

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**VĚTRÁNÍ ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**MICHAL ŠIMÁK**

**Vedoucí práce:**

**doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.**

**2017/2018**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šimák Jméno: Michal Osobní číslo: 439114

Zadávající katedra: K125 Technická zařízení budov

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Větrání administrativní budovy

Název bakalářské práce anglicky: Ventilation system in the administrative building

Pokyny pro vypracování:

Projekt: Textová část - technická zpráva, výpočet množství vzduchu, návrh trasy soustavy rozvodů, návrh dimenzí rozvodů, výpočet tlakových ztrát hlavního rozvodu, základní bilanční výpočty.

Výkresová část - půdorysy, nezbytné detaily, řešení technické místnosti.

Studie na téma Větrání kanceláří

Seznam doporučené literatury:

Gebauer, Gunter: Vzduchotechnika. Era 2007. ISBN 8073660918

Papež, Karel: Energetické a ekologické systémy budov 2 : vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení. ČVUT, Praha 2007.

Daniels, Klaus: Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty. Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5.

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

22.2.2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

Praha, 17.5.2018

.....  
Michal Šimák

## **Poděkování:**

Děkuji doc. Ing. Michalovi Kabrhelovi, Ph.D., vedoucímu bakalářské práce, za cenné informace a pomoc při vypracování této bakalářské práce.

# Obsah

## A. Projekt větrání administrativní budovy

D.00\_Technická zpráva

D.01\_Půdorys\_1.NP

D.02\_Půdorys\_2.NP

D.03\_Půdorys\_3.NP

D.04\_Pohled na střechu

D.05\_Detaily

Příloha 1 – Hodnoty použité při výpočtech

Příloha 2 – Potřebné průtoky vzduchu

Příloha 3 – Výpočet tepelných zisků

Příloha 4 – Dimenze potrubí a výpočet tlakových ztrát

Příloha 5 – Specifikace vzduchotechnické jednotky

Příloha 6 – Specifikace ventilátoru pro odvod vzduchu z toalet

## B. Studie na téma větrání kanceláří

1	Úvod .....	9
1.1	Základní důvody větrání .....	9
1.2	Normové požadavky a přípustné limity .....	10
1.2.1	Požadavky na mikroklimatické podmínky .....	10
1.2.2	Větrání pracovního prostředí .....	11
2	Způsoby větrání – obecně .....	12
2.1	Přirozené větrání .....	12
2.2	Nucené větrání .....	13
2.3	Hybridní větrání .....	13
3	Nucené větrání .....	13
3.1	Rozdělení dle tlaku vzduchu ve větraném prostoru .....	14
3.2	Rozdělení dle místního členění .....	14
3.3	Rozdělení dle způsobu distribuce vzduchu .....	15

4	Nucené větrání kanceláří .....	17
4.1	Typy nuceného větrání buňkové kanceláře.....	17
4.1.1	Samostatný odtahový ventilátor .....	17
4.1.2	Větrací jednotka s ohřivačem.....	18
4.1.3	Lokální rekuperační jednotka .....	19
4.1.4	Centrální vzduchotechnická jednotka.....	20
4.1.5	Systém s proměnlivým průtokem vzduchu .....	22
4.1.6	Kombinovaný klimatizační systém s indukčními jednotkami .....	23
4.1.7	Kombinovaný klimatizační systém s fancoily .....	24
4.1.8	Dvoukanálový systém.....	25
4.1.9	Kombinovaný klimatizační systém s chladícími stropy .....	26
4.1.10	Chladivové klimatizační systémy .....	27
4.2	Typy nuceného větrání velkoprostorové kanceláře .....	28
4.2.1	Personalizované větrání.....	28
5	Závěr.....	30
6	Seznam obrázků .....	31
7	Seznam tabulek .....	31
8	Seznam použitých zdrojů .....	32

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá větráním administrativní budovy. Práce se skládá ze dvou částí. První část je řešena formou projektu, kdy je navržen systém větrání pro danou administrativní budovu. Druhá část je teoretická a věnuje se obecnému pohledu na větrání kancelářských prostor a možnostem výměny vzduchu v buňkových a velkoprostorových kancelářích.

