky obsahují i průměrnou hodnotu těchto zisků.

Díky poměrně velké schopnosti akumulace stěn plyne z podmínky $1269,5 - 1056 < 802,4$, že $\dot{Q}_{orm}$ je opravdu větší a proto bude tato hodnota uvažována pro výpočet.

Den, měsíc, znečištění atm.	Směr	Intenzity sluneční radiace I_0 [$W \cdot m^{-2}$] pro danou denní dobu									
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	9
21. července z=5	S	100	117	130	139	141	139	130	117	100	Pracovní doba
	SV	321	217	135	139	141	139	130	117	100	
	V	539	505	389	323	141	139	130	117	100	
	JV	452	511	506	437	316	185	130	117	100	
	J	128	230	335	409	435	409	335	230	128	
	JZ	100	117	130	185	316	437	506	511	452	
	Z	100	117	130	139	141	232	389	505	539	
	SZ	100	117	130	139	141	139	135	217	321	
HOR	397	534	640	706	729	706	640	534	397		
h – výška slunce [°]	34	44	52	58	60	58	52	44	34		
a – sluneční azimut	100	114	131	152	180	208	229	246	260		
$\dot{I}_{Dk}$ - intenzita sluneční radiace na kolmou plochu	623.516	705.174	750.513	776.076	783.259	776.076	750.513	705.174	623.516		
$\dot{I}_d$ - intenzita sluneční difúzní radiace	116.116	138.572	153.622	163.158	165.995	163.158	153.622	138.572	116.116		
θ - úhel mezi normálou povrchu a slunečních paprsků	81.723	72.987	66.177	62.103	60.000	62.103	66.177	72.987	81.723		
$\dot{I}_D$ - int. přímé slun. radiacena libovolně orient. plochu	89.762	206.321	303.140	363.119	391.630	363.119	303.140	206.321	89.762		
T_D - celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace standardního okna	0.334	0.566	0.683	0.734	0.756	0.734	0.683	0.566	0.334		
$\dot{I}_{o,d}$ - celková intenzita difúzní sluneční radiace procházející standardním oknem	98.698	117.786	130.578	138.684	141.095	138.684	130.578	117.786	98.698		
$\dot{I}_o$ - celková int. slun. rad. procházející standard. oknem	128.693	234.465	337.751	405.290	437.047	405.290	337.751	234.465	128.693		
e_1 - délka stínu od okraje slunolamu	0.284	0.112	0.058	0.027	0.000	0.027	0.058	0.112	0.284		
e_2 - délka stínu od okraje slunolamu	0.194	0.119	0.098	0.091	0.087	0.091	0.098	0.119	0.194		
S_{os} - osluněná plocha oken	3.796	4.460	4.671	4.773	4.854	4.773	4.671	4.460	3.796		
$\dot{Q}_{or}$ - tepelné zisky sluneční radiací oknem	366.848	662.722	963.385	1166.327	1269.523	1166.327	963.385	662.722	366.848	7221.240	W
$\dot{Q}_{orm}$ - průměrná hodnota tepelných zisků okny										802.360	W

4.2.3 Tepelné zisky venkovní stěnou

Venkovní stěny počítané místnosti se dle normy [2] zařazují do kategorie stěn středně těžkých, jejichž tloušťka se pohybuje v rozmezí 0,08 až 0,45 m a výpočet prostupu tepla se provede podle následujícího vztahu:

$$\begin{aligned}\dot{Q}_s &= U_k \cdot A_k \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm})] = \\ &= 0,78 \cdot 19 \cdot [(29,6 - 26) + 0,199 \cdot (18,1 - 29,6)] = 19,4 \text{ W}\end{aligned}\quad (4.20)$$

kde:

t_{rm}	průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin dle tab. 13 v [2] pro J je 29,6 °C [°C]
$t_{r\psi}$	rovnocenná sluneční teplota v době ψ dřívejší dle tab. 13 v [2] pro 12 – 11,66 ÷ 24 hodin je 18,1 °C [°C]
m	součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou [-]

Pro průměrné vlastnosti stěn lze určit fázová posunutí teplotních kmitů ψ [h] pomocí přibližného vztahu:

$$\psi \doteq 32 \cdot \delta - 0,5 = 32 \cdot 0,38 - 0,5 = 11,66 \text{ hodin} \quad (4.21)$$

A součinitel zmenšení teplotního kolísání:

$$m \doteq \frac{1 + 7,6 \cdot \delta}{2500^\delta} = \frac{1 + 7,6 \cdot 0,38}{2500^{0,38}} = 0,199 \quad (4.22)$$

4.2.4 Tepelné zisky z přívodu venkovního větracího vzduchu

$$\dot{Q}_L = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p \cdot [t_{ev} - (t_i + \Delta t_i)] = 0,0278 \cdot 1000 \cdot 1,2 \cdot [27,9 - (26 + 2)] = -3,3 \text{ W} \quad (4.23)$$

kde:

$\dot{V}$	přívod venkovního vzduchu do uvažovaného prostoru pro dvě osoby 100 m ³ /h = 0,0278 m ³ /s [m ³ /s]
ρ	hustota vzduchu [kg/m ³]
c_p	měrná tepelná kapacita vzduchu [J/kgK]
t_{ev}	teplota venkovního vzduchu v době výpočtu dle tab. 2 v [2] [°C]

4.3 Tepelné zisky vázaným teplem místnosti N215

Zde se bude uvažovat pouze s produkcí páry člověkem.

$$\dot{Q}_{iv} = i_i \cdot \dot{m}_w \cdot l_{23} = \frac{2 \cdot 135 \cdot 2500}{3600} = 187,5 \text{ W} \quad (4.24)$$

kde:

$\dot{m}_w$	produkce páry sedícího člověka dle tab. 6 v [2] při zvýšené vnitřní teplotě na 28°C	[g/hod]
l_{23}	měrné výparné teplo vody	[kJ/kg]

4.4 Celkové tepelné zisky citelným teplem místnosti N215

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{ic} &= \dot{Q}_l + \dot{Q}_{sv} + \dot{Q}_e + \dot{Q}_v + \dot{Q}_{pm} + \dot{Q}_{ok} + \dot{Q}_{or} + \dot{Q}_s = \\ &= 99,2 + 247,8 + 500 + 33,1 + 143,6 + 10,9 + 802,4 + 19,4 = 1856,4 \text{ W} \end{aligned} \quad (4.25)$$

4.5 Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem pro místnost N215

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_L + \dot{Q}_{ic} = -3,3 + 1856,4 = 1853,1 \text{ W} \quad (4.26)$$

4.6 Celková tepelná zátěž klimatizovaného místnosti N215

$$\dot{Q}_i = \dot{Q}_{ic} + \dot{Q}_{iv} = 1856,4 + 187,5 = 2043,9 \text{ W} \quad (4.27)$$

Hodnoty veškerých tepelných zisků pro každou hodinu v době provozu klimatizačního zařízení jsou uvedeny v tab. 4.3. Z výsledků vyplývá, že největší tepelná zátěž klimatizované místnosti N215 je v 15 hodin, a to díky velké schopnosti akumulace tepla stěn, která snižuje tepelné zisky okny radiací. V počítaném případě tedy hraje hlavní roli překvapivě teplota venkovního vzduchu, která je v 15 hodin maximální.

V tab. 4.4 jsou sečtené hodnoty pro všechny klimatizované kanceláře od N206 po N225 v průběhu pracovní doby. Většina místností je orientovaná na J, některé místnosti jsou orientované na V některé na Z a rohové na J a V resp. J a Z, pro všechny místnosti ovšem vychází po celou pracovní dobu jako hlavní vliv schopnost akumulace stavebních konstrukcí stejně jako v počítaném případě. Největší tepelná zátěž klimatizovaných prostor dle výsledků tedy připadá na 15. hodinu a dimenzování klimatizačního zařízení bude probíhat právě podle této tepelné zátěže.

Tab. 4.3 Hodnoty jednotlivých tepelných zisků v pracovní době pro kancelář N215

	τ	8	9	10	11	12	13	14	15	16	hod
Tepelné zisky od lidí	$\dot{Q}_l$	99	99	99	99	99	99	99	99	99	W
Tepelné zisky od svítidel	$\dot{Q}_{sv}$	248	248	248	248	248	248	248	248	248	W
Tepelné zisky od elektronických zařízení	$\dot{Q}_e$	500	500	500	500	500	500	500	500	500	W
Tepelné zisky od ventilátoru	$\dot{Q}_v$	33	33	33	33	33	33	33	33	33	W
Tepelné zisky z přilehlých místností	$\dot{Q}_{pm}$	144	144	144	144	144	144	144	144	144	W
Tepelné zisky prostupem okny	$\dot{Q}_{ok}$	-27	-17	-7	3	11	18	22	23	22	W
Tepelné zisky okny radiací	$\dot{Q}_{or}$	802	802	802	802	802	802	802	802	802	W
Tepelné zisky venkovní stěnou	$\dot{Q}_s$	39	34	28	23	19	16	14	13	14	W
Tepelné zisky od přívodu čerstvého vzduchu	$\dot{Q}_L$	-227	-167	-107	-50	-3	37	60	67	60	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	$\dot{Q}_{ic}$	1838	1843	1848	1852	1856	1860	1862	1862	1862	W
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	$\dot{Q}_c$	1611	1676	1741	1802	1853	1896	1922	1929	1922	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem	$\dot{Q}_{iv}$	188	188	188	188	188	188	188	188	188	W
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	$\dot{Q}_i$	2025	2030	2035	2040	2044	2047	2049	2050	2049	W

Tabulkové hodnoty jednotlivých tepelných zisků v pracovní době pro kanceláře N206 až N225 jsou uvedeny v příloze.

Tab. 4.4 Hodnoty jednotlivých tepelných zisků v pracovní době pro všechny klimatizované kanceláře (místnosti N206 až N225)

	τ	8	9	10	11	12	13	14	15	16	hod
Tepelné zisky od lidí	$\dot{Q}_l$	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	W
Tepelné zisky od svítidel	$\dot{Q}_{sv}$	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	1977	W
Tepelné zisky od elektronických zařízení	$\dot{Q}_e$	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	W
Tepelné zisky od ventilátoru	$\dot{Q}_v$	430	430	430	430	430	430	430	430	430	W
Tepelné zisky z přilehlých místností	$\dot{Q}_{pm}$	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	W
Tepelné zisky prostupem okny	$\dot{Q}_{ok}$	-412	-257	-103	43	163	266	326	343	326	W
Tepelné zisky okny radiací	$\dot{Q}_{or}$	11353	11353	11353	11353	11353	11353	11353	11353	11353	W
Tepelné zisky venkovní stěnou	$\dot{Q}_s$	532	461	389	322	266	219	191	183	191	W
Tepelné zisky od přívodu čerstvého vzduchu	$\dot{Q}_L$	-2947	-2167	-1387	-650	-43	477	780	867	780	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	$\dot{Q}_{ic}$	23879	23962	24045	24123	24188	24243	24275	24284	24275	W
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	$\dot{Q}_c$	20932	21795	22658	23473	24144	24720	25055	25151	25055	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem	$\dot{Q}_{iv}$	2438	2438	2438	2438	2438	2438	2438	2438	2438	W
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	$\dot{Q}_i$	26316	26399	26482	26560	26625	26680	26713	26722	26713	W

5 Psychrometrické výpočty

Psychrometrické výpočty jsou nedílnou součástí návrhu klimatizačního systému. Jsou důležité pro stanovení výkonů a parametrů jednotlivých zařízení na úpravu vzduchu v klimatizační jednotce. Hlavním pomocníkem při těchto výpočtech je i-x diagram vlhkého vzduchu podle Molliera, ze kterého se odečítají potřebné hodnoty a zakresluje provoz zařízení. Výpočet se provádí nejprve pro letní provoz a dle stanovení celkového množství přiváděného vzduchu do klimatizovaného prostoru se toto množství vzduchu přizpůsobí zimnímu provozu zařízení. Při výpočtu se používají tři zjednodušující předpoklady:

- 1) Neuvažuje se ohřátí vzduchu ve ventilátoru a ztráty tepla v rozvodných potrubích.
- 2) Zvlhčování vodou se nahrazuje dějem izoentalpickým.
- 3) Zvlhčování parou se nahrazuje dějem izotermickým.

5.1 Výpočet letního provozu

Pro klimatizaci kanceláří je vhodné použít nejběžnější metodu výpočtu dle [5], kterou je volba pracovního rozdílu teplot Δt_p . Pracovní rozsah se obvykle volí 6 až 8 K pro běžné vyústky, pro vířivé vyústky je možno uvažovat 10 K. V práci je uvažováno s použitím vířivých vyústek pro přívod vzduchu do místnosti, pracovní rozdíl tedy volím 10 K. Tento parametr ve výsledku způsobí, že vzduchovody bude proudit menší tok vzduchu a díky tomu se budou moci navrhnout vzduchovody menších rozměrů a vychází i menší klimatizační zařízení. Jako vstupní hodnoty pro výpočet letního provozu byli zadány:

- venkovní teplota $t_e = 30\text{ °C}$
- teplota mokrého teploměru $t_{em} = 20\text{ °C}$
- teplota uvnitř místnosti $t_i = 26\text{ °C}$
- vlhkost vzduchu uvnitř místnosti volím $\varphi_i = 40\text{ %}$ z důvodu lepší termoregulace člověka v letním období, kdy se bude snáze vypařovat případný pot z pokožky člověka při zvýšené aktivitě, jako hraniční hodnoty relativní vlhkosti vzduchu pro pohodu člověka je považováno rozmezí 30 – 70 %, tudíž je tato podmínka splněna
- tepelná zátěž citelným teplem z kap. 4 $\dot{Q}_{ic} = 24284\text{ W}$
- tepelná zátěž celková z kap. 4 $\dot{Q}_i = 26722\text{ W}$
- množství venkovního větracího vzduchu $\dot{V}_e = 1300\text{ m}^3/\text{h}$

Z i-x diagramu je poté odečteno:

- entalpie venkovního vzduchu $i_e = 57\text{ kJ/kg}_{sv}$
- měrná vlhkost venkovního vzduchu $x_e = 10,4\text{ g/kg}_{sv}$
- relativní vlhkost venkovního vzduchu $\varphi_e = 39\text{ %}$
- entalpie vnitřního vzduchu $i_i = 47,8\text{ kJ/kg}_{sv}$
- měrná vlhkost vnitřního vzduchu $x_i = 8,25\text{ g/kg}_{sv}$

Dále je třeba přepočítat přiváděný venkovní vzduch na vzduch suchý pro větší přesnost výpočtu.

$$\rho_e = \frac{p}{r_v \cdot T} = \frac{100000}{287 \cdot (30 + 273,15)} = 1,1494 \text{ kg/m}^3 \quad (5.1)$$

kde:

ρ_e	hustota venkovního vzduchu	[kg/m ³]
p	tlak vzduchu	[Pa]
r_v	plynová konstanta suchého vzduchu	[J/kg.K]
T	teplota venkovního vzduchu	[K]

$$\dot{m}_e = \dot{V}_e \cdot \rho_e = \frac{1300}{3600} \cdot 1,1494 = 0,4151 \text{ kg/s} \quad (5.2)$$

kde:

$\dot{m}_e$	hmotnostní tok venkovního vzduchu	[kg/s]
$\dot{V}_e$	objemový tok venkovního vzduchu	[m ³ /s]
ρ_e	hustota venkovního vzduchu	[kg/m ³]

$$\dot{m}_{ve} = \frac{\dot{m}_e}{1 + x_e} = \frac{0,4151}{1 + 0,0104} = 0,4108 \text{ kg}_{sv}/s \quad (5.3)$$

kde:

$\dot{m}_{ve}$	hmotnostní tok suchého vzduchu	[kg _{sv} /s]
$\dot{m}_e$	hmotnostní tok venkovního vzduchu	[kg/s]
x_e	měrná vlhkost venkovního vzduchu	[kg/kg _{sv}]

Výpočet dále probíhá dle běžně používaného postupu:

- 1) Určení faktoru citelného tepla ϑ_i , který udává směrnici změny stavu vzduchu průchodem klimatizovaným prostorem.

$$\vartheta_i = \frac{\dot{Q}_{ic}}{\dot{Q}_i} = \frac{24284}{26722} = 0,909 \quad (5.4)$$

- 2) Na přímkce z bodu I ve směru ϑ_i vznikne průsečík na izotermě t_p , jímž je stav přiváděného vzduchu P.

Z diagramu je potom odečteno:

$$i_p = 36,2 \text{ kJ/kg}_{sv}$$

- 3) Výpočet množství vzduchu přiváděného do klimatizované místnosti $\dot{m}_{vp}$

$$\dot{Q}_i = \dot{m}_{vp} \cdot (i_i - i_p) \Rightarrow \dot{m}_{vp} = \frac{\dot{Q}_i}{(i_i - i_p)} = \frac{26722}{(47800 - 36200)} = 2,304 \text{ kg}_{sv}/s \quad (5.5)$$

4) Určení množství oběhového vzduchu $\dot{m}_{vc}$

$$\dot{m}_{vc} = \dot{m}_{vp} - \dot{m}_{ve} = 2,304 - 0,411 = 1,893 \text{ kg}_{sv}/s \quad (5.6)$$

5) Určení stavu směsi vzduchu S z rovnice míšení

$$\begin{aligned} \dot{m}_{vs} \cdot x_s &= \dot{m}_{ve} \cdot x_e + \dot{m}_{vc} \cdot x_i \Rightarrow \\ x_s &= \frac{\dot{m}_{ve} \cdot x_e + \dot{m}_{vc} \cdot x_i}{\dot{m}_{vs}} = \frac{0,411 \cdot 0,0104 + 1,893 \cdot 0,00825}{2,304} = 0,008634 \text{ kg/kg}_{sv} \end{aligned} \quad (5.7)$$

Bod S je potom průsečíkem vypočtené měrné vlhkosti x_s a přímky EI.

6) Přímkou vedenou bodem S a P dostáváme průsečík s křivkou nasycení $\varphi = 1$, který je rosným bodem chladiče R a který zároveň udává střední teplotu chladicí vody $t_{pch} = 10,3 \text{ }^\circ\text{C}$

7) Výpočet chladicího výkonu chladiče

$$\dot{Q}_{ch} = \dot{m}_{vp} \cdot (i_p - i_s) = 2,304 \cdot (36200 - 49000) = -29491 \text{ W} \quad (5.8)$$

Celý průběh úpravy vzduchu je znázorněn v diagramu na obr. 5.1.



5.2 Výpočet zimního provozu

Pro výpočet byly zadány tyto hodnoty:

- venkovní teplota $t_e = -12\text{ °C}$
- měrná vlhkost venkovního vzduchu - volím $x_e = 1\text{ g/kg}_{\text{sv}}$
- teplota uvnitř místnosti $t_i = 20\text{ °C}$
- vlhkost vzduchu uvnitř místnosti volím $\phi_i = 50\text{ %}$
- tepelná zátěž citelným teplem z kap. 2 $\dot{Q}_{ic} = -24789\text{ W}$
- tepelná zátěž vázaným teplem z kap. 3 $\dot{Q}_{iv} = 2438\text{ W}$
- množství venkovního větracího vzduchu $\dot{V}_e = 1300\text{ m}^3/\text{h}$
- vzduch přiváděný do klimatizované místnosti $\dot{m}_{vp} = 2,304\text{ kg}_{\text{sv}}/\text{s}$

Z i-x diagramu je poté odečteno:

- entalpie venkovního vzduchu $i_e = -9,5\text{ kJ/kg}_{\text{sv}}$
- entalpie vnitřního vzduchu $i_i = 38,2\text{ kJ/kg}_{\text{sv}}$
- měrná vlhkost venkovního vzduchu $x_i = 7,2\text{ g/kg}_{\text{sv}}$

Před výpočtem je třeba opět přepočítat přiváděný venkovní vzduch na vzduch suchý pro větší přesnost výpočtu dle vzorců (5.1), (5.2), (5.3).

$$\rho_e = \frac{p}{r_v \cdot T} = \frac{100000}{287 \cdot (-12 + 273,15)} = 1,3342\text{ kg/m}^3$$

kde:

ρ_e	hustota venkovního vzduchu	$[\text{kg/m}^3]$
p	tlak vzduchu	$[\text{Pa}]$
r_v	plynová konstanta suchého vzduchu	$[\text{J/kg.K}]$
T	teplota venkovního vzduchu	$[\text{K}]$

$$\dot{m}_e = \dot{V}_e \cdot \rho_e = \frac{1300}{3600} \cdot 1,3342 = 0,4818\text{ kg/s}$$

kde:

$\dot{m}_e$	hmotnostní tok venkovního vzduchu	$[\text{kg/s}]$
$\dot{V}_e$	objemový tok venkovního vzduchu	$[\text{m}^3/\text{s}]$
ρ_e	hustota venkovního vzduchu	$[\text{kg/m}^3]$

$$\dot{m}_{ve} = \frac{\dot{m}_e}{1 + x_e} = \frac{0,4818}{1 + 0,001} = 0,4813\text{ kg}_{\text{sv}}/\text{s}$$

kde:

$\dot{m}_{ve}$	hmotnostní tok suchého vzduchu	$[\text{kg}_{\text{sv}}/\text{s}]$
$\dot{m}_e$	hmotnostní tok venkovního vzduchu	$[\text{kg/s}]$
x_e	měrná vlhkost venkovního vzduchu	$[\text{kg/kg}_{\text{sv}}]$

Výpočet zimního provozu zařízení je dále proveden dle následujícího postupu [5] a provoz zakreslen v diagramu na obr. 5.2.

- 1) Určení faktoru citelného tepla ϑ_i , který udává směrnici změny stavu vzduchu v klimatizovaném prostoru dle rovnice (5.4).