## **Klíčová slova**

administrativní budova, buňkové kanceláře, velkoprostorové kanceláře, větrání

## **Abstract**

The Bachelor thesis deals with the ventilation system in the administrative building. The thesis consists of two parts. The first part is a project, where the ventilation of administrative building is designed. The second part is theoretical part and it describes the ventilation system in the office area and it deals with possibilities of air exchange in offices and open-spaces.

## **Key words**

the administrative building, offices, open-spaces, ventilation

# **Studie na téma větrání kanceláří**

## **TEORETICKÁ ČÁST**

**Vypracoval:**

**Michal Šimák**

**2017/2018**



# 1 Úvod

## 1.1 Základní důvody větrání

V první řadě je důležité si uvědomit, proč je důležité vnitřní prostory větrat.

Základním důvodem pro větrání je zajištění dostatečného množství čerstvého vzduchu pro potřebu dýchání. Dospělý člověk dýchá při nízké fyzické aktivitě přibližně 16krát za minutu, což odpovídá osmi litrům vzduchu za minutu. [1]

Dalším důvodem pro větrání je ředění a odvod škodlivin z větraného prostředí. Za hlavní škodlivinu můžeme považovat oxid uhličitý, kterého vydechujeme přibližně 133krát více, než vdechujeme. Mezi další škodliviny se řadí např. benzen, toluen nebo formaldehyd, které jsou postupně uvolňovány z nátěrů, koberců, lepidel, čisticích prostředků atd. Poté nesmíme zapomenout na oxidy dusíku, které vnikají při spalovacích procesech např. při používání plynových spotřebičů. Dále sem můžeme zařadit ozon, jehož zdrojem mohou být kopírky či elektrostatické čističe vzduchu. A poslední škodlivinou jsou pevné prachové částice, mezi které můžeme zařadit pyly, prach, houby, viry apod. [1]

Za předpokladu, že budeme využívat nuceného větrání, můžeme za další důvod považovat částečný odvod tepelné zátěže, tzv. pasivní chlazení, kterého je dosaženo za pomoci přívodu čerstvého vzduchu o nižší teplotě, než je požadovaná teplota v místnosti. Dalšími přidanými funkcemi můžeme docílit teplovzdušného vytápění či klimatizace. [1]

V případě, že nezajistíme dostatečné odvětrání vnitřních prostor, podstupujeme riziko negativních účinků na osoby uvnitř, jako jsou například únava (při nadměrné koncentraci oxidu uhličitého v ovzduší), dráždění očí a dýchacích cest (při krátkodobém vystavení působení oxidům dusíku) nebo dokonce k zánětům plic (při dlouhodobém vystavení působení formaldehydu). [1] [2] [3]

Lidé bývají v kancelářích často přítomni ve větším počtu, a proto je třeba dbát na dostatečnou intenzitu větrání. Popřípadě navrhnout vhodné úpravy vzduchu z hlediska teploty a vlhkosti tak, aby neměl negativní vliv na zdraví a produktivitu osob v administrativních budovách.

## 1.2 Normové požadavky a přípustné limity

### 1.2.1 Požadavky na mikroklimatické podmínky

Tabulka 1: Požadavky na výslednou teplotu kulového teploměru [4]

Typ bytové místnosti <sup>1)</sup>	Výsledná teplota $t_g(^{\circ}\text{C})$ období roku	
	teplé	chladné
Ubytovací zařízení	24,0±2,0	22,0±2,0
Zasedací místnost staveb pro shromažďování většího počtu osob	24,5+1,5	22,0±2,0
Haly kulturních a sportovních zařízení	24,5±1,5	22,0±2,0
Učebny <sup>2)</sup>	24,5±1,5	22,0±2,0
Ústavy sociální péče	24,0±2,0	22,0±2,0
Zdravotnická zařízení <sup>3)</sup>	24,0±2,0	22,0±2,0
Výstaviště	24,5+2,5	22,0+3,0
Stavby pro obchod	23,0±2,0	19,0±3,0

Vysvětlivky dle [4]:

- 1) Není-li typ prostoru uveden v tab. č. 1, vychází se z požadavku typu prostoru s obdobným charakterem činnosti.
- 2) Učebny ve stavbách, které nejsou zařízením pro výchovu a vzdělávání.
- 3) Nejsou-li jiné požadavky na bytové místnosti ve zdravotnických zařízeních dané prováděným výkonem nebo léčebným procesem.