Jelikož neznám celkovou tepelnou zátěž, je třeba ji dopočítat.

$$\dot{Q}_i = \dot{Q}_{ic} + \dot{Q}_{iv} = -24789 + 2438 = -22351 \text{ W} \quad (5.9)$$

$$\vartheta_i = \frac{\dot{Q}_{ic}}{\dot{Q}_i} = \frac{-24789}{-22351} = 1,109$$

- 2) Stanovení předeřívání vzduchu v předeříváči na stav K
- volím předeřívání na 10 °C

Z diagramu je potom odečteno:

$$i_k = 12,8 \text{ kJ/kg}_{sv}$$

$$x_k = x_e \text{ 1g/kg}_{sv}$$

- 3) Určení množství oběhového vzduchu $\dot{m}_{vc}$ dle rovnice (5.6)

$$\dot{m}_{vc} = \dot{m}_{vp} - \dot{m}_{ve} = 2,304 - 0,4815 = 1,8225 \text{ kg}_{sv}/s$$

- 4) Určení stavu směsi S dle rovnice (5.7)

$$\dot{m}_{vs} \cdot x_s = \dot{m}_{vk} \cdot x_k + \dot{m}_{vc} \cdot x_i \Rightarrow$$

$$x_s = \frac{\dot{m}_{vk} \cdot x_k + \dot{m}_{vc} \cdot x_i}{\dot{m}_{vs}} = \frac{0,4813 \cdot 0,001 + 1,8225 \cdot 0,0072}{2,304} = 0,0059 \text{ kg/kg}_{sv}$$

Bod S je průsečíkem vypočtené měrné vlhkosti x_s a přímky EI.

- 5) Určení stavu přiváděného vzduchu P za použití rovnice (5.5)

$$\dot{Q}_i = \dot{m}_{vp} \cdot (i_i - i_p) \Rightarrow i_p = i_i - \frac{\dot{Q}_i}{\dot{m}_{vp}} = 38200 - \frac{-22351}{2,304} = 47900 \text{ J/kg}_{sv}$$

Stav P je průsečík entalpie i_p se směrnici změny stavu vzduchu ϑ_i .

- 6) Při použití parního zvlhčovače uvažujeme $t = \text{konst.} \Rightarrow t_o = t_s$

Stav za zvlhčovačem je potom dán průsečíkem izotermy t_o a měrné vlhkosti x_p .

Z diagramu je potom odečteno:

$$i_o = 35,2 \text{ kJ/kg}_{sv}$$

$$x_o = x_p = 6,8 \text{ g/kg}_{sv}$$

- 7) Stanovení výkonů jednotlivých zařízení

Výkon předeříváče

$$\dot{Q}_{pr} = \dot{m}_{ve} \cdot (i_k - i_e) = 0,4815 \cdot (12800 - (-9500)) = 10737 \text{ W} \quad (5.10)$$

Výkon ohříváče

$$\dot{Q}_{oh} = \dot{m}_{vp} \cdot (i_p - i_o) = 2,304 \cdot (47900 - 35200) = 29261 \text{ W} \quad (5.11)$$

Parní zvlhčovač – hmotnostní tok páry pro vlhčení

$$\dot{m}_{zvl} = \dot{m}_{vp} \cdot (x_o - x_s) = 2,304 \cdot (0,0068 - 0,00575) = 0,00242 \text{ kg/s} \quad (5.12)$$

Parní zvlhčovač – příkon pro tvorbu páry

$$N_{zvl} = \dot{m}_{zvl} \cdot l_{23} = 0,00242 \cdot 2500 \cdot 10^3 = 6050 \text{ W} \quad (5.13)$$



6 Návrh a dimenzování vzduchovodů

Návrh a dimenzování vzduchovodů bude vycházet z hodnoty přiváděného vzduchu do místností spočítané v kapitole 5.1. Nejprve je nutné navrhnout koncové prvky, jimiž jsou vyústky, čímž se zjistí přípojovací průměr na vyústku a poté na tyto průměry navrhnout potrubní systém vedený směrem ke strojovně. Návrh je proveden nejprve pro přívodní potrubí a následně pro potrubí odvodní. Výstupním parametrem návrhu a dimenzování bude celková tlaková ztráta přívodního a odvodního potrubí, podle které se potom navrhnu ventilátory a celá strojovna vzduchotechniky.

6.1 Návrh koncových prvků přívodního potrubí



Obr. 6.1 Vířivá vyústka

Pro přívod vzduchu do místností jsem volil vířivé vyústky od firmy Mandík, a.s. [6] viz. obr 6.1. Jedná se o komfortní a jedno z nejpoužívanějších řešení k zajištění optimálního proudění v místnostech s nižším stropem od 2,6 do 4 m. Uvažované místnosti sice mají světlou výšku 3,39 m, ale vyústky budou umístěny do podhledu ve výšce 2,8 m. Optimální proudění v každé místnosti zajistí jedna nebo dvě vyústky podle stanoveného průtoku vzduchu do místnosti.

Pro stanovení množství vzduchu přiváděného do jednotlivých místností a následně pro jednotlivé vyústky bylo nutné použít přepočty pomocí jednoduché trojčlenky.

$$\dot{V}_{pn} = \frac{\dot{Q}_{in}}{\dot{Q}_i} \cdot \dot{V}_p \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (6.1)$$

kde:

$\dot{V}_{pn}$	množství vzduchu přiváděného do místnosti (n)	$[\text{m}^3/\text{h}]$
$\dot{V}_p$	celkové množství vzduchu přiváděného do místností	$[\text{m}^3/\text{h}]$
$\dot{Q}_{in}$	celková tepelná zátěž místnosti (n)	$[\text{W}]$
$\dot{Q}_i$	celková tepelná zátěž prostoru	$[\text{W}]$

Přepočtené průtoky na každou kancelář jsou uvedeny v tab. 8.

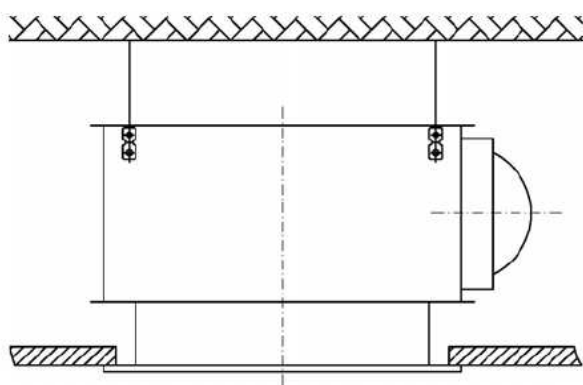
Tab. 6.1 Množství přiváděného vzduchu na jednu místnost

Místnost	Tepelná zátěž	Množství vzduchu
	W	m^3/h
N206	1037	268
N207	986	255
N208	2545	658
N209	951	246
N210	1839	476
N211	951	246
N212	951	246

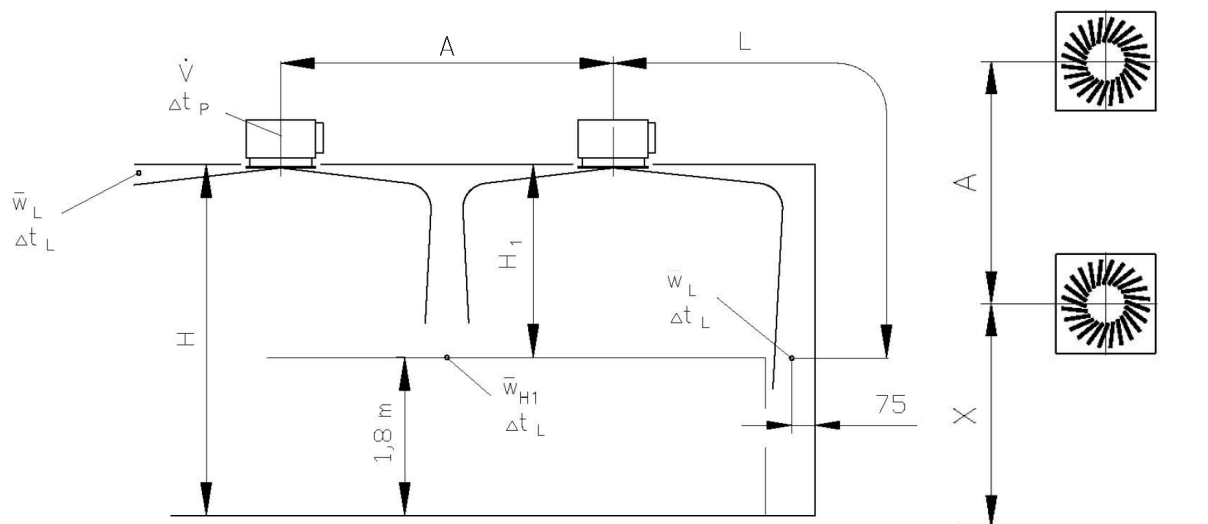
Tab. 6.1 Množství přiváděného vzduchu na jednu místnost - pokračování

Místnost	Tepelná zátěž W	Množství vzduchu m ³ /h
N213	951	246
N214	948	245
N215	2050	530
N216	2050	530
N217	948	245
N218	951	246
N219	951	246
N220	951	246
N221	1839	476
N222	951	246
N223	2707	700
N224	1058	274
N225	1108	287
Celkem	26722	6912

Vyústky budou umístěny v podhledu podle obr. 6.2 a rozmístěny podle parametrů na obr. 6.3



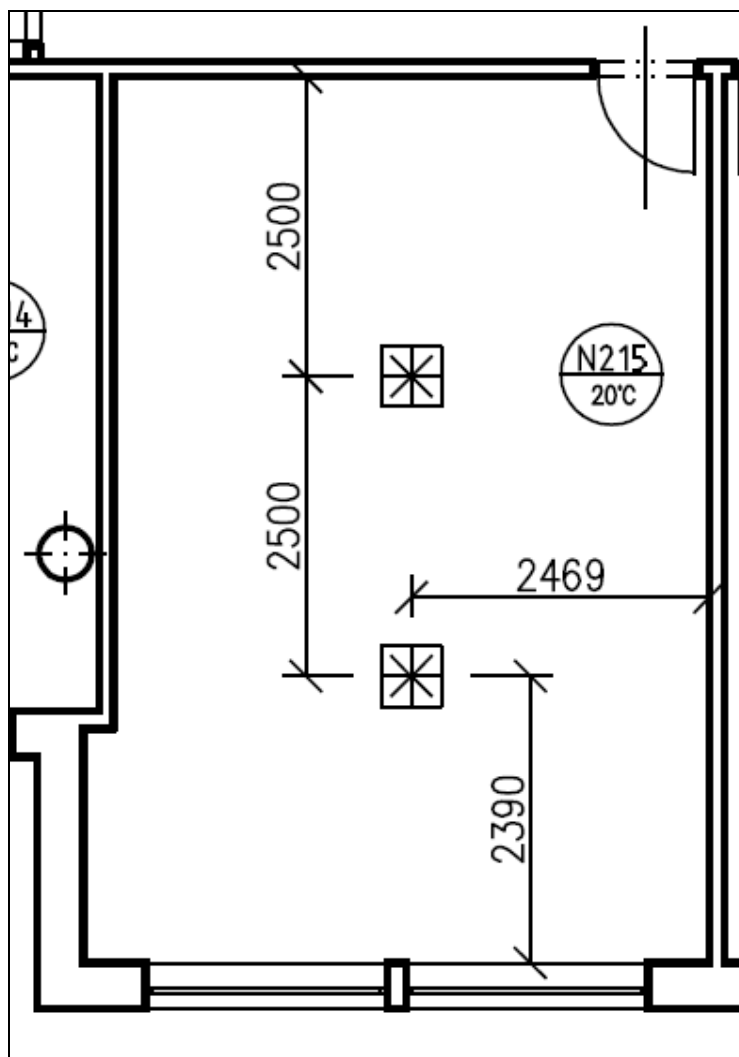
Obr. 6.2 Vyústka s umístěním v podhledu



Obr. 6.3 Parametry rozmístění vyústek [6]

Pro příklad uvedu návrh a výpočet vyústek pro místnost N215.

V místnosti budou 2 osoby a na místnost vychází zároveň 2 vyústky. Zdálo by se, že volba počtu vyústek vzešla z počtu osob v místnosti, ale není tomu tak. Je třeba se řídit množstvím přiváděného vzduchu a také prostorovými parametry tak, aby byl všude v místnosti vzduch vyměňován. Při návrhu se sleduje zejména střední rychlost proudění mezi vyústkami, střední rychlost proudění na stěně, tlaková ztráta a hladina akustického výkonu. Rozmístění vyústek je znázorněno na obr. 6.4



Obr. 6.4 Rozmístění vyústek

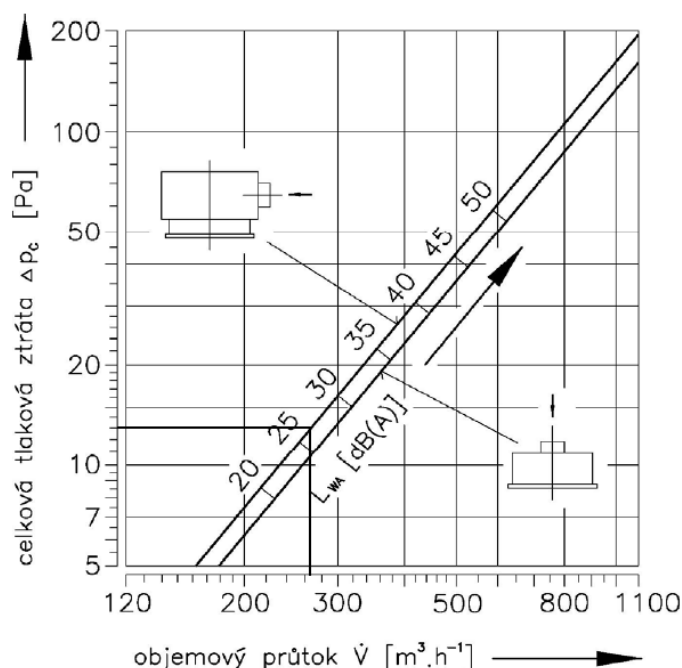
Zadané hodnoty:

- průtok vzduchu jednou vyústkou $\dot{V}_{p1} = 265 \text{ m}^3/\text{h}$
- rozdíl mezi teplotou přiváděného vzduchu a teplotou vzduchu v místnosti $\Delta t_p = 10 \text{ K}$
- výška od stropu $H = 2,8 \text{ m}$
- vzdálenost mezi stropem a zónou pobytu $H_1 = 1 \text{ m}$
- vzdálenost mezi dvěma vyústkami $A = 2,5 \text{ m}$
- vzdálenost vyústky k nejbližší stěně $X = 2,39 \text{ m}$
- zvolená vyústka **VVM 500 C/V/P/24/R**

kde: VVM – typ, 500 – jmenovitý rozměr, C – čelní deska čtvercová, V – připojení vodorovné, P – přívod vzduchu, 24 – počet lamel, R – s regulační klapkou

Výpočet:

- 1) Nejprve je třeba určit tlakovou ztrátu a hladinu akustického výkonu A z diagramu na obr. 6.5 z [6].



- z průtoku vyústkou vedu kolmici ke sklopené čáře
- pro vyústku s horizontálním napojením odečítám hladinu akustického výkonu 27 dB(A).
- z průsečíku na sklopené čáře vedu kolmici ke svislé ose a odečítám tlakovou ztrátu 13 Pa

Obr. 6.5 Tlaková ztráta a hladina akustického výkonu

- 2) Výpočet rozdílu Δt_L mezi teplotou vzduchu v ose proudu ve vzdálenosti L a teplotou vzduchu v místnosti

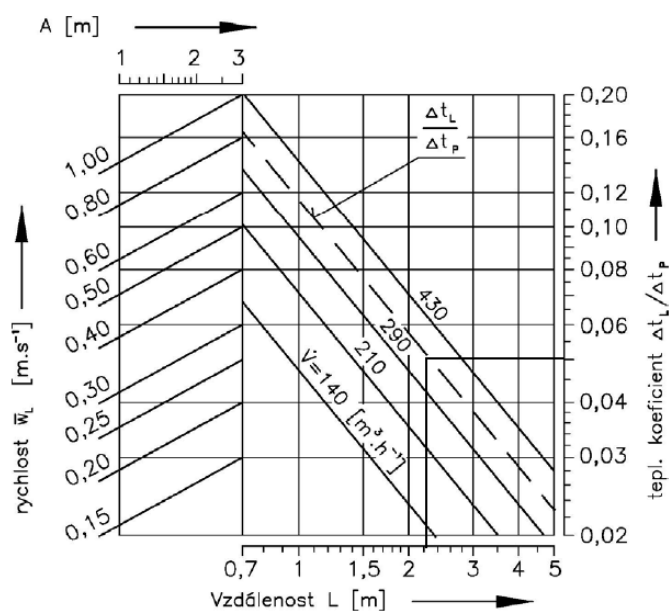
Stanovení L mezi vyústěmi:

$$L = A/2 + H_1 = 2,5/2 + 1 = 2,25 \text{ m} \quad (6.2)$$

Stanovení L na stěně:

$$L = X + H_1 = 2,39 + 1 = 3,39 \text{ m} \quad (6.3)$$

Stanovení Δt_L mezi vyústěmi dle obr. 6.4 dle [6]:



- ze stanovené vzdálenosti L mezi vyústkami vedu kolmici na sklopenou čáru $\Delta t_L / \Delta t_p$ kde potom odečítám na pravé ose teplotní koeficient 0,05

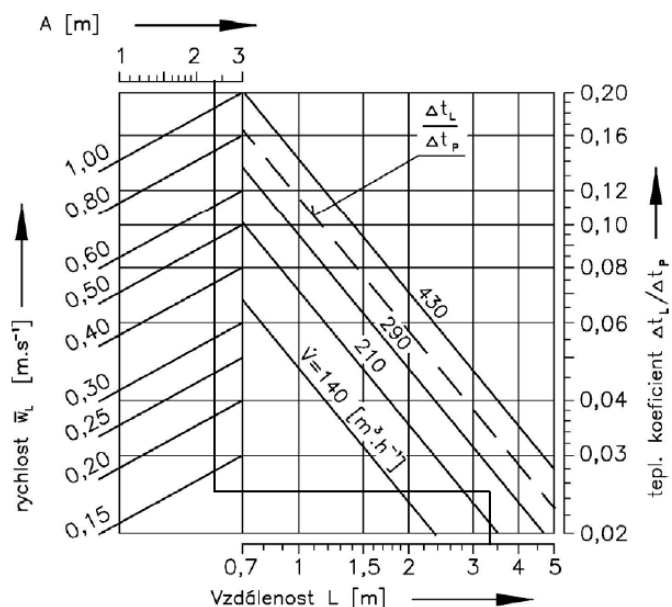
$$\begin{aligned} - \Delta t_L / \Delta t_p &= 0,05 \\ - \Delta t_L &= 0,05 \cdot 10 = 0,5 \text{ K} \end{aligned} \quad (6.4)$$

Obr. 6.6 Rychlost proudění vzduchu a teplotní rozdíl

Z diagramu vyplývá, že teplotní rozdíl pro případ s větší vzdáleností L na stěně je ještě menší a není třeba s ním uvažovat.

3) Stanovení rychlostí proudění na stěně a mezi vyústkami v oblasti pobytu

Rychlost proudění na stěně w_L se určuje ze stejného diagramu jako v předešlém bodě výpočtu. Stanovení rychlosti je na obr. 6.7.



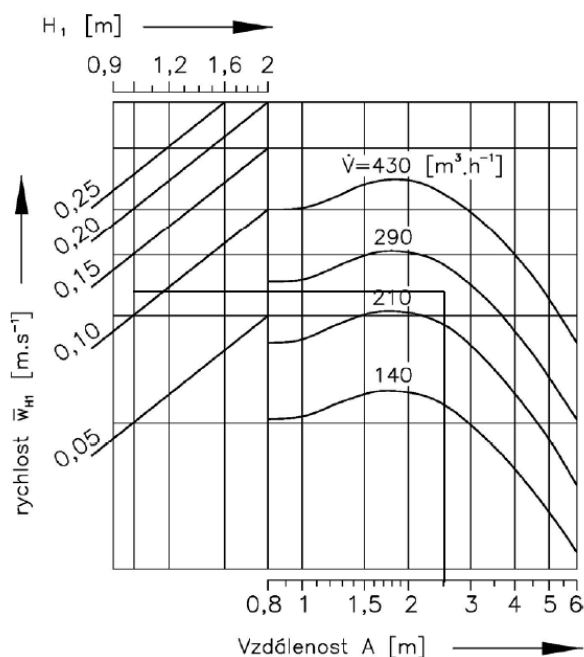
- od osy vzdálenosti L vedu kolmici k uvažovanému průtoku vyústkou

- pak vedu rovnoběžku s osou vzdálenosti L , kde se mi protne se vzdáleností A , v mém případě jde o hodnotu X , protože jde o vzdálenost mezi vyústkou a stěnou

- průsečík vzdálenosti X a rovnoběžky s osou vzdálenosti L mi dává střední rychlost na stěně $w_L = 0,13$ m/s

Obr. 6.7 Rychlost proudění vzduchu na stěně

Rychlost proudění v pobytové oblasti w_{H1} se určí z diagramu na obr. 6.8 dle [6]



- od osy vzdálenosti vyústek vedu kolmici k uvažovanému průtoku vyústkou

- pak vedu rovnoběžku s osou vzdálenosti A , kde se mi protne se vzdáleností H_1

- průsečík vzdálenosti H_1 a rovnoběžky s osou vzdálenosti A dává střední rychlost v pobytové oblasti $w_{H1} = 0,12$ m/s

v pobytové oblasti

Obr. 6.8 Rychlost proudění vzduchu

Hodnoty určené pro všechny zvolené vyústky jsou uvedeny v tab. 6.2.

Tab. 6.2 Návrh příváděcích vyústek

Místnost	Množství přiváděného vzduchu [m ³ /h]	počet vyústek	Tok vzduchu jednou vyústkou [m ³ /h]	Typ vyústky	Tlaková ztráta Δp_z [Pa]	Hladina akustického výkonu L_{WA} [dB]	Střední rychlost proudění w_{H1} [m/s]	Střední rychlost proudění w_{L1} [m/s]	Teplotní rozdíl Δt_L [K]
N206	268	1	268	VVM 500 C/V/P/24/R	13	27	0,13	0,19	0,41
N207	255	1	255	VVM 500 C/V/P/24/R	12	25	0,125	0,18	0,41
N208	658	2	329	VVM 600 C/V/P/24/R	7,5	18	0,14	0,19	0,45
N209	246	1	246	VVM 500 C/V/P/24/R	11	24	0,13	0,18	0,41
N210	476	2	238	VVM 500 C/V/P/24/R	10,5	23	0,12	0,18	0,55
N211	246	1	246	VVM 500 C/V/P/24/R	11	24	0,13	0,18	0,41
N212	246	1	246	VVM 500 C/V/P/24/R	11	24	0,13	0,18	0,41
N213	246	1	246	VVM 500 C/V/P/24/R	11	24	0,13	0,18	0,41
N214	245	1	245	VVM 500 C/V/P/24/R	11	24	0,13	0,18	0,41
N215	530	2	265	VVM 500 C/V/P/24/R	13	27	0,12	0,13	0,5
N216	530	2	265	VVM 500 C/V/P/24/R	13	27	0,12	0,13	0,34
N217	245	1	245	VVM 500 C/V/P/24/R	11	24	0,13	0,18	0,41
N218	246	1	246	VVM 500 C/V/P/24/R	11	24	0,13	0,18	0,41
N219	246	1	246	VVM 500 C/V/P/24/R	11	24	0,13	0,18	0,41
N220	246	1	246	VVM 500 C/V/P/24/R	11	24	0,13	0,18	0,41
N221	476	2	238	VVM 500 C/V/P/24/R	10,5	23	0,12	0,18	0,55
N222	246	1	246	VVM 500 C/V/P/24/R	11	24	0,13	0,18	0,41
N223	700	2	350	VVM 600 C/V/P/24/R	9	20	0,14	0,19	0,45
N224	274	1	274	VVM 500 C/V/P/24/R	13	27	0,13	0,19	0,41
N225	287	1	287	VVM 500 C/V/P/24/R	15,5	29	0,15	0,195	0,41

Dalším údajem, který se sleduje u příváděcích vyústek je efektivní rychlost proudění. Jedná se o výstupní rychlost ze samotné vyústky do prostoru. Dle lit. [7] je doporučená rychlost pro malé kanceláře 5 m/s. Vyústky jsou dá se říci předimenzované dostatečně, proto zde uvedu jen příklad nejhoršího případu v místnosti N225 pro vyústku VVM 500 C/V/P/24/R. Rychlost se spočítá dle následujícího vzorce.

$$w_{ef} = \frac{\dot{V}_{p1}}{3600 \cdot S_{ef}} = \frac{287}{3600 \cdot 0,021} = 3,8 \text{ m/s} \quad (6.5)$$

kde:

$$\begin{array}{lll} \dot{V}_{p1} & \text{objemový tok vzduchu jednou vyústkou} & [\text{m}^3/\text{h}] \\ S_{ef} & \text{efektivní plocha dle tab. 10 převzaté z [6]} & [\text{m}^2] \end{array}$$

Tab. 6.3 Základní parametry vyústek [6]

Jmenovitý rozměr	300 8 lamel	400, 500, 600, 625 16 lamel	500 24 lamel	600, 625 24 lamel	600, 625 48 lamel	625 54 lamel	825 74 lamel
$\dot{V}_{\max}$ [m ³ /h]	180	320	420	660	850	950	1200
$\dot{V}_{\min}$ [m ³ /h]	55	100	140	200	360	400	560
$L_{WA\max}$ [dB(A)]	39	40	39	40	40	43	40
$L_{WA\min}$ [dB(A)]	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
S_{ef} [m ²]	0,007	0,014	0,021	0,0295	0,042	0,0473	0,0715

Návrh přívodních vyústek proběhl dle všech nároků na komfort a to jak s ohledem na hladinu akustického výkonu, tak i rychlostí proudění ve všech místech jednotlivých místností.

6.2 Návrh koncových prvků odvodního potrubí



Návrh odváděcích vyústek se řídí stejným množstvím vzduchu jako pro přívod, protože se jedná o rovnotlakou klimatizaci. Pro odvod vzduchu z místností jsem zvolil stěnové vyústky od firmy Mandík, a.s. [8]. Důvodem volby byl předpokládaný lepší obraz proudění v místnostech, kdy by nedocházelo ke zkratu proudění vzduchu z přívodních vyústek.

Obr. 6.9 Stěnová vyústka

Ovlivnit se toto dá zvolením větších rozměrů vyústek, čímž se dosáhne menší vstupní rychlosti do vyústky. V mém případě jsem zvolil rychlost do 2 m/s pomocí přepočtu podle vzorce (6.5) a zvolením vhodných efektivních ploch v tabulce č. 3 v [8], kde jsou vyústky s volným nastavením lamel posazených ve vodorovné rovině.

Rozmístění odváděcích vyústek jsem volil pokud možno do středu stěny sousedící s chodbou, kde budou připojeny přímo na potrubí ve výšce pod podhledem v místnosti, tzn. že horní hrana vyústky musí být ve výšce do 2,8 m. Výjimkami jsou místnosti N208 a N223, kde

musí být vyústě umístěny ve stěně nad dveřmi a nejsou tedy vprostřed stěny, kde by byl zajištěn lepší obraz proudění.

Pro příklad zde uvedu volbu vyústky pro místnost N215.

Zadané hodnoty:

- vstupní efektivní rychlost vzduchu do 2 m/s
- průtok vzduchu vyústkou $\dot{V}_{p1} = 530 \text{ m}^3/\text{h}$

Výpočet

1) Stanovení efektivní plochy z maximální rychlosti

Výpočet provedu pomocí vzorce (6.5).

$$S_{ef} = \frac{\dot{V}_{p1}}{3600 \cdot w_{ef}} = \frac{530}{3600 \cdot 2} = 0,0736 \text{ m}^2$$

2) Výběr vyústky z tabulky č. 3 v [8]

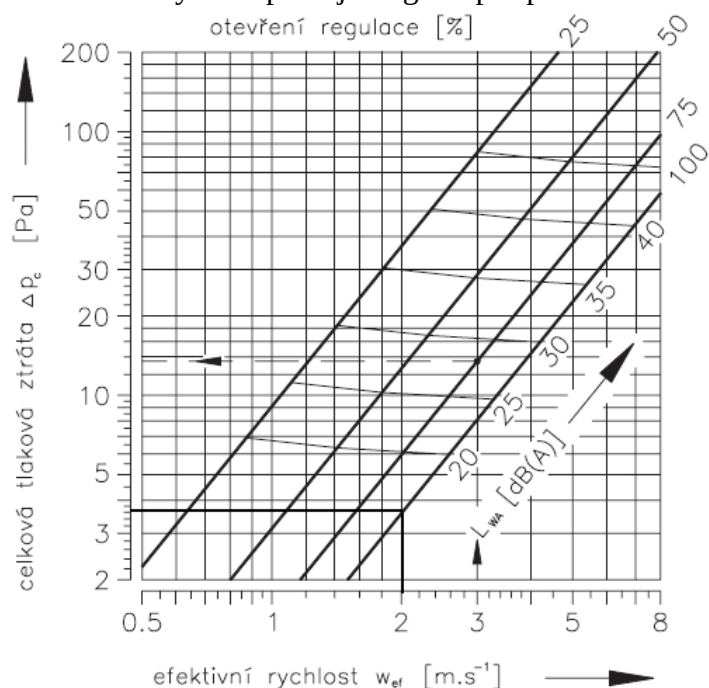
V tabulce vyhledám nejbližší průřez a ten mi dává rozměry 625 mm na šířku a 150 mm na výšku.

Zvolená vyústka má označení **SVM NV 625x150/R1/S**

kde: SVM – typ, NV – nastavitelná s vodorovnými lamelami, 625x150 – rozměry, R1 – s regulací, S – uchycení šrouby

3) Stanovení tlakových ztrát a hladiny akustického výkonu A

Jelikož podklady neobsahují diagramy pro stanovení tlakových ztrát a akustického výkonu odváděcích vyústek použiji diagram pro přívod na obr. 5.6 převzatého z [8]



- z osy stanovené rychlosti vedu kolmici ke křivce 100% otevřené regulace

- odečítám hladinu akustického výkonu 15 dB(A)

- z průsečíku vedu kolmici na svislou osu, kde odečítám tlakovou ztrátu 3,6 Pa

Obr. 6.10 Tlaková ztráta a hladina akustického výkonu

Navržené vyústky jsou v tab. 6.4. Může se zdát, že jsou všechny značně předimenzované, ale pro získání nižší odvodní rychlosti to jinak nelze. Naproti tomu vznikl poměrně velký prostor pro případné doregulování při napojení na vzduchovody.

Tab. 6.4 Návrh odváděcích vyústek

Místnost	Množství přiváděného vzduchu [m ³ /h]	počet vyústek	Tok vzduchu jednou vyústkou [m ³ /h]	Typ vyústky	Tlaková ztráta Δp_z [Pa]	Akustický výkon L_{WA} [dB]	Efektivní plocha S_{ef} [m ²]	Efektivní rychlost w_{ef} [m/s]
N206	268	1	268	SVM NV 400x125/R1/S	3	12	0,0408	1,83
N207	255	1	255	SVM NV 400x125/R1/S	2,8	11	0,0408	1,74
N208	658	1	658	SVM NV 625x200/R1/S	3,2	13	0,0975	1,88
N209	246	1	246	SVM NV 400x125/R1/S	2,6	10	0,0408	1,67
N210	476	1	476	SVM NV 625x150/R1/S	2,9	11	0,0736	1,80
N211	246	1	246	SVM NV 400x125/R1/S	2,6	10	0,0408	1,67
N212	246	1	246	SVM NV 400x125/R1/S	2,6	10	0,0408	1,67
N213	246	1	246	SVM NV 400x125/R1/S	2,6	10	0,0408	1,67
N214	245	1	245	SVM NV 400x125/R1/S	2,6	10	0,0408	1,67
N215	530	1	530	SVM NV 625x150/R1/S	3,6	15	0,0736	2,00
N216	530	1	530	SVM NV 625x150/R1/S	3,6	15	0,0736	2,00
N217	245	1	245	SVM NV 400x125/R1/S	2,6	10	0,0408	1,67
N218	246	1	246	SVM NV 400x125/R1/S	2,6	10	0,0408	1,67
N219	246	1	246	SVM NV 400x125/R1/S	2,6	10	0,0408	1,67
N220	246	1	246	SVM NV 400x125/R1/S	2,6	10	0,0408	1,67
N221	476	1	476	SVM NV 625x150/R1/S	2,9	11	0,0736	1,80
N222	246	1	246	SVM NV 400x125/R1/S	2,6	10	0,0408	1,67
N223	700	1	700	SVM NV 625x200/R1/S	3,6	15	0,0975	2,00
N224	274	1	274	SVM NV 400x125/R1/S	3,2	13	0,0408	1,86
N225	287	1	287	SVM NV 400x125/R1/S	3,5	14	0,0408	1,95

6.3 Návrh a dimenzování vzduchovodů pro přívod vzduchu

Návrh vzduchovodů pro přívod vzduchu byl proveden pro čtyřhranné potrubí. Nejprve bylo určeno rozmístění vyústek, poté připojení a návrh vedení trasy vzduchovodů od vyústek směrem ke strojovně. V další části přišlo na řadu dimenzování jednotlivých úseků vzduchovodů, kterým se stanovily rozměry a tlakové ztráty vzduchovodů. Při návrhu bylo nutné udělat rozvahu kolik místa vyčlenit od stropu chodby, kudy měly vzduchovody vést, jelikož přívodní a odvodní potrubí bude umístěno nad sebou a celé pak bude skryto v podhledu. Potrubí bude izolováno, což zamezí tepelným výměnám po délce vzduchovodu.

Postup výpočtu bude proveden pomocí metody celkových tlaků tak, aby se rychlost proudu vzduchu směrem k ventilátoru zvětšovala. Metoda celkových tlaků je založena na rovnosti tlaků hlavní a vedlejší větve. Hlavní větev (magistrála) je ta, která má v součtu nejvyšší možnou tlakovou ztrátu ze všech možných kombinací od koncové vyústky směrem k ventilátoru. Schéma návrhu trasy i s vyústkami je na obr. 6.11, výpočet pak v tab. 6.5.

Při výpočtech byly použity tyto vztahy:

Pro čtyřhranné potrubí je třeba vypočítat ekvivalentní průměr

$$d_w = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b} \quad [\text{m}] \quad (5.6)$$

kde:

a	šířka potrubí	[m]
b	výška potrubí	[m]

Výpočet rychlosti v potrubí dle skutečného průřezu

$$w = \frac{\dot{V}}{a \cdot b \cdot 3600} \quad [\text{m/s}] \quad (5.7)$$

kde:

$\dot{V}$	objemový tok vzduchu v daném úseku	[m ³ /h]
-----------	------------------------------------	---------------------

Výpočet tlakového spádu dle [7]

$$R = 0,01218 \cdot w^{1,875} \cdot d_w^{-1,235} \quad [\text{Pa/m}] \quad (5.8)$$

- platí pro potrubí se standardní drsností $\varepsilon = 0,15$ při průtoku vzduchu o hustotě $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

Výpočet tlakové ztráty třením

$$\Delta p_{zt} = R \cdot L \quad [\text{Pa}] \quad (5.9)$$

kde:

L	délka uvažovaného úseku	[m]
-----	-------------------------	-----

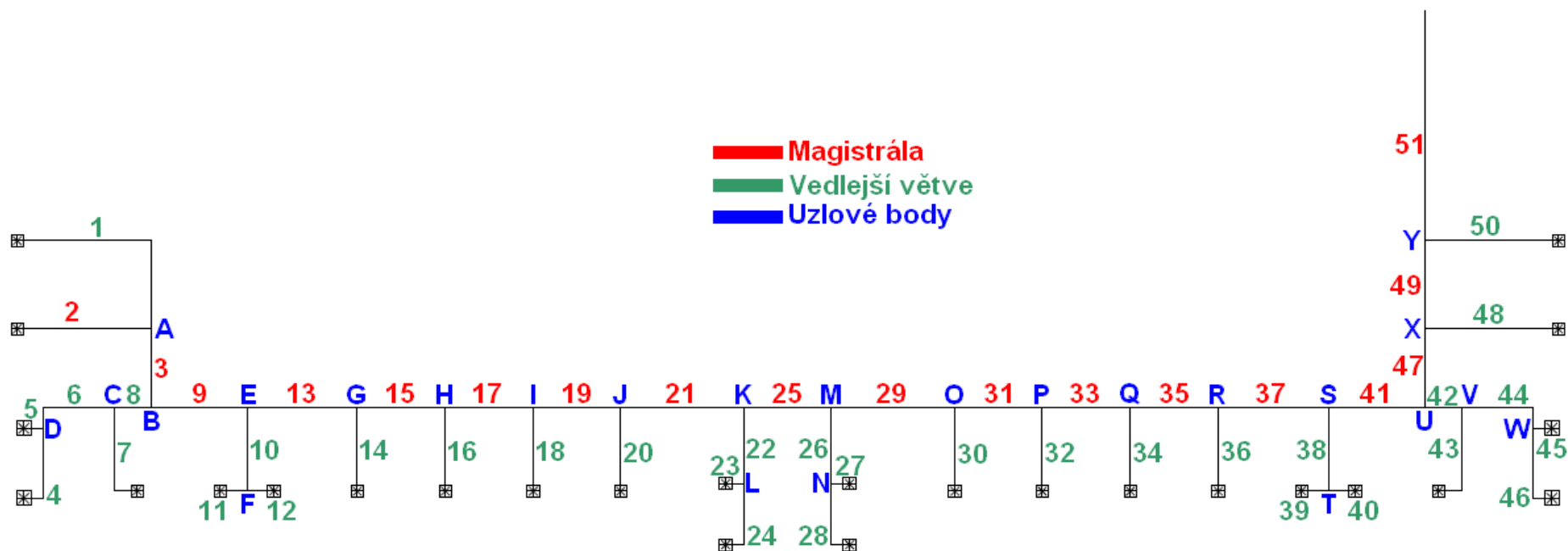
Výpočet tlakové ztráty místními odpory

$$\Delta p_{zm} = \Sigma \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [\text{Pa}] \quad (5.10)$$

kde:

$\Sigma \xi$	součet všech součinitelů místních odporů pro daný úsek dle [9] [-]	
ρ	hustota vzduchu	[kg/m ³]

Do tlakové ztráty místními odpory se zahrnují i jednotlivé tlakové ztráty vyústek Δp_{zv} pokud je úsek obsahuje.



Obr. 6.11 Schéma návrhu přívodní trasy s vyústkami

Tab. 6.5 Výpočet tlakových ztrát přívodního potrubí

Číslo úseku	Objemový tok	Rozměry potrubí		Ekvivalentní průměr podle rychlosti	Rychlost proudění	Délka úseku	Tlakový spád	Součinitel místních ztrát	Tlaková ztráta třením	Tlaková ztráta místními odpory	Tlaková ztráta výústky	Celková tlaková ztráta
	V	a	h	d_w	w	L	R	ξ	p_{zt}	p_{zm}	p_{zv}	p_z
[-]	m ³ /h	mm	mm	mm	m/s	mm	Pa/m	-	Pa	Pa	Pa	Pa
1	268	200	200	200	1,86	8809	0,28	0,39	2,51	0,81	13	16,32
2	255	200	200	200	1,77	5209	0,26	1,9	1,35	3,57	12	16,93
3	523	250	280	264	2,08	3200	0,25	1,2	0,79	3,10		3,89
4	329	250	250	250	1,46	3351	0,14	0,46	0,46	0,59	7,5	8,55
5	329	250	250	250	1,46	500	0,14	1,74	0,07	2,23	7,5	9,80
6	658	280	280	280	2,33	3756	0,29	0,49	1,08	1,60		2,68
7	246	200	200	200	1,71	4104	0,24	2	1,00	3,50	11	15,50
8	904	280	280	280	3,20	1500	0,52	0,075	0,78	0,46		1,24
9	1427	355	315	334	3,54	3939	0,51	0,09	2,00	0,68		2,67
10	476	250	250	250	2,12	3415	0,28	1,7	0,94	4,57		5,50
11	238	200	200	200	1,65	846	0,23	2	0,19	3,28	10,5	13,97
12	238	200	200	200	1,65	846	0,23	2	0,19	3,28	10,5	13,97
13	1903	400	355	376	3,72	4500	0,48	0,06	2,16	0,50		2,65
14	246	200	200	200	1,71	3181	0,24	2,5	0,77	4,38	11	16,15
15	2149	450	355	397	3,74	3600	0,45	0,05	1,63	0,42		2,04
16	246	200	200	200	1,71	3181	0,24	2,51	0,77	4,40	11	16,17
17	2395	500	355	415	3,75	3600	0,43	0,05	1,55	0,42		1,97
18	246	200	200	200	1,71	3181	0,24	2,9	0,77	5,08	11	16,85
19	2641	500	355	415	4,13	3568	0,52	0,05	1,84	0,51		2,35
20	245	200	200	200	1,70	3181	0,24	3,5	0,77	6,08	11	17,84
21	2886	500	355	415	4,52	5050	0,61	0,07	3,08	0,86		3,93
22	530	250	250	250	2,36	3125	0,34	1,9	1,05	6,33		7,38
23	265	200	200	200	1,84	500	0,28	0,85	0,14	1,73	13	14,87
24	265	200	200	200	1,84	3000	0,28	0,49	0,84	1,00	13	14,83
25	3416	500	400	444	4,74	3564	0,61	0,06	2,19	0,81		3,00
26	530	250	250	250	2,36	3125	0,34	2	1,05	6,66		7,71
27	265	200	200	200	1,84	500	0,28	0,85	0,14	1,73	13	14,87

Tab. 6.5 Výpočet tlakových ztrát přívodního potrubí - pokračování

Číslo úseku	Objemový tok	Rozměry potrubí		Ekvivalentní průměr podle rychlosti	Rychlost proudění	Délka úseku	Tlakový spád	Součinitel místních ztrát	Tlaková ztráta třením	Tlaková ztráta místními odpory	Tlaková ztráta výústky	Celková tlaková ztráta
	V	a	h	d_w	w	L	R	ξ	p_{zt}	p_{zm}	p_{zv}	p_z
[-]	m ³ /h	mm	mm	mm	m/s	mm	Pa/m	-	Pa	Pa	Pa	Pa
28	265	200	200	200	1,84	3000	0,28	0,49	0,84	1,00	13	14,83
29	3946	560	400	467	4,89	5050	0,61	0,06	3,10	0,86		3,96
30	245	200	200	200	1,70	3181	0,24	4,2	0,77	7,29	11	19,06
31	4191	560	400	467	5,20	3568	0,69	0,055	2,45	0,89		3,34
32	246	200	200	200	1,71	3181	0,24	5,5	0,77	9,63	11	21,40
33	4437	560	400	467	5,50	3600	0,76	0,055	2,75	1,00		3,75
34	246	200	200	200	1,71	3181	0,24	7	0,77	12,26	11	24,03
35	4683	560	400	467	5,81	3600	0,85	0,055	3,04	1,11		4,16
36	246	200	200	200	1,71	3181	0,24	9	0,77	15,76	11	27,53
37	4929	560	400	467	6,11	4500	0,93	0,05	4,19	1,12		5,31
38	476	250	250	250	2,12	3415	0,28	7	0,94	18,80		19,74
39	238	200	200	200	1,65	846	0,23	2	0,19	3,28	10,5	13,97
40	238	200	200	200	1,65	846	0,23	2	0,19	3,28	10,5	13,97
41	5405	560	400	467	6,70	3939	1,11	1,4	4,36	37,74		42,09
42	946	280	280	280	3,35	1500	0,57	4,9	0,85	33,03		33,88
43	246	200	200	200	1,71	4104	0,24	1,95	1,00	3,41	11	15,41
44	700	280	280	280	2,48	3756	0,32	0,05	1,21	0,18		1,39
45	350	250	250	250	1,56	500	0,15	1,5	0,08	2,18	9	11,26
46	350	250	250	250	1,56	3351	0,15	0,6	0,52	0,87	9	10,39
47	6351	630	400	489	7,00	3200	1,13	0,05	3,62	1,47		5,09
48	274	200	200	200	1,90	5210	0,30	10,05	1,55	21,83	13	36,38
49	6625	630	400	489	7,30	3600	1,22	0,05	4,41	1,60		6,01
50	287	200	200	200	1,99	5210	0,32	10,55	1,69	25,14	15,5	42,33
51	6912	630	400	489	7,62	9400	1,33	0,55	12,46	19,16	50	81,62

Pro zajištění požadovaných průtoků v každé z větví je nutné vzduchovody zaregulovat, tak aby měli vedlejší větve stejný tlak vzhledem k magistralé v uvažovaném uzlu. Příkladem pro stanovení rozdílného tlaku vůči hlavní větvi mohou být např. pro uzly A a B z obr. 6.11 použity následující rovnice:

Uzel A

$$\Delta p_{z1} \leq \Delta p_{z2} \quad \text{před zaregulováním} \quad (5.11)$$

$$\Delta p_{z1} = \Delta p_{z2} \quad \text{po zaregulování} \quad (5.12)$$

Uzel B

$$\Delta p_{z4} + \Delta p_{z6} + \Delta p_{z8} \leq \Delta p_{z2} + \Delta p_{z3} \quad \text{před zaregulováním} \quad (5.13)$$

$$\Delta p_{z4} + \Delta p_{z6} + \Delta p_{z8} = \Delta p_{z2} + \Delta p_{z3} \quad \text{po zaregulování} \quad (5.14)$$

V tab. 6.6 je spočítán tlakový rozdíl každé vedlejší větve vůči magistralé.