Tabulka 2: Rychlost proudění vzduchu v bytových místnostech [4]

teplé období roku	0,16-0,25 m·s <sup>-1</sup>
chladné období roku	0,13-0,20 m·s <sup>-1</sup>

Tabulka 3: Relativní vlhkost vzduchu v bytových místnostech [4]

teplé období roku	nejvýše 65 %
chladné období roku	nejméně 30 %

Tabulka 4: Teploty a množství odváděného vzduchu pro hygienická zařízení u bytových místností [4]

	Teplota vzduchu $t_i (^{\circ}\text{C})$	Množství odváděného vzduchu za hodinu
Umývárny	22	30 m <sup>3</sup> na 1 umyvadlo
Sprchy	25	35 - 110 m <sup>3</sup> na 1 sprchu
WC	18	50 m <sup>3</sup> na 1 mísu 25 m <sup>3</sup> na 1 pisoár

Tabulka 5: Limitní hodinová koncentrace chemických ukazatelů a prachu ve vnitřním prostředí staveb [4]

Ukazatelé	jednotka	limit 4)
oxid dusičitý	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	100
frakce prachu PM10 1)	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	150
frakce prachu PM2,5 2)	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	80
oxid uhelnatý	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	5000
ozón	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	100
azbestová a minerální vlákna 3)	počet vláken $\cdot\text{m}^{-3}$	1000
amoniak	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	200
benzen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	7
toluen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	300
suma xylenu	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	200
styren	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	40
etylbenzen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	200
formaldehyd	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	60
trichloretylen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	150
tetrachloretylen	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	150

Vysvětlivky dle [4]:

- 1) Frakce prachu PM10 - prachové částice s převládající velikostí částic o průměru 10  $\mu\text{m}$ , které projdou speciálním selektivním filtrem s 50% účinností.
- 2) Frakce prachu PM2.5 - prachové částice s převládající velikostí částic o průměru 2,5  $\mu\text{m}$ , které projdou speciálním selektivním filtrem s 50% účinností.
- 3) Průměr vlákna < 3  $\mu\text{m}$ , délka vlákna > 5  $\mu\text{m}$ , poměr délky a průměru vlákna je > 3:1.
- 4) Limity jsou stanoveny pro koncentrace látek vztažené na standardní podmínky.

### 1.2.2 Větrání pracovního prostředí

Minimální množství venkovního vzduchu přiváděného na pracoviště dle [5]:

- a) **25 m<sup>3</sup>/h** na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci vsedě s minimální celotělovou pohybovou aktivitou pouze s lehkou manuální prací rukou a paží (např.: kancelářské administrativní práce, řízení osobního vozidla, aj.), zároveň je pracoviště bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění
- b) **50 m<sup>3</sup>/h** na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci jako v bodě a), ale na pracovišti jsou přítomné chemické látky, prachy nebo jiné zdroje znečištění

- c) **70 m<sup>3</sup>/h** na jednoho zaměstnance vykonávajícího převážně práci vstojе s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou (např.: dělnice v potravinářské výrobě, mechanici, strojní opracování a montáž středně těžkých dílců, práce na ručním lisu, zdravotní sestry, ošetrovatelky)
- d) **90 m<sup>3</sup>/h** na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci spojenou s rozsáhlou činností svalstva trupu, horních i dolních končetin (např.: práce ve stavebnictví, práce s lopatou ve vzpřímené poloze, přenášení břemen o váze 25 kg, práce se sbíječkou)

## 2 Způsoby větrání – obecně

Větráním rozumíme výměnu znehodnoceného vzduchu ve vnitřním prostoru za venkovní čerstvý vzduch, případně za směs čerstvého venkovního a cirkulačního vzduchu. Pro zajištění větrání je nutné vytvořit vzduchový proud určitého průtoku neboli vytvořit rozdíl tlaků vzduchu. [1]

### 2.1 Přirozené větrání

Přirozené větrání je nejjednodušší způsob výměny vzduchu mezi interiérem a exteriérem. Potřebný proud vzduchu v tomto případě zajišťuje účinek vztlakového proudění nebo působení větru. [1]

Vzniklý vztlak je daný rozdílem měrných hmotností vnitřního a venkovního vzduchu o různé teplotě. Tento princip je využíván např. při **šachtovém větrání**.