Tab. 6.6 Výpočet tlakového rozdílu vedlejších větví vůči hlavní větvi

Řešený uzel	Hlavní větev	Regulovaná větev	Tlakový rozdíl vůči hlavní větvi [Pa]
A	2	1	0,61
B,C	2+3	7+8	4,08
B,D	2+3	5+6+8	7,10
B,D	2+3	4+6+8	8,35
E,F	2+3+9	10+11	4,02
E,F	2+3+9	10+12	4,02
G	2+3+9+13	14	10,00
H	2+3+9+13+15	16	12,03
I	2+3+9+13+15+17	18	13,31
J	2+3+9+13+15+17+19	20	14,67
K,L	2+3+9+13+15+17+19+21	22+23	14,21
K,L	2+3+9+13+15+17+19+21	22+24	14,24
M,N	2+3+9+13+15+17+19+21+25	26+27	16,87
M,N	2+3+9+13+15+17+19+21+25	26+28	16,91
O	2+3+9+13+15+17+19+21+25+29	30	24,35
P	2+3+9+13+15+17+19+21+25+29+31	32	25,34
Q	2+3+9+13+15+17+19+21+25+29+31+33	34	26,47
R	2+3+9+13+15+17+19+21+25+29+31+33+35	36	27,12
S,T	2+3+9+13+15+17+19+21+25+29+31+33+35+37	38+39	26,25
S,T	2+3+9+13+15+17+19+21+25+29+31+33+35+37	38+40	26,25
U,V	2+3+9+13+15+17+19+21+25+29+31+33+35+37+41	42+43	52,76
U,W	2+3+9+13+15+17+19+21+25+29+31+33+35+37+41	42+44+45	55,52
U,W	2+3+9+13+15+17+19+21+25+29+31+33+35+37+41	42+44+46	56,39
X	2+3+9+13+15+17+19+21+25+29+31+33+35+37+41+47	48	70,76
Y	2+3+9+13+15+17+19+21+25+29+31+33+35+37+41+47+49	50	70,82

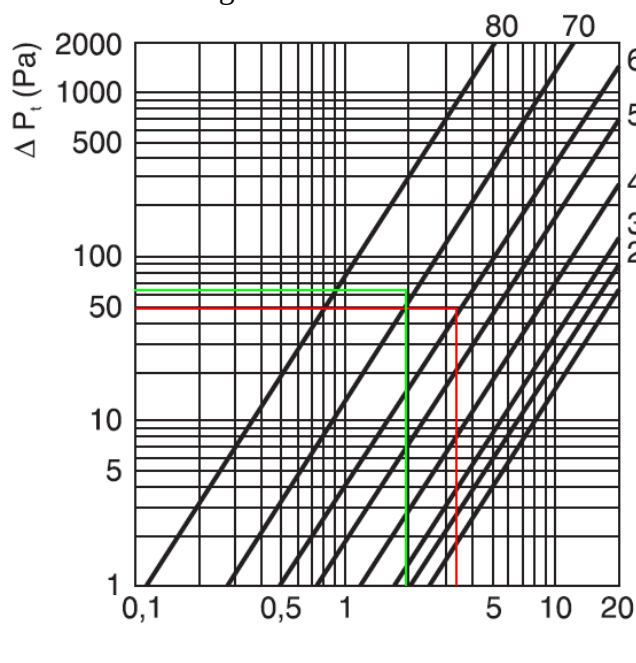
Úseky vedlejších větví od 1 až po 38 lze doregulovat pomocí klapek, které jsou součástí každé vyústky. Na vedlejší větvi s počátečním úsekem 42 je patrný velký nárůst potřebného doregulovávajícího tlaku. Ten už klapky vyústek nejsou schopny vytvořit a proto bude potřeba do úseku 42 vložit regulační klapku. Stejně tak pro úseky 48 a 49. Regulační klapku volím univerzální s označením IJK na obr. 6.12 od firmy ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o. [10].



Regulační klapka má rozměry pro potrubí 400x200 mm bude tudíž nutné v místě použití navrhnout rozšíření nebo zúžení potrubí rozšířit či zúžit podle daného úseku.

Obr. 6.12 Univerzální regulační klapka

Je potřeba stanovit kolik je třeba klapkou vytvořit tlaku. Pro úsek 42 volím doregulovávací tlak 50 Pa, zbytek tlaku se doreguluje na vyústkách. Pro úseky 48 a 50 volím doregulovávací tlak 65 Pa a zbylý tlak se opět doreguluje na vyústkách. Škrcení klapkou je znázorněno v diagramu na obr. 6.13.



- červeně je znázorněno škrcení pro úsek 42 přivřením klapky na zhruba 61% při dané rychlosti v úseku

- zeleně je znázorněno škrcení úseků 48 a 50 přivřením klapky na přibližných 72% při dané rychlosti v úseku

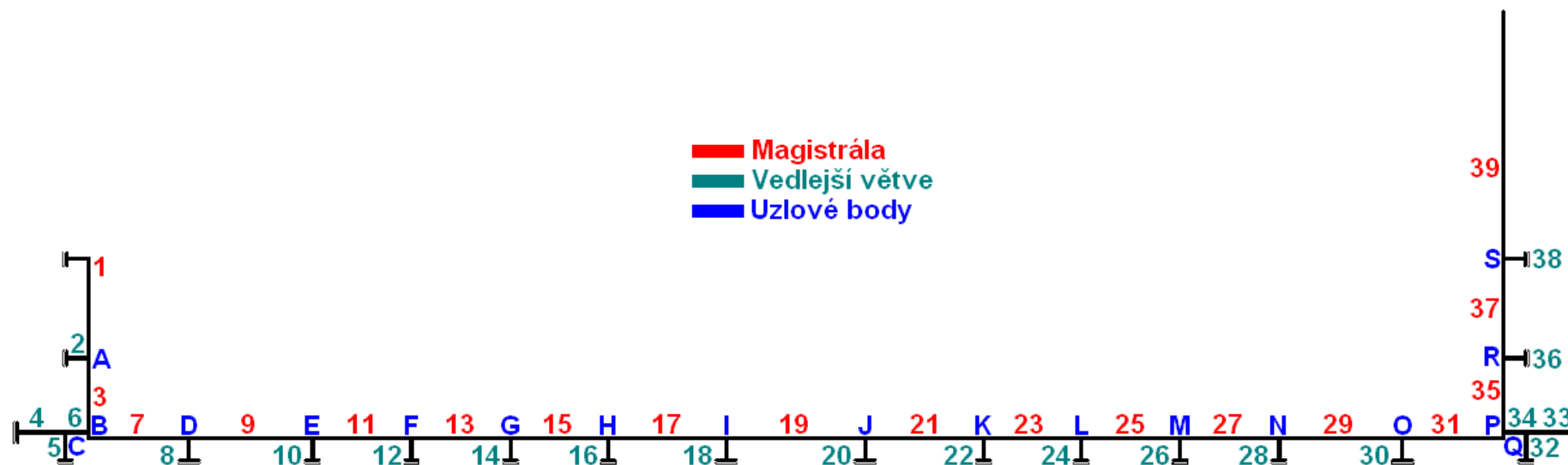
m/s Obr. 6.13 Regulace klapkou IJK

Pozn.: Do úseku 51 byla započtena tlaková ztráta požární klapky, tlumiče hluku a protidešťové žaluzie.

6.4 Návrh a dimenzování vzduchovodů pro odvod vzduchu

Návrh vzduchovodů pro odvod vzduchu byl proveden stejným postupem jako pro přívodní vzduchovody s ohledem na to, že odvodní budou umístěny v podhledu pod přívodními tak, aby bylo možné instalovat stěnové vyústky do místností. Podhled na chodbě musí být tedy níže než v místnostech.

Schéma trasy odvodního potrubí je znázorněno na obr. 6.14. Výpočet tlakových ztrát potom uveden v tab. 6.7. Výpočtové vztahy jsou shodné jako pro přívodní potrubí v kap. 6.3.



Obr. 6.14 Schéma návrhu trasy odvodního potrubí s vyústkami

Tab. 6.7 Výpočet tlakových ztrát odvodního potrubí

Číslo úseku	Objemový tok	Rozměry potrubí		Ekvivalentní průměr podle rychlosti	Rychlost proudění	Délka úseku	Tlakový spád	Součinitel místních ztrát	Tlaková ztráta třením	Tlaková ztráta místními odpory	Tlaková ztráta vyústky	Celková tlaková ztráta
	V	a	h	d _w	w	L	R	ξ	p _{zt}	p _{zm}	p _{zv}	p _z
[-]	m ³ /h	mm	mm	mm	m/s	mm	Pa/m	-	Pa	Pa	Pa	Pa
1	268	400	125	190	1,49	4400	0,20	1,05	0,88	1,40	3	5,27
2	255	400	125	190	1,42	800	0,18	1,3	0,15	1,57	2,8	4,51
3	523	400	200	267	1,82	2700	0,19	1,2	0,51	2,37		2,89
4	658	630	200	304	1,45	1764	0,11	0,8	0,19	1,01	3,2	4,40
5	246	400	125	190	1,37	1026	0,17	1,2	0,17	1,34	2,6	4,12
6	904	630	200	304	1,99	836	0,19	1,5	0,16	3,57		3,74
7	1427	630	315	420	2,00	3890	0,13	0,6	0,51	1,44		1,94
8	476	630	160	255	1,31	800	0,11	0,75	0,09	0,77	2,9	3,76
9	1903	630	315	420	2,66	4500	0,22	0,25	1,00	1,06		2,07
10	246	400	125	190	1,37	800	0,17	-0,25	0,14	-0,28	2,6	2,46
11	2149	630	315	420	3,01	3600	0,28	0,2	1,01	1,09		2,10
12	246	400	125	190	1,37	800	0,17	-1,35	0,14	-1,51	2,6	1,22
13	2395	630	315	420	3,35	3600	0,34	0,19	1,24	1,28		2,52
14	246	400	125	190	1,37	800	0,17	-1,65	0,14	-1,85	2,6	0,89
15	2641	630	315	420	3,70	3569	0,41	0,16	1,47	1,31		2,78
16	245	400	125	190	1,36	800	0,17	-2,25	0,13	-2,50	2,6	0,23
17	2886	630	315	420	4,04	4300	0,49	0,1	2,10	0,98		3,07
18	530	630	160	255	1,46	800	0,13	-2,24	0,11	-2,87	3,6	0,84
19	3416	630	355	454	4,24	5062	0,49	0,05	2,46	0,54		3,00
20	530	630	160	255	1,46	800	0,13	-2,55	0,11	-3,26	3,6	0,44
21	3946	630	400	489	4,35	4300	0,46	0,11	1,99	1,25		3,24
22	245	400	125	190	1,36	800	0,17	-4,87	0,13	-5,41	2,6	-2,68
23	4191	630	400	489	4,62	3569	0,52	0,105	1,85	1,34		3,20
24	246	400	125	190	1,37	800	0,17	-5,33	0,14	-5,97	2,6	-3,24
25	4437	630	400	489	4,89	3600	0,58	0,1	2,08	1,44		3,51
26	246	400	125	190	1,37	800	0,17	-6,17	0,14	-6,91	2,6	-4,18
27	4683	630	400	489	5,16	3600	0,64	0,1	2,30	1,60		3,90

Tab. 6.7 Výpočet tlakových ztrát odvodního potrubí - pokračování

Číslo úseku	Objemový tok	Rozměry potrubí		Ekvivalentní průměr podle rychlosti	Rychlost proudění	Délka úseku	Tlakový spád	Součinitel místních ztrát	Tlaková ztráta třením	Tlaková ztráta místními odpory	Tlaková ztráta vyústky	Celková tlaková ztráta
	V	a	h	d_w	w	L	R	ξ	p_{zt}	p_{zm}	p_{zv}	p_z
[-]	m ³ /h	mm	mm	mm	m/s	mm	Pa/m	-	Pa	Pa	Pa	Pa
28	246	400	125	190	1,37	800	0,17	-6,57	0,14	-7,36	2,6	-4,63
29	4929	630	400	489	5,43	4500	0,70	0,18	3,17	3,19		6,35
30	476	630	160	255	1,31	800	0,11	-7,55	0,09	-7,79	2,9	-4,81
31	5405	630	400	489	5,96	3890	0,84	0,07	3,25	1,49		4,74
32	246	400	125	190	1,37	1026	0,17	1,04	0,17	1,17	2,6	3,94
33	700	630	200	304	1,54	1764	0,12	0,8	0,21	1,14	3,6	4,95
34	946	630	200	304	2,09	836	0,21	-3,19	0,18	-8,32		-8,15
35	6350	710	400	512	6,21	2700	0,86	0,07	2,31	1,62		3,93
36	274	400	125	190	1,52	800	0,21	-8,38	0,17	-11,65	3,2	-8,28
37	6624	710	400	512	6,48	3600	0,93	0,07	3,33	1,76		5,10
38	287	400	125	190	1,59	800	0,23	-8,41	0,18	-12,83	3,5	-9,15
39	6911	710	400	512	6,76	9000	1,00	1,322	9,02	36,24	50	95,27

Vzduchovody pro odvod vzduchu je nutné opět zaregulovat stejným způsobem jako u přívodního potrubí. V tab. 6.8 je vypočten tlakový rozdíl vedlejších větví vůči magistralé.

Tab. 6.8 Výpočet tlakového rozdílu vedlejších větví vůči hlavní větví

Řešený uzel	Hlavní větev	Regulovaná větev	Tlakový rozdíl vůči hlavní větví [Pa]
A	1	2	0,76
B,C	1+3	4+6	0,03
B,C	1+3	5+6	0,31
D	1+3+7	8	6,34
E	1+3+7+9	10	9,72
F	1+3+7+9+11	12	13,05
G	1+3+7+9+11+13	14	15,90
H	1+3+7+9+11+13+15	16	19,34
I	1+3+7+9+11+13+15+17	18	21,81
J	1+3+7+9+11+13+15+17+19	20	25,20
K	1+3+7+9+11+13+15+17+19+21	22	31,56
L	1+3+7+9+11+13+15+17+19+21+23	24	35,32
M	1+3+7+9+11+13+15+17+19+21+23+25	26	39,77
N	1+3+7+9+11+13+15+17+19+21+23+25+27	28	44,12
O	1+3+7+9+11+13+15+17+19+21+23+25+27+29	30	50,65
P,Q	1+3+7+9+11+13+15+17+19+21+23+25+27+29+31	32+34	54,80
P,Q	1+3+7+9+11+13+15+17+19+21+23+25+27+29+31	33+34	53,79
R	1+3+7+9+11+13+15+17+19+21+23+25+27+29+31+35	36	62,81
S	1+3+7+9+11+13+15+17+19+21+23+25+27+29+31+35+37	38	68,76

Všechny úseky lze tentokrát na rozdíl od přívodního potrubí doregulovat pomocí regulací, které všechny vyústky obsahují.

Při výpočtu tlakových ztrát si lze všimnout, že se v tab. 6.7 objevují záporné hodnoty součinitele místních ztrát a tedy i záporné hodnoty tlakových ztrát místními odpory. To je způsobeno kolmým napojením menších průměrů potrubí s ostrou hranou na magistralu a zároveň velkými rychlostními rozdíly daného úseku a hlavní větve. V důsledku toho dochází k ještě většímu nasávání a tedy k tlakovým ziskům. Kolmé napojení potrubí od stěnových vyústek jsem volil jen s ohledem na stavební práce v již stojící budově. Při volbě napojení potrubí se zaoblením by tak hodně záporné součinitele nevycházely, což by ve výsledku mělo velký vliv na doregulování vyústek a nevycházely by tak velké hodnoty tlakového rozdílu vůči magistralé.

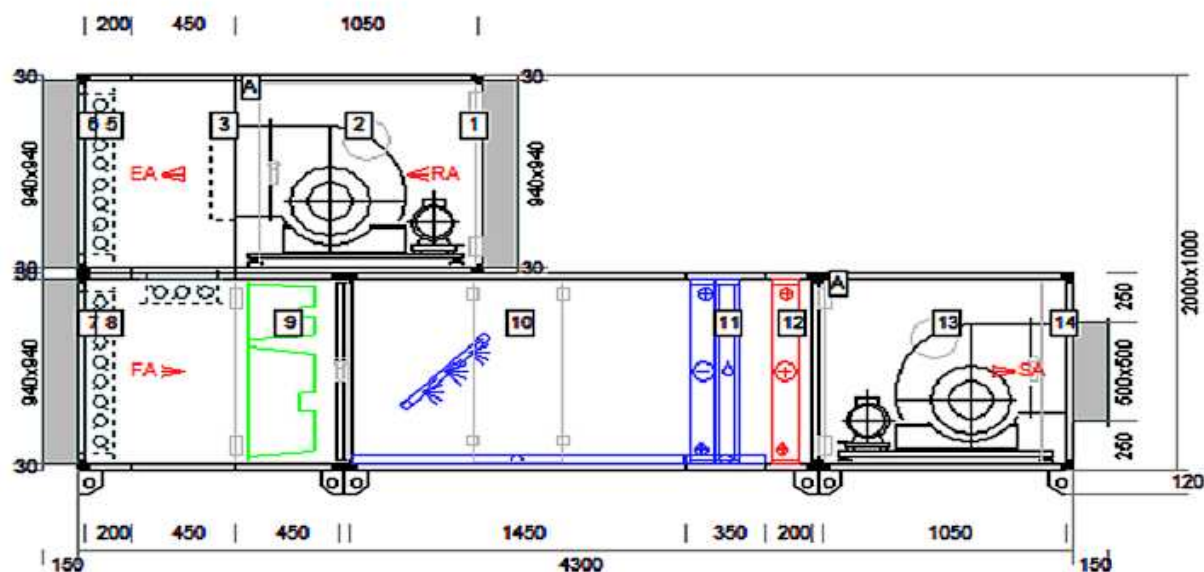
V úseku 39 je započtena tlaková ztráta protidešťové žaluzie, tlumiče hluku a protipožární klapky.

7 Návrh klimatizačního zařízení

Zvolení klimatizační jednotky vychází z daného průtoku vzduchu a návrhu ventilátorů přívodního a odvodního potrubí, které jsou navrženy na vypočtené celkové tlakové ztráty magistraly společně s tlaky všech komor navrhované jednotky. Pro navržení ostatních komponent klimatizační jednotky bylo použito hodnot z psychrometrických výpočtů z kap. 5.

Na návrhu se podílel obchodní zástupce firmy JANKA ENGINEERING s.r.o. ing. Kamil Derka s pomocí softwaru Climacal.

Navrženou jednotkou je jednotka z řady Senator 25 – KLM 10, sestávající se z komponent dle obr. 6.1 ve vertikálním provedení.



Obr. 6.1 Klimatizační jednotka Senator 25 - KLM 10

Jednotka se skládá z komponent, které jsou na obr. 6.1 očíslovány a vyexportovány do následujících tabulek:

Tab. 7.1 Transportní sekce 1 - Odvodní vzduch

(1) Vstup vzduchu											
Odvodní vzduch Čelo bez panelu 900 x 900 mm											
Max. průtok		6912		m3/h							
		1,92		m3/s							
Příslušenství		- 1x Manžeta 940x940mm									
(2) Odvodní ventilátor											
s			Dveře (Levé)						(RNP 355/2 LF)		
Údaje o ventilátoru			Údaje o motoru			Údaje o proudění					
Velikost	D 355 F Std.		Výkon		4		kW		Průtok	6912	m3/h
Lopatky	Dopředu zahnuté		Napětí		400/690V-3ph-50Hz					1,92	m3/s
Izolátory	Pryž		Krytí		IP55 Termo-		Celk. tlak. ztráta			71	Pa
Otáčky	686	ot./min.			kontakty (A31)		Externí tlak			155	Pa
Účinnost	63	%	Otáčky		960	ot./min.	Dynamický tlak			52	Pa
Příkon	0,85	kW	Jmenovitý proud		9,12	A	Celkový tlak			278	Pa
			Kód motoru		132-B3 4kW						
Hladina ak. výkonu	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Celkem		
Lw opláštění	41	50	43	42	39	43	35	27	53	dB(A)	
Lp*	24	33	26	25	22	26	18	10	36	dB(A)	
Lw Odvodní vzduch	51	60	62	71	70	71	67	60	76	dB(A)	
Lw Odpadní vzduch	44	57	52	60	62	64	59	52	68	dB(A)	
*hladina akustického tlaku vypočtená ve vzdálenosti 2 m (pro volné pole)											
Příslušenství											
- 1x Okno											
- 1x Frekv. měnič samost. 4kW 3x400V (911008)											

Tab. 7.1 Transportní sekce 1 - Odvodní vzduch - pokračování

(3) Difuzér									
Tlaková ztráta	64	Pa							
(5) Klapková komora + (6) Výstup vzduchu									
Odpadní vzduch	Celoplošná vnitřní klapka - čelní		864 x 810 mm						
Max. průtok	6912	m3/h	Tlaková ztráta	7	Pa	Ovládací moment	8	Nm	
	1,92	m3/s							
Příslušenství	- 1x Manžeta 940x940mm								

Tab. 7.2 Transportní sekce 2 – Přívodní vzduch

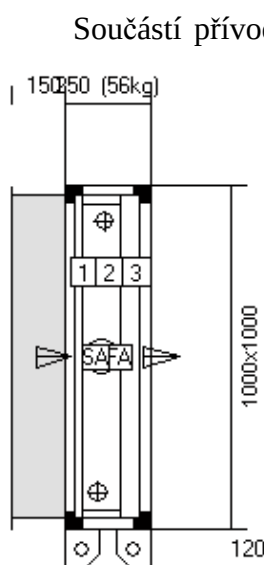
(7) Směšovací komora + (8) Klapková komora									
Čerstvý vzduch	Celoplošná vnitřní klapka - čelní		864 x 810 mm						
Max. průtok	6912	m3/h	Tlaková ztráta	7	Pa	Ovládací moment	8	Nm	
	1,92	m3/s							
Příslušenství	- 1x Manžeta 940x940mm								
Cirkulační vzduch	Vnitřní klapka - horní		786 x 310 mm						
Max. průtok	6912	m3/h	Tlaková ztráta	56	Pa	Ovládací moment	4	Nm	
	1,92	m3/s							
(9) Filtr									
Údaje o filtru	s		Dveře (Pravé)						
Typ	Krátký kapsový filtr		Údaje o proudění						
			Průtok	6912	m3/h	Vyložení filtrů	3 (550 374)		
				1,92	m3/s				
Třída filtrace	G4		Max. tlak. ztráta	300	Pa				
Čelní plocha	0,77	m2	Vyp. tlak. ztráta	58	Pa				
Délka filtru	360	mm							

Tab. 7.3 Transportní sekce 3 – Přívodní vzduch

(10) Zvlhčovač			s Snímatelný panel (Pravé)			Připojení Pravé		
			Zahrnuje parní a kondenzátní potrubí pro připojení vyvíječe do vzdálenosti 3m.					
Údaje o vlhčení			Údaje o proudění			Údaje o médiu		
Typ	Parní		Průtok	6912	m3/h	Typ	Pára	kg/h
	Carel UE008HL			1,92	m3/s	Průtok	8	
	& 1x DP085D30R0		Vstup vzduchu	17,8/47	°C/%r.H.			
	Modulační		Výstup vzduchu	17,8/54	°C/%r.H.			
Připojení	3/4 "		Tlaková ztráta	0	Pa			
Příslušenství	- 1x Vana Al							
	- 1x Sifon							
(11) Chladič			Připojení Pravé			(424036)		
Údaje o výměníku			Údaje o proudění			Údaje o médiu		
Typ	Výměník	"T"	Průtok	6912	m3/h	Typ	Voda	%
Materiál	Cu/Al			1,92	m3/s	Glykol	0	
Rychlost na vým.	3,1	m/s	Vstup vzduchu	27/40	°C/%r .H.	Vstup/výstup	6/12	
Řad/okruhů	4/13		Výstup vzduchu	16,1/78	°C/%r.H.	Pr ůtok	3610	
Rozteč lamel	3,17	mm	Bezpečnostní koef.	0	%	Tlaková ztráta	6,5	
Připojení	DN32	Zvenku	Celkový výkon	25,3	kW			
			Tlaková ztráta	166	Pa			
Příslušenství	- 1x Eliminátor							
	- 1x Vana Al							
	- 1x Sifon							
(12) Ohřivač			Připojení Pravé			(424230)		
Údaje o výměníku			Údaje o proudění			Údaje o médiu		
Typ	Výměník	"C"	Průtok	6912	m3/h	Typ	Voda	%
Materiál	Cu/Al			1,92	m3/s	Glykol	0	
Rychlost na vým.	3,1	m/s	Vstup vzduchu	17,8/54	°C/ %r.H.	Vstup/výstup	80/60	
Řad/okruhů	1/6		Výstup vzduchu	30/25	°C/%r.H.	Pr ůtok	1224	
Rozteč lamel	2,54	mm	Bezpečnostní koef.	5	%	Tlaková ztráta	2,2	
Připojení	DN25	Zvenku	Celkový výkon	28,5	kW			
			Tlaková ztráta	31	Pa			

Tab. 7.4 Transportní sekce 4 – Přívodní vzduch

(13) Přívodní ventilátor			<i>s</i>		<i>Dveře (Pravé)</i>						(RNP 355/2 LF)		
<i>Údaje o ventilátoru</i>					<i>Údaje o motoru</i>		<i>Údaje o proudění</i>						
Velikost	D 355 F Std.				Výkon	2,2 kW	Průtok				6912	m3/h	
Lopatky	Dopředu zahnuté				Napětí	230/400V-3ph-50Hz					1,92	m3/s	
Izolátory	Pryž				Krytí	IP55 - Termo-	Celk. tlak. ztráta				262	Pa	
Otáčky	973	ot./min.				kontakty (A31)	Externí tlak				195	Pa	
Účinnost	63	%			Otáčky	1430	ot./min.	Dynamický tlak				52	Pa
Příkon	1,56	kW			Jmenovitý proud	4,81	A	Celkový tlak				509	Pa
					Kód motoru	100-B3 2,2kW							
<i>Hladina ak. výkonu</i>			63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	Celkem		
Lw opláštění	41	58	49	43	43	46	39	32	59		dB(A)		
Lp*	24	41	32	26	26	29	22	15	42		dB(A)		
Lw Čerstvý vzduch	45	61	49	53	56	60	55	48	65		dB(A)		
Lw Přívodní vzduch	51	68	68	72	74	74	71	65	80		dB(A)		
*hladina akustického tlaku vypočtená ve vzdálenosti 2 m (pro volné pole)													
<i>Příslušenství</i>													
- 1x Okno													
- 1x Frekv. měnič samost. 2,2kW 3x400V (911010)													
(14) Výstup vzduchu													
<i>Přívodní vzduch 500 x 500 mm</i>													
Max. průtok	6912	m3/h											
	1,92	m3/s											
<i>Příslušenství</i>													
- 1x Manžeta 500x500mm													



Součástí přívodního potrubí je i předeříváč venkovního vzduchu (obr. 7.2) napočítaný v kap. 5, který se nachází na trase mezi připojením potrubí ode zdi k jednotce. Jednotka se v uspořádání s předeříváčem jako první komponentou nevyrábí, proto bude předeříváč umístěn v potrubí samostatně. Hodnoty navrženého předeříváče jsou v následujících vyexportovaných tabulkách.

Do vstupních hodnot v programu Climacal nešlo pro předeříváč zadat objemový průtok venkovního vzduchu 1300 m³/h jelikož se jednalo stále o návrh jednotky KLM 10, která byla navržena na 6912 m³/h. Předeříváč přesto lze použít, protože přes něj půjde požadovaných 1300 m³/h vzduchu a požadovaný výkon bude tedy zhruba odpovídat 10 kW. Tlaková ztráta bude mnohem menší než v tab. 7.5, jelikož přes výměník bude proudit vzduch menší rychlostí.

Obr. 7.2 Schéma předeříváče vzduchu
Tab. 7.5 Transportní sekce 5 – přívodní vzduch

(1) Vstup vzduchu									
Čerstvý vzduch		Čelo bez panelu		900 x 900 mm					
Max. průtok	6912	m3/h							
	1,92	m3/s							
Příslušenství	- 1x Manžeta 940x940mm								
(2) Ohříváč									
			Připojení Pravé			(424231)			
Údaje o výměníku			Údaje o proudění			Údaje o médiu			
Typ	Výměník	"D"	Průtok	6912	m3/h	Typ	Voda		
Materiál	Cu/Al			1,92	m3/s	Glykol	0	%	
Rychlost na vým.	3,1	m/s	Vstup vzduchu	-12/75,2	°C /%r.H.	Vstup/výstup	80/60	°C	
Řad/okruhů	2/13		Výstup vzduchu	10/13	°C/%r.H.	Průtok	2206	kg/h	
Rozteč lamel	4,23	mm	Bezpečnostní koef.	28	%	Tlaková ztráta	1,5	kPa	
Připojení	DN32	Zvenku	Celkový výkon	51,4	kW				
			Tlaková ztráta	40	Pa				
(3) Výstup vzduchu									
Přívodní vzduch		Čelo bez panelu		900 x 900 mm					
Max. průtok	6912	m3/h							
	1,92	m3/s							

Hodnoty výkonů jednotlivých komponent z návrhu jednotky se mírně liší od stanovených výkonů pomocí psychrometrických výpočtů, nicméně pro realizaci by se použily vybraná zařízení, jelikož by ve skutečnosti podle zadaných teplot, relativních vlhkostí a průtoku vzduchu byla schopna požadovaný stav vzduchu připravit.

Pro výběr ventilátorů bylo nutné znát všechny tlakové ztráty dané části vzduchotechnického systému. Návrh přívodního ventilátoru vycházel z tlakové ztráty přívodního potrubí, tlakové ztráty komor přívodní části jednotky a dynamického tlaku ventilátoru. Tlaková ztráta přívodního potrubí se rovná tlakové ztrátě magistraly, která se skládá z úseků: 2, 3, 9, 13, 15, 17, 19, 21, 25, 29, 31, 33, 35, 37, 41, 47, 49, 51 z tab. 6.5, kde jsou úseky označeny oranžovou barvou a tlaková ztráta celkem tedy $\Delta p_{zp1} = 195$ Pa. Celková tlaková ztráta komor přívodní části jednotky je uvedena v tab. 7.4, tedy $\Delta p_{zk1} = 262$ Pa. Dynamický tlak ventilátoru je taktéž v tab. 7.4 $\Delta p_{zd1} = 52$ Pa.

Celková tlaková ztráta pro přívodní ventilátor je tedy:

$$\Delta p_1 = \Delta p_{zp1} + \Delta p_{zk1} + \Delta p_{zd1} = 195 + 262 + 52 = 509 \text{ Pa} \quad (7.1)$$

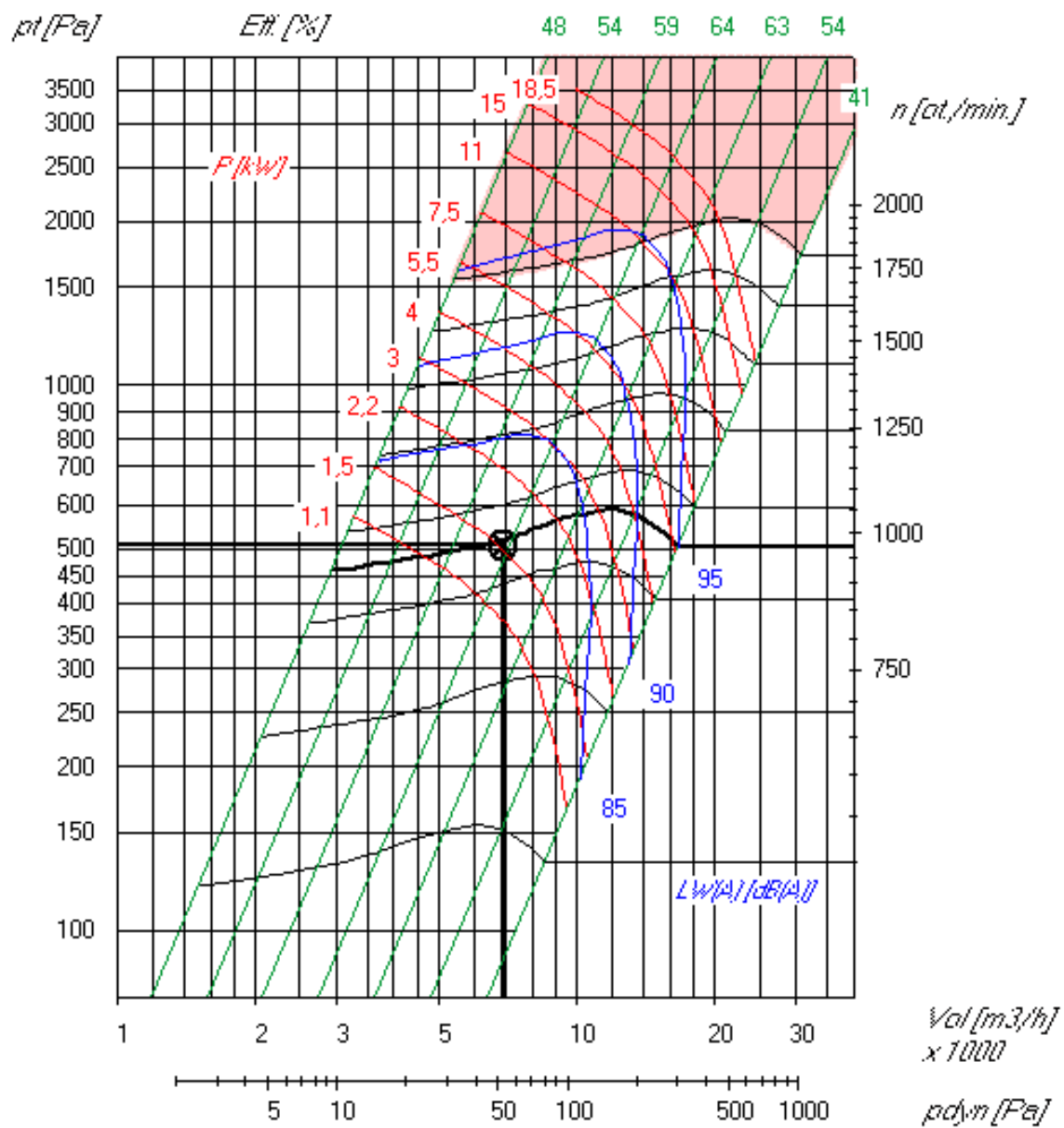
Na obr. 7.3 je potom charakteristika přívodního ventilátoru, který má za úkol překonat celkovou tlakovou ztrátu $\Delta p_1 = 509$ Pa.

Návrh odvodního ventilátoru probíhal stejným způsobem s tím, že magistrala odvodního potrubí se skládá z následujících úseků z tab. 6.7, označených oranžovou barvou: 1, 3, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 35, 37, 39, kde celková tlaková ztráta součtem úseků činí $\Delta p_{zp2} = 155$ Pa. Celková tlaková ztráta komor odvodní části jednotky je uvedena v tab. 7.1, kde $\Delta p_{zk2} = 71$ Pa. Dynamický tlak ventilátoru uvedený v tab. 7.1 je potom $\Delta p_{zd2} = 52$ Pa.

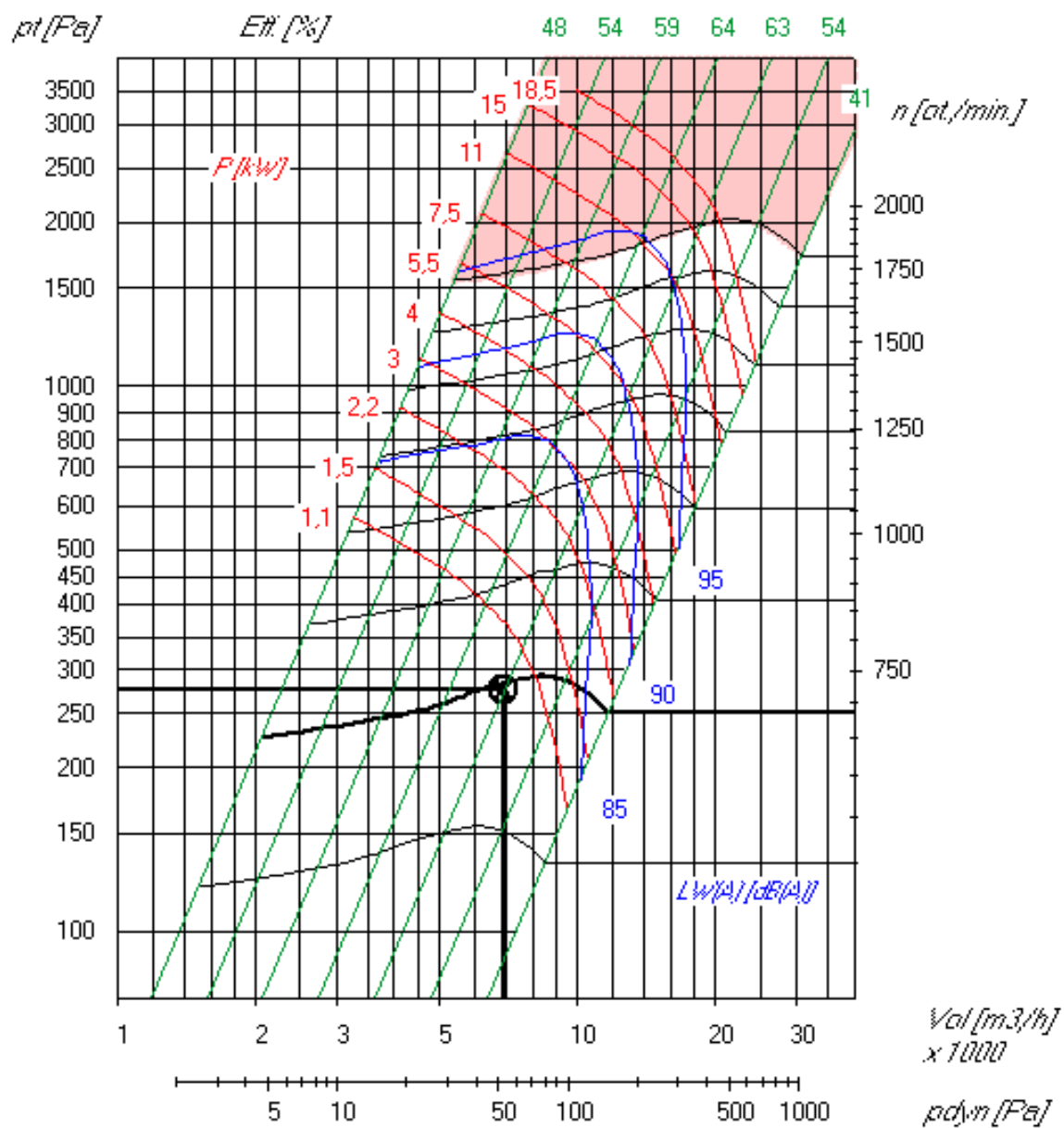
Celková tlaková ztráta pro odvodní ventilátor je tedy:

$$\Delta p_2 = \Delta p_{zp2} + \Delta p_{zk2} + \Delta p_{zd2} = 155 + 71 + 52 = 278 \text{ Pa} \quad (7.2)$$

Na obr. 6.4 je charakteristika odvodního ventilátoru, který musí pro dodržení stanoveného průtoku překonat celkovou ztrátu $\Delta p_2 = 278$ Pa.