Při druhé variantě podporuje proudění vzduchu v budově sání a tlak větru. Větrání založeno na tomto principu je např. **infiltrace** (průvzdušnost spár) nebo **provětrávání** okny. [1] [6]

Přirozené větrání s sebou nese řadu nevýhod jako jsou např. vysoká rychlost proudění vzduchu nebo přenos hluku a škodlivin z venkovního prostředí. [1]

## 2.2 Nucené větrání

Při nuceném větrání je výměny vzduchu docíleno výhradně změnou tlaku díky použití ventilátoru. [1]

Oproti přirozenému větrání je výhodou tohoto systému, že kromě výměny vzduchu může zajistit i jeho ohřev, chlazení či úpravu vlhkosti. Navíc je možné tyto parametry regulovat dle aktuální potřeby objektu. Hlavní nevýhodou oproti přirozenému větrání je bezesporu finanční a energetická náročnost systému. [7]

## 2.3 Hybridní větrání

Hybridní větrání využívá obou výše zmíněných principů v takové kombinaci, aby byly zajištěny požadované cíle větrání při co nejnižší spotřebě energie. Přirozené větrání je většinou nedostatečné, a proto se doplňuje o větrání nucené. [1] [7]

# 3 Nucené větrání

Pro administrativní budovy se navrhuje převážně systém nuceného větrání. Je to dáno především současným trendem projektování, kdy většina budov tohoto typu postrádá větší množství otvíravých otvorů díky skeletovému systému a celoproskleným obvodovým plášťům. Proto je zbylá část práce v duchu tohoto principu.

Nucené větrání lze dělit dle několika kategorií.

### 3.1 Rozdělení dle tlaku vzduchu ve větraném prostoru

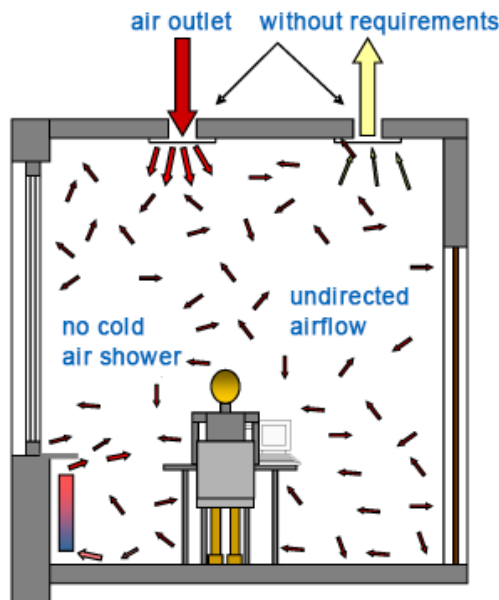
- a) **Podtlakový systém** se využívá především v prostorech, kde je zvýšená koncentrace škodlivin ve vzduchu. Cílem je zabránit šíření znehodnoceného vzduchu dále do okolních prostor. Do takovýchto místností je vzduch nasáván přes otvory v obálce místnosti, které jsou větrány nuceně nebo přirozeně. Znehodnocený vzduch je odváděn ventilátorem, který působí podtlak. Toto řešení se používá např. pro odvod vzduchu z toalet, aby nedocházelo k šíření znehodnoceného vzduchu do okolí. [1] [6]
- b) **Přetlakovým systémem** přivádíme do vnitřního prostoru více vzduchu, než z něj odvádíme. V prostoru vzniká přetlak, ale rozdíl je kompenzován únikem vzduchu přes otvory v obálce prostoru. Tohoto způsobu se využívá v okolí místností řešených podtlakově, tudíž se znečištěný vzduch z těchto prostor nemůže šířit dále. Využití tohoto řešení můžeme najít při požárním větrání únikových cest, kdy přetlak zabraňuje rychlému šíření kouře. [7]
- c) **Rovnotlakým systémem** do prostoru přivádíme stejné množství vzduchu jako z něj odvádíme a v daném prostoru tudíž nevzniká žádný tlakový rozdíl. Princip využívá vzduchotechnické jednotky s ventilátory, které zajišťují přívod i odvod vzduchu. [1]