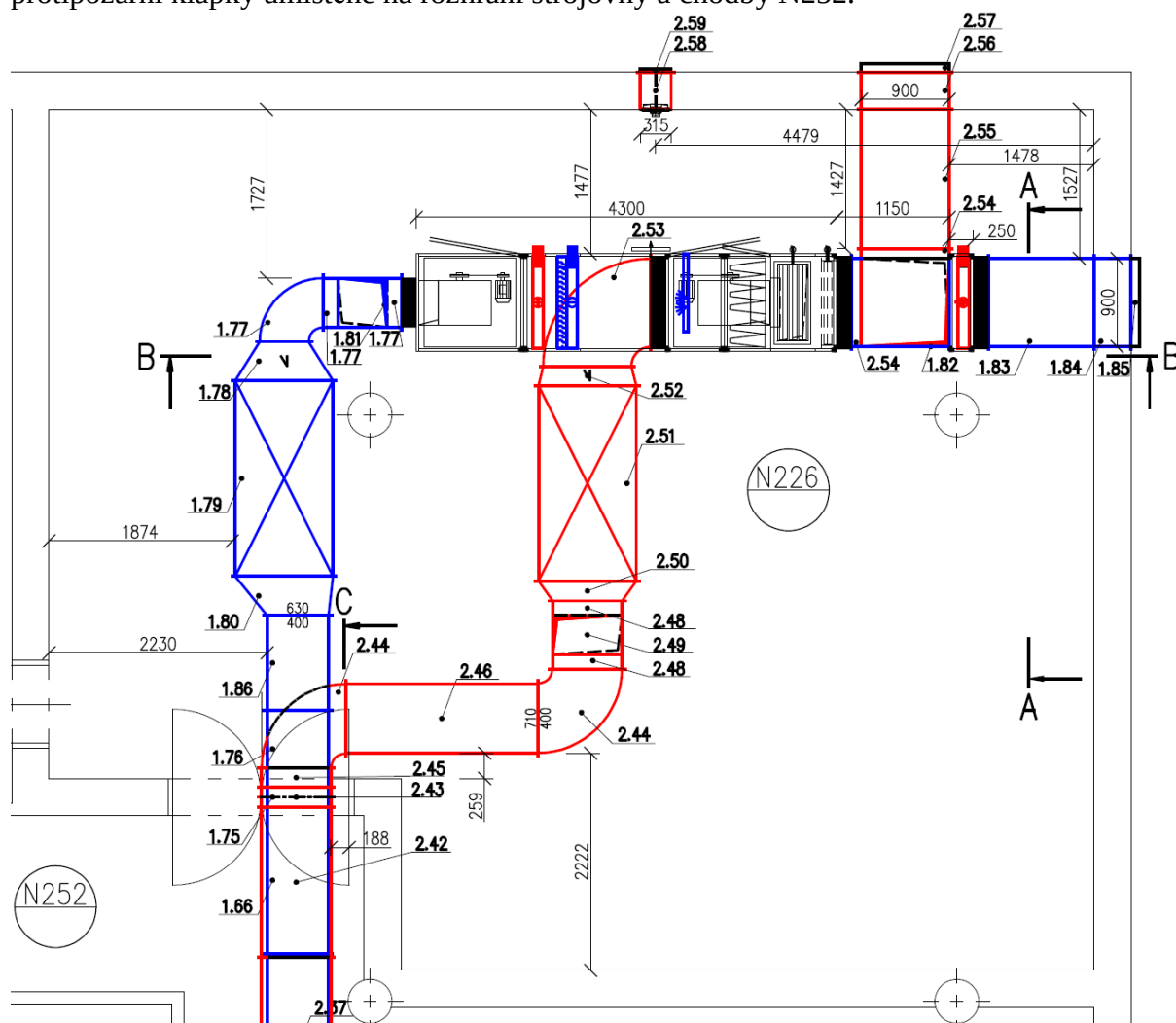
Obr. 6.3 Charakteristika přívodního ventilátoru



Obr. 6.4 Charakteristika odvodního ventilátoru

8 Návrh strojovny klimatizace

Důležitou součástí návrhu klimatizační jednotky je návrh strojovny, ve které jednotka bude umístěna. Hlavními parametry jsou zejména rozměry místnosti a s tím spojené vhodné umístění jednotky. Pro zajištění běžné údržby, případně servisu je třeba brát ohled na to kolik místa je kolem jednotky, zejména pak kolem strany jednotky s dvířky jednotlivých komor. Ve strojovně jsou umístěny nosné sloupy, proto musel být brán ohled hlavně na jejich rozmístění. Současně s tím je potřeba brát také v úvahu vhodné natočení jednotky z hlediska co největší úspory na konce napojení veškerých potrubí, což má velký vliv i na tlakové ztráty. Půdorysné rozmístění veškerých komponent ve strojovně je na obr. 8.1 vyňatého z výkresu, který je přiložen k práci. Při rozmísťování byl brán ohled také na potřebu tlumičů hluku přívodního a odvodního potrubí (pozice 1.79 a 2.51). Detailnější zobrazení rozmístění potrubí v řezech je taktéž v přiloženém výkresu. Součástí přívodního i odvodního potrubí jsou protipožární klapky umístěné na rozhraní strojovny a chodby N252.



Obr. 8.1 Půdorys strojovny klimatizace

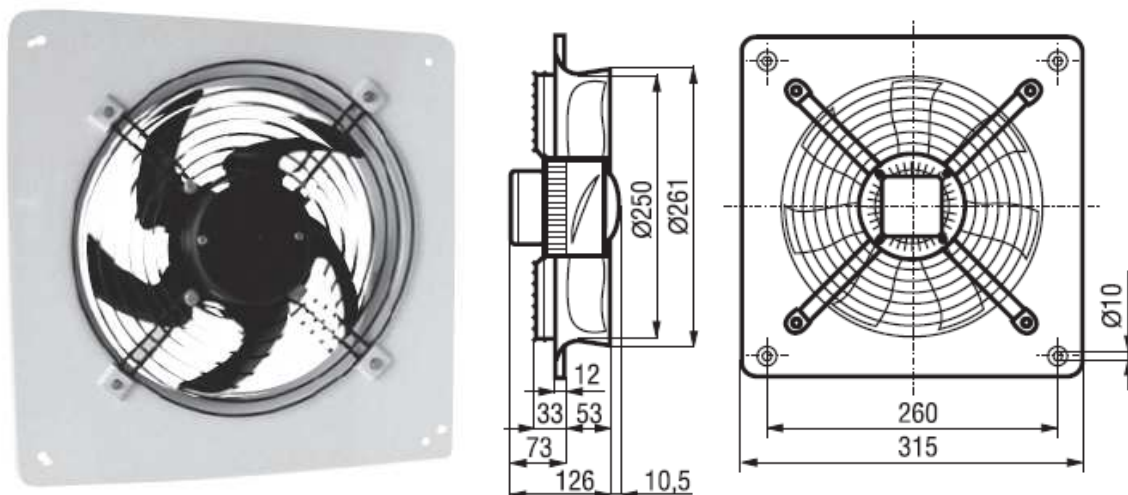
Součástí návrhu strojovny je také její samotné větrání. To je řešeno podtlakově pomocí axiálního ventilátoru od firmy ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s r.o. [11] a mřížek zabudovaných ve dveřích strojovny. Ventilátor je umístěn dle obr. 8.1 na severní straně strojovny ve výšce 3 m. Je napojen na spiro potrubí, vedoucí přímo do venkovního prostoru, kde potrubí ještě chrání protidešťová žaluzie. Volba ventilátoru potom vychází z výpočtu průtoku vzduchu při alespoň dvojnásobné výměně objemu vzduchu strojovny za hodinu.

$$\dot{V}_s = V_s \cdot n = 295 \cdot 2 = 590 \text{ m}^3/\text{h} \quad (8.1)$$

kde:

V_s	objem strojovny	$[\text{m}^3]$
n	intenzita výměny vzduchu	$[\text{h}^{-1}]$
$\dot{V}_s$	průtok vzduchu k větrání strojovny	$[\text{m}^3/\text{h}]$

Pro spočtený průtok vzduchu volím axiální ventilátor HXBR/4 250 IP54 na obr. 8.2, který je schopen při maximálních otáčkách zajistit průtok vzduchu 930 m³/h. Ventilátor je vybaven pětistupňovou regulací otáček, lze jej tedy na potřebný průtok nastavit.



Obr. 8.2 Ventilátor HXBR/4 250 IP54

Rozpis potrubních materiálů a částí je uveden v příloze.

Závěr

Cílem mojí diplomové práce byl návrh klimatizačního systému pro jedno patro kanceláří zadané na výkresu měřítko 1:100, dle zadaných výpočtových parametrů. Nejprve bylo stanoveno množství větracího vzduchu, které bylo voleno na základě dávek vzduchu na osobu, v další části byl proveden výpočet tepelných ztrát a tepelná zátěž dle příslušných norem. Tímto se stanovily základní hodnoty pro psychrometrické výpočty.

Již od počátku řešení práce směřovala k návrhu nízkotlakého vzduchového systému, jelikož v patře, kde se nachází uvažované kanceláře je i strojovna a navíc celé patro má světlou výšku 3,39 m, tedy dost místa na potřebnou vzduchotechniku. Následoval návrh a dimenzování koncových vyústek a poté vzduchovodů. U přírodních vyústek umístěných v podhledu bylo třeba dbát na rychlosti proudění v pobytové oblasti a zároveň dodržet nízkou hladinu hluku. U návrhu vzduchovodů bylo potřeba hlídat výšku potrubí, jelikož přírodní a odvodní potrubí je umístěno nad sebou a zároveň tak hlídat přijatelnou výšku podhledu na chodbě kudy hlavní rozvod vede.

Z dimenzování vzduchovodů vzešla tlaková ztráta přírodního i odvodního potrubí, která byla podkladem pro navržení ventilátorů v sestavné klimatizační jednotce od firmy JANKA ENGINEERING s.r.o.

Navrženým systémem je tedy ústřední nízkotlaký klimatizační systém rovnotlaký s hranatým potrubím, vířivými vyústkami pro přívod, stěnovými vyústkami pro odvod vzduchu. Při návrhu strojovny byl kladen velký důraz na vhodné umístění jednotky z hlediska její údržby a přístupu.

Zvolený systém zdá se být ideální volbou, jelikož je v budově dostatek místa a systém zvládne všechny úpravy vzduchu potřebné na požadovaný stav v místnostech zároveň při dodávce venkovního větracího vzduchu.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu, březen 2005
- [2] ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů, 1986
- [3] ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin, listopad 2005
- [4] Nařízení vlády 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- [5] JANOTKOVÁ, Eva. Větrání a klimatizace, přednášky.
- [6] *Firemní podklady* firmy Mandík, a.s. [online]. [cit. 2011-04-22]
Dostupné z:
<http://www.mandik.cz/images/stories/soubory/anemostaty/vvm/technicke_podminky_vvm.pdf>.
- [7] CHYSKÝ, J. HEMZAL, K. a kol.: *Větrání a klimatizace*. Technický průvodce č. 31. Bolit–Bpress Brno, 1993
- [8] *Firemní podklady* firmy Mandík, a.s. [online]. [cit. 2011-04-25]
Dostupné z:
<http://www.mandik.cz/images/stories/soubory/mrizky_a_vyustky/svm/technicke_podminky_svm.pdf>.
- [9] *Součinitele místních ztrát* [online]. [cit. 2011-04-30]
Dostupné z: <<http://dt.fme.vutbr.cz/users/krejci/index.htm>>.
- [10] *Firemní podklady* firmy ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s.r.o. [online]. [cit. 2011-05-10]
Dostupné z:
<<http://www.elektrodesign.cz/web/cs/uplny-sortiment/produkty/prislusenstvi-potrubni-elementy/klapky/regulacni-klapky>>.
- [11] *Firemní podklady* firmy ELEKTRODESIGN ventilátory spol. s.r.o. [online]. [cit. 2011-05-20]
Dostupné z:
<<http://www.elektrodesign.cz/web/cs/uplny-sortiment/produkty/ventilatory/axialni-ventilatory/ventilatory-hxr-txr>>.
- [12] *Firemní podklady* firmy JANKA ENGINEERING s.r.o.
- [13] JANOTKOVÁ, Eva. *Technika prostředí* [online] Brno, 2010 [cit. 2011-05-20]
Dostupné z: <<http://ottp.fme.vutbr.cz/vyuka/technikaprostredi/SylabyTP4.pdf>>
- [14] *Firemní podklady* firmy TROX Austria GmbH
- [15] *Firemní podklady* firmy IVAR CS spol. s r. o.

- [16] BRAIN, M. BRYANT, Ch. W.: *How Air Conditioners Work* [online]. Vydáno 2003, [cit. 2011-05-22]
Dostupné z:
< <http://home.howstuffworks.com/ac2.htm>>.
- [17] *Firemní podklady* firmy DESA - MASTER
- [18] RUBINOVÁ, O. RUBINA, A.: *Klimatizace a větrání*. Brno: ERA, 2004. 115 s.
ISBN 80-86517-30-6.

Seznam použitých zkratk a symbolů

Označení	Název veličiny	Jednotky
A	Vzdálenost mezi dvěma vyústkami	[m]
A_i	Podlahová plocha vytápěného prostoru (i)	[m ²]
A_k	Plocha stavební části (k)	[m ²]
H	Nadmořská výška	[m]
H	Výška od podlahy ke stropu	[m]
H_1	Vzdálenost mezi stropem a zónou pobytu	[m]
$H_{T,i}$	Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem	[W/K]
$\dot{I}_D$	intenzita přímé sluneční radiace na libovolně orientovanou plochu	[W/m ²]
$\dot{I}_{Dk}$	Intenzita přímé sluneční radiace na plochu kolmou slunečním Paprskům	[W/m ²]
$\dot{I}_d$	Intenzita difúzní sluneční radiace	[W/m ²]
$\dot{I}_o$	Celková intenzita sluneční radiace procházející standardním oknem	[W/m ²]
$\dot{I}_{o,d}$	Celková intenzita difúzní sluneční radiace procházející standardním oknem	[W/m ²]
L	Vzdálenost	[m]
M	Hmotnost obvodových vnitřních stěn podlahy a stropu přicházející v úvahu pro akumulaci	[kg]
N_{zvl}	Příkon zvlhčovače	[W]
P	Celkový příkon zářivek	[W/m ²]
$\Sigma \dot{P}$	Součet příkonů el. zařízení	[W]
$\dot{Q}_c$	Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	[W]
$\dot{Q}_{ch}$	Výkon chladiče	[W]
$\dot{Q}_e$	Produkce tepla od elektronických zařízení	[W]
$\dot{Q}_i$	Celková tepelná zátěž	[W]
$\dot{Q}_{ic}$	Tepelné zisky citelným teplem	[W]
$\dot{Q}_{in}$	Celková tepelná zátěž místnosti (n)	[W]
$\dot{Q}_{iv}$	Tepelné zisky vázaným teplem	[W]
$\dot{Q}_L$	Tepelné zisky z přívodu venkovního větracího vzduchu	[W]
$\dot{Q}_l$	Produkce tepla lidí	[W]
$\dot{Q}_{oh}$	Výkon ohřívače	[W]
$\dot{Q}_{ok}$	Tepelné zisky prostupem tepla oknem	[W]
$\dot{Q}_{or}$	Tepelné zisky sluneční radiací oknem	[W]
$\dot{Q}_{orm}$	Průměrná hodnota tepelných zisků radiací během pracovní doby	[W]
$\dot{Q}_{ormax}$	Maximální hodnota tepelných zisků v průběhu pracovní doby	[W]
$\dot{Q}_{pm}$	Tepelný zisk prostupem tepla z přilehlých místností	[W]

Označení	Název veličiny	Jednotky
$\dot{Q}_{př}$	Výkon přehříváče	[W]
$\dot{Q}_s$	Tepelné zisky venkovní stěnou	[W]
$\dot{Q}_{sv}$	Produkce tepla svítidel	[W]
$\dot{Q}_v$	Produkce tepla ventilátoru	[W]
$\Delta\dot{Q}$	Snížení tepelných zisků od osluněných oken	[W]
R	Tepelný odpor	[m ² .K/W]
R	Tlakový spád	[Pa/m]
R_{ae}	Tepelný odpor při přestupu tepla mezi vzduchem a vnitřní částí konstrukce	[m ² .K/W]
R_{ai}	Tepelný odpor při přestupu tepla mezi vzduchem a vnitřní částí konstrukce	[m ² .K/W]
ΣR	Součet tepelných odporů	[m ² .K/W]
S_{ef}	Efektivní plocha	[m ²]
S_{os}	Osluněná plocha oken	[m ²]
S_{osv}	Osvětlená plocha ve vzdálenost větší než 5m od oken	[m ²]
T	Teplota	[K]
T_D	Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace standardního skla	[-]
T_d	Celková propustnost difúzní sluneční radiace standardního skla	[-]
U_k	Součinitel prostupu tepla	[W/m ² .K]
V_i	Objem vytápěného prostoru (i) vypočtený z vnitřních rozměrů prostoru	[m ³]
V_s	Objem strojovny	[m ³]
$\dot{V}$	Průtok vzduchu ventilátorem	[m ³ /h]
$\dot{V}$	Objemový tok vzduchu v daném úseku	[m ³ /h]
$\dot{V}_e$	Objemový tok venkovního vzduchu	[m ³ /h]
$\dot{V}_{inf,i}$	Objemový tok infiltrací	[m ³ /h]
$\dot{V}_{min,i}$	Výměna vzduchu pro vytápěný prostor (i)	[m ³ /h]
$\dot{V}_p$	Celkové množství vzduchu přiváděného do místností	[m ³ /h]
$\dot{V}_{p1}$	Objemový tok vzduchu jednou vyústkou	[m ³ /h]
$\dot{V}_{pn}$	Množství vzduchu přiváděného do místnosti (n)	[m ³ /h]
$\dot{V}_s$	Průtok vzduchu k větrání strojovny	[m ³ /h]
X	Vzdálenost vyústky k nejbližší stěně	[m]
a	Sluneční azimut	[°]
a	Šířka potrubí	[m]
b	Výška potrubí	[m]
c	Hloubka okna vzhledem k horní stínící desce	[m]
c_p	Měrná tepelná kapacita vzduchu	[J/kgK]
c_o	Korekce na čistotu atmosféry	[-]
c_1	Součinitel současnosti používání svítidel	[-]

Označení	Název veličiny	Jednotky
c_2	Zbytkový součinitel	[-]
c_3	Průměrné zatížení el. zařízení	[-]
d	Tloušťka vrstvy	[m]
d	Hloubka okna	[m]
d_w	Ekvivalentní průměr	[m]
e_i	Stínící činitel	[-]
e_1	Délka stínu od okraje slunolamu	[m]
e_2	Délka stínu od okraje slunolamu	[m]
f	Odstup svislé části okna od slunolamu	[m]
f_k	Teplotní korekční činitel pro stavební část (k) při uvažování rozdílu teploty uvažovaného případu a výpočtové venkovní teploty	[-]
f_{RH}	Zátopový součinitel závislý na druhu budovy, stavební konstrukci, době zátopu a předpokládaném poklesu vnitřní teploty během útlumu vytápění	[-]
$f_{\Delta\theta}$	Korekční činitel zohledňující dodatečné tepelné ztráty místností vytápěných na vyšší teplotu než mají sousední vytápěné místnosti	[-]
g	Odstup vodorovné části okna od slunolamu	[m]
h	Konstrukční výška stropu	[m]
h	Výška slunce	[°]
i	Entalpie	[kJ/kg _{sv}]
i_i	Počet lidí	[-]
i_z	Počet žen	[-]
i_d	Počet dětí	[-]
i_m	Počet mužů	[-]
l_A	Šířka okna	[m]
l_B	Délka okna	[m]
l_{23}	Měrné výparné teplo vody	[kJ/kg]
m	Součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou	[-]
$\dot{m}$	Hmotnostní tok vzduchu	[kg/s]
$\dot{m}_w$	Produkce páry sedícího člověka	[g/hod]
n	Počet oken	[-]
n	Intenzita výměny vzduchu	[h ⁻¹]
n_{50}	Intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu	[h ⁻¹]
p	Tlak vzduchu	[Pa]
Δp	Celkový tlak ventilátoru	[Pa]
Δp_{zd}	Dynamický tlak ventilátoru	[Pa]
Δp_{zk}	Tlaková ztráta komor klimatizační jednotky	[Pa]
Δp_{zm}	Tlaková ztráta místními odpory	[Pa]
Δp_{zp}	Tlaková ztráta potrubí	[Pa]
Δp_{zt}	Tlaková ztráta třením	[Pa]

Označení	Název veličiny	Jednotky
r_v	Plynová konstanta suchého vzduchu	[J/kg.K]
s	Součin stínících součinitelů	[-]
t	Teplota	[°C]
t_e	Venkovní výpočtová teplota vzduchu	[°C]
t_{ev}	Teplota venkovního vzduchu v době výpočtu	[°C]
t_{em}	Teplota mokrého teploměru	[°C]
t_i	Vnitřní výpočtová teplota vzduchu	[°C]
$t_{i,i}$	Vnitřní výpočtová teplota vzduchu	[°C]
$t_{i,s}$	Teplota v sousední místnosti	[°C]
t_{pch}	Střední teplota chladicí vody	[°C]
t_{rm}	Průměrná rovnocenná sluneční teplota vzduchu za 24 hodin	[°C]
$t_{r\psi}$	Rovnocenná sluneční teplota v době o ψ dřívější	[°C]
Δt_i	Přípustné překročení teploty	[K]
Δt_L	Rozdíl mezi teplotou vzduchu v ose proudu ve vzdálenosti L a teplotou vzduchu v místnosti	[K]
Δt_p	Pracovní rozdíl teplot	[K]
w	Rychlost proudění	[m/s]
w_{ef}	Efektivní rychlost proudění	[m/s]
w_L	Střední rychlost vzduchu na stěně	[m/s]
x	Měrná vlhkost vzduchu	[g/kg _{sv}]
z	Součinitel znečištění atmosféry	[-]
$\Phi_{HL,i}$	Celkový návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru (i)	[W]
$\Phi_{RH,i}$	Zátopový tepelný výkon vytápěného prostoru (i)	[W]
Φ_i	Celková návrhová tepelná ztráta	[W]
$\Phi_{T,i}$	Návrhová tepelná ztráta prostupem	[W]
$\Phi_{V,i}$	Návrhová tepelná ztráta větráním	[W]
α	Součinitel přestupu tepla	[W/m ² .K]
α	Úhel stěny od vodorovné roviny	[°]
ε_i	Výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem	[-]
φ	Relativní vlhkost vzduchu	[%]
γ	Azimut slunce k normále uvažované stěny	[°]
η_m	Účinnost elektromotoru ventilátoru	[-]
η_v	Účinnost ventilátoru	[-]
λ	Tepelná vodivost	[W/m.K]
θ	Úhel mezi normálou povrchu a směrem slunečních paprsků	[°]
ϑ_i	Faktor citelného tepla	[-]
ρ	Hustota vzduchu	[kg/m ³]
$\Sigma \xi$	Součet všech součinitelů místních odporů	[-]
ψ	Fázové posunutí teplotních kmitů	[h]

Seznam příloh

P1 – Návrhová tepelná ztráta a návrhový tepelný výkon

P2 – Hodnoty tepelných zisků

P3 – Rozpis materiálu

Seznam výkresové dokumentace

DP – 01 – 1NP – STAVEBNÍ

DP – 02 – 1NP – VZT

P1 – Návrhová tepelná ztráta a návrhový tepelný výkon

Výpočet pro místnosti N206, N207, N224

Teplotní údaje						
Výpočtová venkovní teplota		t _e	°C	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		t _{i,i}	°C	20		
Výpočtový teplotní rozdíl		t _{i,i} - t _e	°C	35		
Tepelné ztráty prostupem						
Kód	Stavební část	f _k	A _k	U _k	f _k ·A _k ·U _k	
		na jedn.	m ²	W/m ² K	W/K	
6	Okno zdvojené	1	2,60	1,10	2,86	
1	Vnější stěna	1,4	10,36	0,78	11,25	
3	Vnitřní stěna tenká 1	0,42	6,52	2,16	5,92	
5	Dveře dřevěné	0,42	1,58	2,00	1,32	
3	Vnitřní stěna tenká 2	0,42	10,93	2,16	9,92	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				H _{T,i} = Σ _k .f _k .A _k .U _k =		31,27
Celková tepelná ztráta prostupem				Φ _{T,i} = H _{T,i} ·(θ _{int,i} - θ _e) =		1094,31 W
Tepelné ztráty větráním						
Vnitřní objem		V _i	m ³	86,43		
Intenzita výměny vzduchu		n ₅₀	h ⁻¹	2		
Stínící činitel		e _i	-	0,01		
Výškový korekční činitel		ε _i	-	1		
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním				H _{V,i} = 0,34.2.V _i .n ₅₀ .e _i .ε _i =		1,18 W/K
Celková tepelná ztráta větráním				Φ _{V,i} = H _{V,i} ·(θ _{int,i} -θ _e) =		41,14 W
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem				Φ _{T,i} + Φ _{V,i} =		1135,45 W
Korekční činitel na vyšší teplotu		f _{Δθ}	na jedn.	1		
Návrhová tepelná ztráta větráním a prostupem				Φ _i = (Φ _{T,i} +Φ _{V,i}).f _{Δθ} =		1135,45 W
Zátopový tepelný výkon						
Podlahová plocha		A _i	m ²	27,37		
Zátopový součinitel		f _{RH}	W/m ²	22		
Celkový zátopový tepelný výkon				Φ _{RH,i} = A _i .f _{RH} =		602,14 W
Návrhový tepelný výkon				Φ _{HL,i} = Φ _i + Φ _{RH,i} =		1737,59 W

P1 – Návrhová tepelná ztráta a návrhový tepelný výkon - pokračování

Výpočet pro místnosti N208, N223

Teplotní údaje						
Výpočtová venkovní teplota	t_e	°C	-15			
Výpočtová vnitřní teplota	$t_{i,i}$	°C	20			
Výpočtový teplotní rozdíl	$t_{i,i} - t_e$	°C	35			
Tepelné ztráty prostupem						
Kód	Stavební část	f_k	A_k	U_k	$f_k \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m ²	W/m ² K	W/K	
6	Okno zdvojené 1	1,00	2,60	1,10	2,86	
6	Okno zdvojené 2	1,00	2,60	1,10	2,86	
1	Vnější stěna 1	1,40	16,37	0,78	17,78	
6	Okno zdvojené 3	1,00	2,60	1,10	2,86	
6	Okno zdvojené 4	1,00	2,60	1,10	2,86	
1	Vnější stěna 2	1,40	22,55	0,78	24,48	
5	Dveře dřevěné	0,42	1,58	2,00	1,32	
3	Vnitřní stěna tenká 1	0,42	5,49	2,16	4,98	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k =$	60,00	
Celková tepelná ztráta prostupem				$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) =$	2099,90	W
Tepelné ztráty větráním						
Vnitřní objem	V_i	m ³	136,17			
Intenzita výměny vzduchu	n_{50}	h ⁻¹	2			
Stínící činitel	e_i	-	0,02			
Výškový korekční činitel	ε_i	-	1			
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním				$H_{V,i} = 0,34 \cdot 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i =$	3,70	W/K
Celková tepelná ztráta větráním				$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) =$	129,63	W
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem				$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$	2229,53	W
Korekční činitel na vyšší teplotu	$f_{\Delta\theta}$	na jedn.	1			
Návrhová tepelná ztráta větráním a prostupem				$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta} =$	2229,53	W
Zátopový tepelný výkon						
Podlahová plocha	A_i	m ²	43,63			
Zátopový součinitel	f_{RH}	W/m ²	22			
Celkový zátopový tepelný výkon				$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} =$	959,86	W
Návrhový tepelný výkon				$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} =$	3189,39	W

P1 – Návrhová tepelná ztráta a návrhový tepelný výkon - pokračování

Výpočet pro místnosti N209, N211, N212, N213, N218, N219, N220, N222

Teplotní údaje						
Výpočtová venkovní teplota	t_e	°C	-15			
Výpočtová vnitřní teplota	$t_{i,i}$	°C	20			
Výpočtový teplotní rozdíl	$t_{i,i} - t_e$	°C	35			
Tepelné ztráty prostupem						
Kód	Stavební část	f_k	A_k	U_k	$f_k \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m ²	W/m ² K	W/K	
6	Okno zdvojené	1,00	2,60	1,10	2,86	
1	Vnější stěna	1,40	10,36	0,78	11,25	
3	Vnitřní stěna tenká	0,42	11,38	2,16	10,33	
5	Dveře dřevěné	0,42	1,58	2,00	1,32	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k =$	25,76	
Celková tepelná ztráta prostupem				$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) =$	901,50	W
Tepelné ztráty větráním						
Vnitřní objem	V_i	m ³	62,32			
Intenzita výměny vzduchu	n_{50}	h ⁻¹	2			
Stínící činitel	e_i	-	0,01			
Výškový korekční činitel	ε_i	-	1			
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním				$H_{V,i} = 0,34 \cdot 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i =$	0,85	W/K
Celková tepelná ztráta větráním				$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) =$	29,66	W
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem				$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$	931,16	W
Korekční činitel na vyšší teplotu	$f_{\Delta\theta}$	na jedn.	1			
Návrhová tepelná ztráta větráním a prostupem				$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta} =$	931,16	W
Zátopový tepelný výkon						
Podlahová plocha	A_i	m ²	20			
Zátopový součinitel	f_{RH}	W/m ²	22			
Celkový zátopový tepelný výkon				$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} =$	440	W
Návrhový tepelný výkon				$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} =$	1371,16	W

P1 – Návrhová tepelná ztráta a návrhový tepelný výkon - pokračování

Výpočet pro místnosti N210, N221

Teplotní údaje						
Výpočtová venkovní teplota	t_e	°C	-15			
Výpočtová vnitřní teplota	$t_{i,i}$	°C	20			
Výpočtový teplotní rozdíl	$t_{i,i} - t_e$	°C	35			
Tepelné ztráty prostupem						
Kód	Stavební část	f_k	A_k	U_k	$f_k \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m ²	W/m ² K	W/K	
6	Okno zdvojené 1	1,00	2,60	1,10	2,86	
6	Okno zdvojené 2	1,00	2,60	1,10	2,86	
1	Vnější stěna 1	1,40	14,24	0,78	15,46	
5	Dveře dřevěné	0,42	1,58	2,00	1,32	
3	Vnitřní stěna tenká 1	0,42	17,86	2,16	16,20	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k =$	38,71	
Celková tepelná ztráta prostupem				$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) =$	1354,75	W
Tepelné ztráty větráním						
Vnitřní objem	V_i	m ³	94,60			
Intenzita výměny vzduchu	n_{50}	h ⁻¹	2			
Stínící činitel	e_i	-	0,02			
Výškový korekční činitel	ε_i	-	1			
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním				$H_{V,i} = 0,34 \cdot 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i =$	2,57	W/K
Celková tepelná ztráta větráním				$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) =$	90,06	W
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem				$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$	1444,81	W
Korekční činitel na vyšší teplotu	$f_{\Delta\theta}$	na jedn.	1			
Návrhová tepelná ztráta větráním a prostupem				$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta} =$	1444,81	W
Zátopový tepelný výkon						
Podlahová plocha	A_i	m ²	30			
Zátopový součinitel	f_{RH}	W/m ²	22			
Celkový zátopový tepelný výkon				$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} =$	660,00	W
Návrhový tepelný výkon				$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} =$	2104,81	W

P1 – Návrhová tepelná ztráta a návrhový tepelný výkon - pokračování

Výpočet pro místnosti N214, N217

Teplotní údaje						
Výpočtová venkovní teplota	t_e	°C	-15			
Výpočtová vnitřní teplota	$t_{i,i}$	°C	20			
Výpočtový teplotní rozdíl	$t_{i,i} - t_e$	°C	35			
Tepelné ztráty prostupem						
Kód	Stavební část	f_k	A_k	U_k	$f_k \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m ²	W/m ² K	W/K	
6	Okno zdvojené	1,00	2,60	1,10	2,86	
1	Vnější stěna	1,40	8,82	0,78	9,58	
3	Vnitřní stěna tenká	0,42	11,38	2,16	10,33	
5	Dveře dřevěné	0,42	1,58	2,00	1,32	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k =$	24,09	
Celková tepelná ztráta prostupem				$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) =$	843,09	W
Tepelné ztráty větráním						
Vnitřní objem	V_i	m ³	62,32			
Intenzita výměny vzduchu	n_{50}	h ⁻¹	2			
Stínící činitel	e_i	-	0,01			
Výškový korekční činitel	ε_i	-	1			
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním				$H_{V,i} = 0,34 \cdot 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i =$	0,85	W/K
Celková tepelná ztráta větráním				$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) =$	29,66	W
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem				$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$	872,75	W
Korekční činitel na vyšší teplotu	$f_{\Delta\theta}$	na jedn.	1			
Návrhová tepelná ztráta větráním a prostupem				$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta} =$	872,75	W
Zátopový tepelný výkon						
Podlahová plocha	A_i	m ²	19,64			
Zátopový součinitel	f_{RH}	W/m ²	22			
Celkový zátopový tepelný výkon				$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} =$	432,08	W
Návrhový tepelný výkon				$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} =$	1304,83	W

P1 – Návrhová tepelná ztráta a návrhový tepelný výkon - pokračování

Výpočet pro místnosti N215, N216

Teplotní údaje						
Výpočtová venkovní teplota		t _e	°C	-15		
Výpočtová vnitřní teplota		t _{i,i}	°C	20		
Výpočtový teplotní rozdíl		t _{i,i} - t _e	°C	35		
Tepelné ztráty prostupem						
Kód	Stavební část	f _k	A _k	U _k	f _k ·A _k ·U _k	
		na jedn.	m ²	W/m ² K	W/K	
6	Okno zdvojené 1	1,00	2,60	1,10	2,86	
6	Okno zdvojené 2	1,00	2,60	1,10	2,86	
1	Vnější stěna 1	1,40	15,07	0,78	16,36	
1	Vnější stěna 2	1,40	8,24	0,78	8,95	
5	Dveře dřevěné	0,42	1,58	2,00	1,32	
3	Vnitřní stěna tenká 1	0,42	16,65	2,16	15,10	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem			H _{T,i} = Σ _k .f _k .A _k .U _k =		47,46	
Celková tepelná ztráta prostupem			Φ _{T,i} = H _{T,i} ·(θ _{int,i} - θ _e) =		1661,03	W
Tepelné ztráty větráním						
Vnitřní objem		V _i	m ³	125,36		
Intenzita výměny vzduchu		n ₅₀	h ⁻¹	2		
Stínící činitel		e _i	-	0,02		
Výškový korekční činitel		ε _i	-	1		
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním			H _{V,i} = 0,34.2.V _i .n ₅₀ .e _i .ε _i =		3,41	W/K
Celková tepelná ztráta větráním			Φ _{V,i} = H _{V,i} ·(θ _{int,i} -θ _e) =		119,34	W
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem			Φ _{T,i} + Φ _{V,i} =		1780,37	W
Korekční činitel na vyšší teplotu		f _{Δθ}	na jedn.	1		
Návrhová tepelná ztráta větráním a prostupem			Φ _i = (Φ _{T,i} +Φ _{V,i}).f _{Δθ} =		1780,37	W
Zátopový tepelný výkon						
Podlahová plocha		A _i	m ²	36,98		
Zátopový součinitel		f _{RH}	W/m ²	22		
Celkový zátopový tepelný výkon			Φ _{RH,i} = A _i .f _{RH} =		813,56	W
Návrhový tepelný výkon			Φ _{HL,i} = Φ _i + Φ _{RH,i} =		2593,93	W

P1 – Návrhová tepelná ztráta a návrhový tepelný výkon - pokračování

Výpočet pro místnost N225

Teplotní údaje						
Výpočtová venkovní teplota	t_e	°C	-15			
Výpočtová vnitřní teplota	$t_{i,i}$	°C	20			
Výpočtový teplotní rozdíl	$t_{i,i} - t_e$	°C	35			
Tepelné ztráty prostupem						
Kód	Stavební část	f_k	A_k	U_k	$f_k \cdot A_k \cdot U_k$	
		na jedn.	m ²	W/m ² K	W/K	
6	Okno zdvojené	1,00	2,60	1,10	2,86	
1	Vnější stěna	1,40	10,82	0,78	11,75	
3	Vnitřní stěna tenká	0,42	11,84	2,16	10,74	
5	Dveře dřevěné	0,42	1,58	2,00	1,32	
3	Vnitřní stěna tlustá	0,42	28,47	0,72	8,67	
Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem				$H_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k =$	35,34	
Celková tepelná ztráta prostupem				$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) =$	1236,82	W
Tepelné ztráty větráním						
Vnitřní objem	V_i	m ³	86,43			
Intenzita výměny vzduchu	n_{50}	h ⁻¹	2			
Stínící činitel	e_i	-	0,01			
Výškový korekční činitel	ε_i	-	1			
Celkový součinitel tepelné ztráty větráním				$H_{V,i} = 0,34 \cdot 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i =$	1,18	W/K
Celková tepelná ztráta větráním				$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) =$	41,14	W
Celková tepelná ztráta větráním a prostupem				$\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$	1277,96	W
Korekční činitel na vyšší teplotu	$f_{\Delta\theta}$	na jedn.	1			
Návrhová tepelná ztráta větráním a prostupem				$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta} =$	1277,96	W
Zátopový tepelný výkon						
Podlahová plocha	A_i	m ²	28,44			
Zátopový součinitel	f_{RH}	W/m ²	22			
Celkový zátopový tepelný výkon				$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} =$	625,68	W
Návrhový tepelný výkon				$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} =$	1903,64	W

P2 – Hodnoty tepelných zisků

Tepelné zisky místnosti N206

	τ	8	9	10	11	12	13	14	15	16	hod
Tepelné zisky od lidí	$\dot{Q}_l$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	W
Tepelné zisky od svítidel	$\dot{Q}_{sv}$	171	171	171	171	171	171	171	171	171	W
Tepelné zisky od elektronických zařízení	$\dot{Q}_e$	250	250	250	250	250	250	250	250	250	W
Tepelné zisky od ventilátoru	$\dot{Q}_v$	17	17	17	17	17	17	17	17	17	W
Tepelné zisky z přilehlých místností	$\dot{Q}_{pm}$	152	152	152	152	152	152	152	152	152	W
Tepelné zisky prostupem okny	$\dot{Q}_{ok}$	-14	-9	-3	1	5	9	11	11	11	W
Tepelné zisky okny radiací	$\dot{Q}_{or}$	286	286	286	286	286	286	286	286	286	W
Tepelné zisky venkovní stěnou	$\dot{Q}_s$	19	17	14	12	10	8	7	7	7	W
Tepelné zisky od přívodu čerstvého vzduchu	$\dot{Q}_L$	-113	-83	-53	-25	-2	18	30	33	30	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	$\dot{Q}_{ic}$	930	933	935	938	940	941	942	943	942	W
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	$\dot{Q}_c$	817	849	882	913	938	960	972	976	972	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem	$\dot{Q}_{iv}$	94	94	94	94	94	94	94	94	94	W
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	$\dot{Q}_i$	1024	1026	1029	1031	1033	1035	1036	1037	1036	W

P2 – Hodnoty tepelných zisků - pokračování

Tepelné zisky místnosti N207

	τ	8	9	10	11	12	13	14	15	16	hod
Tepelné zisky od lidí	$\dot{Q}_l$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	W
Tepelné zisky od svítidel	$\dot{Q}_{sv}$	171	171	171	171	171	171	171	171	171	W
Tepelné zisky od elektronických zařízení	$\dot{Q}_e$	250	250	250	250	250	250	250	250	250	W
Tepelné zisky od ventilátoru	$\dot{Q}_v$	17	17	17	17	17	17	17	17	17	W
Tepelné zisky z přilehlých místností	$\dot{Q}_{pm}$	101	101	101	101	101	101	101	101	101	W
Tepelné zisky prostupem okny	$\dot{Q}_{ok}$	-14	-9	-3	1	5	9	11	11	11	W
Tepelné zisky okny radiací	$\dot{Q}_{or}$	286	286	286	286	286	286	286	286	286	W
Tepelné zisky venkovní stěnou	$\dot{Q}_s$	19	17	14	12	10	8	7	7	7	W
Tepelné zisky od přívodu čerstvého vzduchu	$\dot{Q}_L$	-113	-83	-53	-25	-2	18	30	33	30	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	$\dot{Q}_{ic}$	879	882	884	887	889	891	892	892	892	W
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	$\dot{Q}_c$	766	798	831	862	887	909	922	925	922	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem	$\dot{Q}_{iv}$	94	94	94	94	94	94	94	94	94	W
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	$\dot{Q}_i$	973	976	978	981	983	984	985	986	985	W

P2 – Hodnoty tepelných zisků - pokračování

Tepelné zisky místnosti N208

	τ	8	9	10	11	12	13	14	15	16	hod
Tepelné zisky od lidí	$\dot{Q}_l$	99	99	99	99	99	99	99	99	99	W
Tepelné zisky od svítidel	$\dot{Q}_{sv}$	262	262	262	262	262	262	262	262	262	W
Tepelné zisky od elektronických zařízení	$\dot{Q}_e$	500	500	500	500	500	500	500	500	500	W
Tepelné zisky od ventilátoru	$\dot{Q}_v$	33	33	33	33	33	33	33	33	33	W
Tepelné zisky z přilehlých místností	$\dot{Q}_{pm}$	53	53	53	53	53	53	53	53	53	W
Tepelné zisky prostupem okny	$\dot{Q}_{ok}$	-55	-34	-14	6	22	35	43	46	43	W
Tepelné zisky okny radiací	$\dot{Q}_{or}$	1341	1341	1341	1341	1341	1341	1341	1341	1341	W
Tepelné zisky venkovní stěnou	$\dot{Q}_s$	69	59	50	42	35	28	25	24	25	W
Tepelné zisky od přívodu čerstvého vzduchu	$\dot{Q}_L$	-227	-167	-107	-50	-3	37	60	67	60	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	$\dot{Q}_{ic}$	2302	2313	2325	2335	2344	2352	2356	2358	2356	W
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	$\dot{Q}_c$	2075	2147	2218	2285	2341	2389	2416	2424	2416	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem	$\dot{Q}_{iv}$	188	188	188	188	188	188	188	188	188	W
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	$\dot{Q}_i$	2489	2501	2512	2523	2532	2539	2544	2545	2544	W

P2 – Hodnoty tepelných zisků - pokračování

Tepelné zisky místností N209, N211, N212, N213, N218, N219, N220, N222

	τ	8	9	10	11	12	13	14	15	16	hod
Tepelné zisky od lidí	$\dot{Q}_l$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	W
Tepelné zisky od svítidel	$\dot{Q}_{sv}$	21	21	21	21	21	21	21	21	21	W
Tepelné zisky od elektronických zařízení	$\dot{Q}_e$	250	250	250	250	250	250	250	250	250	W
Tepelné zisky od ventilátoru	$\dot{Q}_v$	17	17	17	17	17	17	17	17	17	W
Tepelné zisky z přilehlých místností	$\dot{Q}_{pm}$	101	101	101	101	101	101	101	101	101	W
Tepelné zisky prostupem okny	$\dot{Q}_{ok}$	-14	-9	-3	1	5	9	11	11	11	W
Tepelné zisky okny radiací	$\dot{Q}_{or}$	401	401	401	401	401	401	401	401	401	W
Tepelné zisky venkovní stěnou	$\dot{Q}_s$	19	16	14	11	9	8	7	6	7	W
Tepelné zisky od přívodu čerstvého vzduchu	$\dot{Q}_L$	-113	-83	-53	-25	-2	18	30	33	30	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	$\dot{Q}_{ic}$	844	847	850	852	854	856	857	857	857	W
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	$\dot{Q}_c$	731	764	796	827	852	874	887	890	887	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem	$\dot{Q}_{iv}$	94	94	94	94	94	94	94	94	94	W
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	$\dot{Q}_i$	938	941	943	946	948	950	951	951	951	W