### 3.2 Rozdělení dle místního členění

- a) **Centrální systém** obsluhuje nejčastěji celou budovu nebo její část. Sdílí společné hlavní zařízení doplněné o nezbytné rozvody vzduchu. Může sloučovat i více funkcí, jako jsou např. vytápění či klimatizace. [1]
- b) **Lokální (místní) systém** obsluhuje jen jednu místnost nebo její část. Zajišťuje řešení místního problému, např. místní produkce škodlivin. Jedná se většinou o jednoduché zařízení s malým počtem funkcí. [1]

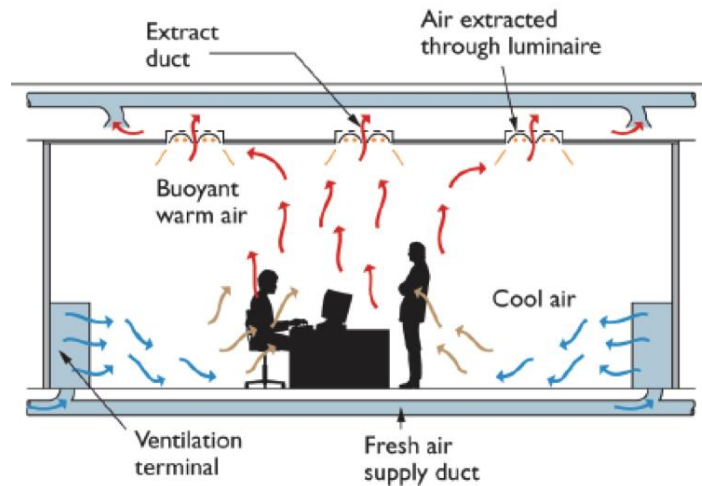
### 3.3 Rozdělení dle způsobu distribuce vzduchu

- a) **Směšování** je založeno na mísení vnitřního vzduchu se vzduchem přiváděným za vzniku turbulentního proudění při relativně vysoké rychlosti vzduchu ( $2-6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Škodliviny se v prostoru ředí rovnoměrně do celého objemu místnosti a čerstvý vzduch se velice rychle znečišťuje s okolním vzduchem. Jedná se o nejčastější způsob distribuce vzduchu, pomocí obdélníkových vyústek, anemostatů, dýz či štěrbin. Tento typ distribuce vzduchu je vhodný pro odvod vysoké tepelné zátěže, naopak se nehodí pro velké prostory, protože je potřeba větrat celý objem místnosti a s tím souvisí vysoké energetické nároky. [1] [8]



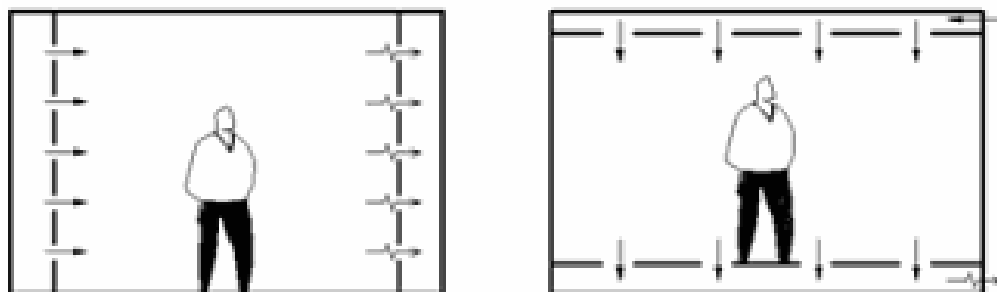
Obrázek 1: Směšovací větrání [9]

- b) Při **zaplavování** se vzduch do pracovního prostředí přivádí malou rychlostí (do  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a je o 1 až 3 °C chladnější než vzduch nad pracovní zónou. Vzduch je přiváděn zpravidla velkoplošnou vyústí umístěnou u podlahy, ohřívá se od zdroje tepla v místnosti a pohybuje se vlivem konvekce vznikající kolem těchto zdrojů jako jsou např. osoby nebo el. vybavení kanceláře. Ohřátý vzduch poté stoupá vzhůru ke stropu, kde je odváděn dalším distribučním prvkem. Výhodou je, že prakticky nevzniká cirkulace vzduchu v místnosti a škodliviny se hromadí více pod stropem. [1] [8]



Obrázek 2: Zaplavovací větrání [10]