P2 – Hodnoty tepelných zisků - pokračování

Tepelné zisky místnosti N210, N221

	τ	8	9	10	11	12	13	14	15	16	hod
Tepelné zisky od lidí	$\dot{Q}_l$	99	99	99	99	99	99	99	99	99	W
Tepelné zisky od svítidel	$\dot{Q}_{sv}$	32	32	32	32	32	32	32	32	32	W
Tepelné zisky od elektronických zařízení	$\dot{Q}_e$	500	500	500	500	500	500	500	500	500	W
Tepelné zisky od ventilátoru	$\dot{Q}_v$	33	33	33	33	33	33	33	33	33	W
Tepelné zisky z přilehlých místností	$\dot{Q}_{pm}$	153	153	153	153	153	153	153	153	153	W
Tepelné zisky prostupem okny	$\dot{Q}_{ok}$	-27	-17	-7	3	11	18	22	23	22	W
Tepelné zisky okny radiací	$\dot{Q}_{or}$	802	802	802	802	802	802	802	802	802	W
Tepelné zisky venkovní stěnou	$\dot{Q}_s$	26	22	19	16	13	11	9	9	9	W
Tepelné zisky od přívodu čerstvého vzduchu	$\dot{Q}_L$	-227	-167	-107	-50	-3	37	60	67	60	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	$\dot{Q}_{ic}$	1619	1626	1632	1639	1644	1649	1651	1652	1651	W
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	$\dot{Q}_c$	1392	1459	1526	1589	1641	1685	1711	1719	1711	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem	$\dot{Q}_{iv}$	188	188	188	188	188	188	188	188	188	W
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	$\dot{Q}_i$	1806	1813	1820	1826	1832	1836	1839	1839	1839	W

P2 – Hodnoty tepelných zisků - pokračování

Tepelné zisky místnosti N214, N217

	τ	8	9	10	11	12	13	14	15	16	hod
Tepelné zisky od lidí	$\dot{Q}_l$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	W
Tepelné zisky od svítidel	$\dot{Q}_{sv}$	21	21	21	21	21	21	21	21	21	W
Tepelné zisky od elektronických zařízení	$\dot{Q}_e$	250	250	250	250	250	250	250	250	250	W
Tepelné zisky od ventilátoru	$\dot{Q}_v$	17	17	17	17	17	17	17	17	17	W
Tepelné zisky z přilehlých místností	$\dot{Q}_{pm}$	99	99	99	99	99	99	99	99	99	W
Tepelné zisky prostupem okny	$\dot{Q}_{ok}$	-14	-9	-3	1	5	9	11	11	11	W
Tepelné zisky okny radiací	$\dot{Q}_{or}$	401	401	401	401	401	401	401	401	401	W
Tepelné zisky venkovní stěnou	$\dot{Q}_s$	18	16	13	11	9	7	7	6	7	W
Tepelné zisky od přívodu čerstvého vzduchu	$\dot{Q}_L$	-113	-83	-53	-25	-2	18	30	33	30	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	$\dot{Q}_{ic}$	842	844	847	850	852	853	854	855	854	W
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	$\dot{Q}_c$	728	761	794	825	850	872	884	888	884	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem	$\dot{Q}_{iv}$	94	94	94	94	94	94	94	94	94	W
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	$\dot{Q}_i$	935	938	941	943	945	947	948	948	948	W

P2 – Hodnoty tepelných zisků - pokračování

Tepelné zisky místnosti N215, N216

	τ	8	9	10	11	12	13	14	15	16	hod
Tepelné zisky od lidí	$\dot{Q}_l$	99	99	99	99	99	99	99	99	99	W
Tepelné zisky od svítidel	$\dot{Q}_{sv}$	248	248	248	248	248	248	248	248	248	W
Tepelné zisky od elektronických zařízení	$\dot{Q}_e$	500	500	500	500	500	500	500	500	500	W
Tepelné zisky od ventilátoru	$\dot{Q}_v$	33	33	33	33	33	33	33	33	33	W
Tepelné zisky z přilehlých místností	$\dot{Q}_{pm}$	144	144	144	144	144	144	144	144	144	W
Tepelné zisky prostupem okny	$\dot{Q}_{ok}$	-27	-17	-7	3	11	18	22	23	22	W
Tepelné zisky okny radiací	$\dot{Q}_{or}$	802	802	802	802	802	802	802	802	802	W
Tepelné zisky venkovní stěnou	$\dot{Q}_s$	39	34	28	23	19	16	14	13	14	W
Tepelné zisky od přívodu čerstvého vzduchu	$\dot{Q}_L$	-227	-167	-107	-50	-3	37	60	67	60	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	$\dot{Q}_{ic}$	1838	1843	1848	1852	1856	1860	1862	1862	1862	W
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	$\dot{Q}_c$	1611	1676	1741	1802	1853	1896	1922	1929	1922	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem	$\dot{Q}_{iv}$	188	188	188	188	188	188	188	188	188	W
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	$\dot{Q}_i$	2025	2030	2035	2040	2044	2047	2049	2050	2049	W

P2 – Hodnoty tepelných zisků - pokračování

Tepelné zisky místnosti N223

	τ	8	9	10	11	12	13	14	15	16	hod
Tepelné zisky od lidí	$\dot{Q}_l$	99	99	99	99	99	99	99	99	99	W
Tepelné zisky od svítidel	$\dot{Q}_{sv}$	262	262	262	262	262	262	262	262	262	W
Tepelné zisky od elektronických zařízení	$\dot{Q}_e$	500	500	500	500	500	500	500	500	500	W
Tepelné zisky od ventilátoru	$\dot{Q}_v$	33	33	33	33	33	33	33	33	33	W
Tepelné zisky z přilehlých místností	$\dot{Q}_{pm}$	53	53	53	53	53	53	53	53	53	W
Tepelné zisky prostupem okny	$\dot{Q}_{ok}$	-55	-34	-14	6	22	35	43	46	43	W
Tepelné zisky okny radiací	$\dot{Q}_{or}$	1503	1503	1503	1503	1503	1503	1503	1503	1503	W
Tepelné zisky venkovní stěnou	$\dot{Q}_s$	69	59	50	42	35	28	25	24	25	W
Tepelné zisky od přívodu čerstvého vzduchu	$\dot{Q}_L$	-227	-167	-107	-50	-3	37	60	67	60	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	$\dot{Q}_{ic}$	2464	2475	2487	2497	2506	2514	2518	2520	2518	W
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	$\dot{Q}_c$	2237	2309	2380	2447	2503	2551	2578	2586	2578	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem	$\dot{Q}_{iv}$	188	188	188	188	188	188	188	188	188	W
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	$\dot{Q}_i$	2651	2663	2674	2685	2694	2701	2706	2707	2706	W

P2 – Hodnoty tepelných zisků - pokračování

Tepelné zisky místnosti N224

	τ	8	9	10	11	12	13	14	15	16	hod
Tepelné zisky od lidí	$\dot{Q}_l$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	W
Tepelné zisky od svítidel	$\dot{Q}_{sv}$	171	171	171	171	171	171	171	171	171	W
Tepelné zisky od elektronických zařízení	$\dot{Q}_e$	250	250	250	250	250	250	250	250	250	W
Tepelné zisky od ventilátoru	$\dot{Q}_v$	17	17	17	17	17	17	17	17	17	W
Tepelné zisky z přilehlých místností	$\dot{Q}_{pm}$	101	101	101	101	101	101	101	101	101	W
Tepelné zisky prostupem okny	$\dot{Q}_{ok}$	-14	-9	-3	1	5	9	11	11	11	W
Tepelné zisky okny radiací	$\dot{Q}_{or}$	358	358	358	358	358	358	358	358	358	W
Tepelné zisky venkovní stěnou	$\dot{Q}_s$	19	17	14	12	10	8	7	7	7	W
Tepelné zisky od přívodu čerstvého vzduchu	$\dot{Q}_L$	-113	-83	-53	-25	-2	18	30	33	30	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	$\dot{Q}_{ic}$	951	954	956	959	961	962	963	964	963	W
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	$\dot{Q}_c$	838	870	903	934	959	981	993	997	993	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem	$\dot{Q}_{iv}$	94	94	94	94	94	94	94	94	94	W
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	$\dot{Q}_i$	1045	1047	1050	1052	1054	1056	1057	1058	1057	W

P2 – Hodnoty tepelných zisků - pokračování

Tepelné zisky místnosti N225

	τ	8	9	10	11	12	13	14	15	16	hod
Tepelné zisky od lidí	$\dot{Q}_l$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	W
Tepelné zisky od svítidel	$\dot{Q}_{sv}$	171	171	171	171	171	171	171	171	171	W
Tepelné zisky od elektronických zařízení	$\dot{Q}_e$	250	250	250	250	250	250	250	250	250	W
Tepelné zisky od ventilátoru	$\dot{Q}_v$	17	17	17	17	17	17	17	17	17	W
Tepelné zisky z přilehlých místností	$\dot{Q}_{pm}$	152	152	152	152	152	152	152	152	152	W
Tepelné zisky prostupem okny	$\dot{Q}_{ok}$	-14	-9	-3	1	5	9	11	11	11	W
Tepelné zisky okny radiací	$\dot{Q}_{or}$	358	358	358	358	358	358	358	358	358	W
Tepelné zisky venkovní stěnou	$\dot{Q}_s$	19	17	14	12	10	8	7	7	7	W
Tepelné zisky od přívodu čerstvého vzduchu	$\dot{Q}_L$	-113	-83	-53	-25	-2	18	30	33	30	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru citelným teplem	$\dot{Q}_{ic}$	1002	1005	1007	1010	1012	1013	1014	1015	1014	W
Tepelná zátěž klimatizačního zařízení citelným teplem	$\dot{Q}_c$	889	921	954	985	1010	1032	1044	1048	1044	W
Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru vázaným teplem	$\dot{Q}_{iv}$	94	94	94	94	94	94	94	94	94	W
Celková tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	$\dot{Q}_i$	1096	1098	1101	1103	1105	1107	1108	1108	1108	W

P3 – Rozpis materiálu

Potrubí a tvarovky-podrobný výpis přívodního potrubí					
Pozice	Název	Rozměry	Plocha [m²]	Délka [m]	Ks
1.1	Přímá trouba	200x200/1500	1,2	1,5	22
1.2	Flexo-přímá trouba	ø200/800	0,5	0,8	12
1.3	Přímá trouba	200x200/909	0,73	0,91	2
1.4	Symetrický přechod na spiro	200x200-ø200/300	8,64	0,3	18
1.5	Přímá trouba	200x200/200	0,16	0,2	1
1.6	Oblouk	200x200/R100,90°	1,26		5
1.7	Odbočka 7 s přechodem	280x250-200x200-200x200/R100	0,42		1
1.8	Přímá trouba	280x250/1134	1,2	1,13	1
1.9	Přímá trouba	280x250/1500	1,59	1,5	1
1.10	Odbočka 9 s přechodem	355x315-280x280-280x250/R150	0,78		1
1.11	Přímá trouba	355x315/334	0,45	0,33	1
1.12	Přímá trouba	280x280/1050	1,18	1,05	1
1.13	Odbočka 7 s přechodem	280x280-280x280-200x200/R100	0,9		2
1.14	Přímá trouba	280x280/504	0,56	0,5	1
1.15	Přímá trouba	280x280/1500	1,68	1,5	2
1.16	Přímá trouba	280x280/398	0,45	0,4	2
1.17	Oblouk	280x280/R100,90°	0,84		2
1.18	Přímá trouba	250x250/1500	1,5	1,5	6
1.19	Flexo-přímá trouba	ø250/408	0,32	0,41	4
1.20	Symetrický přechod na spiro	250x250-ø250/300	2,4	0,3	4
1.21	Odbočka 7 s přechodem	280x280-250x250-250x250/R100	1,01		2
1.22	Přímá trouba	250x250/901	0,9	0,9	2
1.23	Oblouk	250x250/R100,90°	0,71		2
1.24	Přímá trouba	200x200/1475	1,18	1,47	2
1.25	Flexo-přímá trouba	ø200/189	0,12	0,19	2
1.26	Přímá trouba	355x315/1500	2,01	1,5	2
1.27	Odbočka 7 s přechodem	400x355-355x315-250x250/R150	0,83		1
1.28	Přímá trouba	250x250/1425	1,42	1,42	2
1.29	Flexo-přímá trouba	ø200/321	0,2	0,32	4
1.30	Symetrický přechod na spiro	200x250-ø200/300	2,04	0,3	4
1.31	Rozbočka 5	250x250-200x250-200x250/R100	0,95		2
1.32	Přímá trouba	400x355/1500	2,26	1,5	2
1.33	Přímá trouba	400x355/975	1,47	0,97	1
1.34	Přímá trouba	200x200/291	0,23	0,29	8
1.35	Odbočka 7 s přechodem	450x355-400x355-200x200/R150	0,8		1
1.36	Přímá trouba	450x355/1600	2,58	1,6	1
1.37	Přímá trouba	450x355/1500	2,41	1,5	1
1.38	Odbočka 7 s přechodem	500x355-450x355-200x200/R150	0,85		1
1.39	Přímá trouba	500x355/1500	2,56	1,5	5
1.40	Přímá trouba	500x355/1600	2,74	1,6	1
1.41	Odbočka 7 s přechodem	500x355-500x355-200x200/R150	1,71		2
1.42	Přímá trouba	500x355/1568	2,68	1,57	1
1.43	Přímá trouba	500x355/250	0,43	0,25	1
1.44	Přímá trouba	500x400/1063	1,91	1,06	1
1.45	Odbočka 7 s přechodem	500x400-500x355-250x250/R150	0,99		1
1.46	Přímá trouba	250x250/1135	1,13	1,13	2

P3 – Rozpis materiálu - pokračování

Potrubí a tvarovky-podrobný výpis přívodního potrubí					
Pozice	Název	Rozměry	Plocha [m²]	Délka [m]	Ks
1.47	Flexo-přímá trouba	ø200/200	0,13	0,2	4
1.48	Přímá trouba	200x200/600	0,48	0,6	2
1.49	Odbočka 7 s přechodem	250x250-200x200-200x200/R100	0,8		2
1.50	Přímá trouba	500x400/1500	2,7	1,5	1
1.51	Odbočka 7 s přechodem	560x400-500x400-250x250/R150	1,06		1
1.52	Přímá trouba	560x400/1500	2,88	1,5	9
1.53	Přímá trouba	560x400/251	0,48	0,25	1
1.54	Odbočka 7 s přechodem	560x400-560x400-200x200/R150	3,84		4
1.55	Přímá trouba	560x400/1568	3,01	1,57	1
1.56	Přímá trouba	560x400/1600	3,07	1,6	2
1.57	Přímá trouba	560x400/975	1,87	0,97	1
1.58	Odbočka 7 s přechodem	560x400-560x400-250x250/R150	1,06		1
1.59	Přímá trouba	560x400/1523	2,92	1,52	1
1.60	Rozbočka 6	630x400-280x400-560x400/R150	1,14		1
1.61	Přímá trouba	280x280/652	0,73	0,65	1
1.62	Symetrický přechod 2	400x200-280x280/100	0,12	0,1	1
1.64	Symetrický přechod 2	280x400-400x200/100	0,13	0,1	1
1.65	Přímá trouba	280x280/503	0,56	0,5	1
1.66	Přímá trouba	630x400/1500	3,09	1,5	4
1.67	Přímá trouba	630x400/879	1,81	0,88	1
1.68	Přímá trouba	200x200/60	0,05	0,06	2
1.69	Symetrický přechod 2	400x200-200x200/100	0,2	0,1	2
1.70	Symetrický přechod 2	200x200-400x200/100	0,2	0,1	2
1.71	Přímá trouba	200x200/400	0,32	0,4	2
1.72	Odbočka 7 s přechodem	630x400-630x400-200x200/R150	2,06		2
1.73	Přímá trouba	630x400/1600	3,3	1,6	1
1.74	Přímá trouba	630x400/540	1,11	0,54	1
1.76	Přímá trouba	630x400/786	1,62	0,79	1
1.77	Oblouk	500x500/R150,90°	3,77		3
1.78	Symetrický přechod 1	500x500-1000x400/400	0,96	0,4	1
1.80	Asymetrický přechod	1000x400-630x400/400,-44.00	1,02	0,4	1
1.81	Přímá trouba	500x500/1690	3,38	1,69	1
1.82	Přímá trouba	900x900/1000	3,6	1	1
1.83	Přímá trouba	900x900/1078	3,88	1,08	1
1.84	Přímá trouba	900x900/380	1,37	0,38	1
1.86	Přímá trouba	630x400/974	2,01	0,97	1

P3 – Rozpis materiálu - pokračování

Potrubí a tvarovky-podrobný výpis odvodního potrubí					
Pozice	Název	Rozměry	Plocha [m²]	Délka [m]	Ks
2.1	Přímá trouba	400x125/500	0,53	0,5	1
2.2	Oblouk	400x125/R100,90°	0,49		1
2.3	Přímá trouba	400x125/2000	2,1	2	1
2.4	Přímá trouba	400x125/1050	1,1	1,05	1
2.5	Odbočka 7 s přechodem	400x200-400x125-400x125/R50	0,6		1
2.6	Přímá trouba	400x200/2000	2,4	2	1
2.7	Přímá trouba	400x125/550	0,58	0,55	1
2.8	Přímá trouba	400x200/370	0,44	0,37	1
2.9	Odbočka 7 s přechodem	630x315-630x200-400x200/R150	1,32		1
2.10	Odbočka 7 s přechodem	630x200-630x200-400x125/R50	1,66		2
2.11	Přímá trouba	630x200/236	0,39	0,24	1
2.12	Asymetrický přechod	630x200-630x200/1000,385	3,38	1	2
2.13	Přímá trouba	630x200/515	0,85	0,51	2
2.14	Přímá trouba	400x125/277	0,29	0,28	10
2.15	Přímá trouba	630x315/2000	3,78	2	6
2.16	Přímá trouba	630x315/950	1,79	0,95	1
2.17	Odbočka 7 s přechodem	630x315-630x315-630x160/R50	1,38		1
2.18	Přímá trouba	630x160/277	0,44	0,28	4
2.19	Přímá trouba	630x315/1885	3,56	1,88	1
2.20	Odbočka 7 s přechodem	630x315-630x315-400x125/R50	3,78		4
2.21	Přímá trouba	630x315/1100	2,08	1,1	2
2.22	Přímá trouba	630x315/1069	2,02	1,07	1
2.23	Přímá trouba	630x315/1685	3,18	1,68	1
2.24	Odbočka 7 s přechodem	630x355-630x315-630x160/R50	1,44		1
2.25	Přímá trouba	630x355/2000	3,94	2	2
2.26	Přímá trouba	630x355/333	0,66	0,33	1
2.27	Odbočka 7 s přechodem	630x400-630x355-630x160/R50	1,5		1
2.28	Přímá trouba	630x400/1686	3,47	1,69	1
2.29	Přímá trouba	630x400/2000	4,12	2	6
2.30	Odbočka 7 s přechodem	630x400-630x400-400x125/R50	4,12		4
2.31	Přímá trouba	630x400/1068	2,2	1,07	1
2.32	Přímá trouba	630x400/1100	2,27	1,1	2
2.33	Přímá trouba	630x400/1885	3,88	1,88	1
2.34	Odbočka 7 s přechodem	630x400-630x400-630x160/R50	1,5		1
2.35	Přímá trouba	630x400/875	1,8	0,87	1
2.36	Odbočka 7 s přechodem	630x400-630x200-710x400/R150	2,08		1
2.37	Přímá trouba	710x400/2000	4,44	2	3
2.38	Odbočka 7 s přechodem	710x400-710x400-400x125/R50	2,22		2
2.39	Přímá trouba	400x125/315	0,33	0,31	2
2.40	Přímá trouba	710x400/1101	2,44	1,1	1
2.41	Přímá trouba	710x400/369	0,82	0,37	1
2.42	Přímá trouba	710x400/1539	3,42	1,54	1
2.44	Oblouk	710x400/R150,90°	3,52		2
2.45	Přímá trouba	710x400/200	0,44	0,2	1
2.46	Přímá trouba	710x400/1967	4,37	1,97	1

P3 – Rozpis materiálu - pokračování

Potrubí a tvarovky-podrobný výpis odvodního potrubí					
Pozice	Název	Rozměry	Plocha [m²]	Délka [m]	Ks
2.48	Oblouk	400x710/R150,90°	2,44		2
2.49	Přímá trouba	710x400/120	0,27	0,12	1
2.50	Symetrický přechod	710x400-1000x400/200	0,56	0,2	1
2.52	Symetrický přechod 1	900x900-1000x400/200	0,64	0,2	1
2.53	Oblouk	900x900/R200,90°	3,67		1
2.54	Oblouk	900x900/R100,90°	6,22		2
2.55	Přímá trouba	900x900/1427	5,14	1,43	1
2.56	Přímá trouba	900x900/380	1,37	0,38	1
2.58	Spiro-přímá trouba	ø315/380	0,53	0,38	1

Komponenty			
Pozice	Rozměry	Typ	KS
	500x500,0	Vířivá vyústka VVM 500 C/V/P/24/R	22
	600x600,0	Vířivá vyústka VVM 600 C/V/P/24/R	4
	400x125,0,0 RAL	Stěnová vyústka SVM NV 400x125/R1/S	14
	625x150,0,0 RAL	Stěnová vyústka SVM NV 625x150/R1/S	4
	625x200,0,0 RAL	Stěnová vyústka SVM NV 625x200/R1/S	2
1.63	400x200,0,0,0	Regulační klapka	3
1.75	630x400,0,0	Požární klapka čtyřhranná	1
1.79	1000x400/2000,0,0,0	Tlumič hluku KUTL	1
1.85	900x900,0,0,0 RAL	Protidešťová žaluzie	1
2.43	710x400,0,0	Požární klapka čtyřhranná	1
2.51	1000x400/2000,0,0,0	Tlumič hluku KUTL	1
2.57	900x900,0,0,0 RAL	Protidešťová žaluzie	1
2.59	315x315,0,0,0 RAL	Protidešťová žaluzie	1