- c) **Vytěšňování** je způsob distribuce vzduchu, kdy přiváděný vzduch vytlačuje „pístovým“ způsobem znečištěný vzduch z místnosti. Vytváří se tak laminární proudění v prostorách, kdy je přívod realizován celou plochou stropu nebo některou ze stěn místnosti. Odvod vzduchu je pak zajištěn podlahou, respektive protilehlou stěnou. [1] [8]



Obrázek 3: Vytěšňovací větrání (vlevo i vpravo) [8]



## 4 Nucené větrání kanceláří

Administrativní budovy jsou charakteristické velkým počtem místností s různou velikostí často neotvíratelných oken a s rozdílnou tepelnou zátěží proměnnou v průběhu dne i ročního období. Zásadními faktory ovlivňující tepelný stav jednotlivých místností jsou osluněná okna, tepelná produkce kancelářského vybavení, osvětlení a personální obsazenost místností. [6]

Kancelářské prostory můžeme dle [11] rozdělit na buňkové kanceláře a velkoprostorové kanceláře. V případě buňkových kanceláří se jedná o místnosti, které obsahují 1-10 kancelářských pracovišť. Za velkoprostorovou kancelář můžeme považovat prostor, obsahující 11 a více kancelářských pracovišť. Navíc jsou v tomto typu místnosti chodby nahrazeny komunikačními koridory, které jsou součástí prostoru kanceláře.

### 4.1 Typy nuceného větrání buňkové kanceláře

Mikroklima jednotlivých místností administrativních budov lze zajistit lokálním systémem větrání. Tento způsob je vhodný pro větrání osamělých kanceláří v menších nebo rekonstruovaných objektech.

#### 4.1.1 Samostatný odtahový ventilátor

Základní a nejjednodušší systém pro nucenou výměnu vzduchu v místnosti je použití potrubního ventilátoru.

##### a) Popis systému

Systém funguje na principu lokálního podtlakového větrání. Ventilátor odsává vzduch z místnosti a ten je potrubím odváděn do exteriéru. Přívod vzduchu je řešen zpravidla skrz mřížku ve dveřích z vedlejší místnosti. Ventilátor je možné napojit na čidlo kvality vzduchu a poté se větrá jen tehdy, je-li kvalita vzduchu v místnosti nedostatečná. [12]

## b) Výhody a nevýhody

Jako výhodu můžeme brát v úvahu fakt, že při spuštěném ventilátoru se škodliviny nemohou šířit do okolních prostor. Avšak tento způsob větrání má mnoho limitujících vlastností, mezi které patří např. neschopnost jakéhokoliv zpětného získávání tepla či úpravy přiváděného vzduchu.

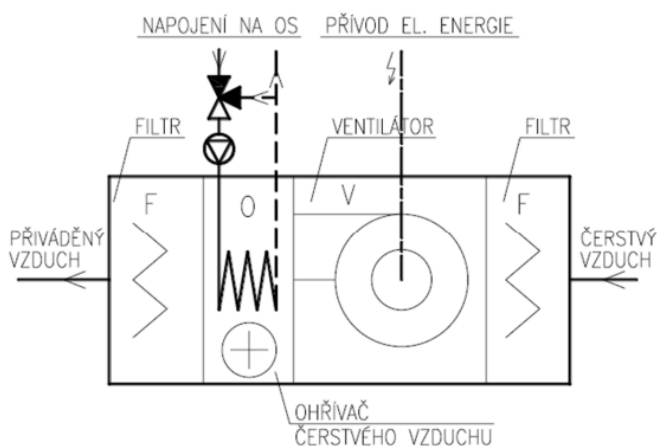
### 4.1.2 Větrací jednotka s ohřívačem

#### a) Popis systému

System obsahuje přívodní větrací jednotku s integrovaným ohřívačem a odvodní jednotku. Celý systém udržuje požadovanou teplotu při dostatečné výměně vzduchu. Jedná se o rovnotlaký princip větrání a jako distribuční prvky mohou být použity např. mřížky, anemostaty atd. V případě napojení vhodného čidla je možné řídit větrání podle kvality ovzduší. [12]

#### b) Výhody a nevýhody

Oproti samostatnému ventilátoru má tento systém možnost ohřevu a filtrace přiváděného vzduchu a tím dává uživateli alespoň nějakou možnost nadefinovat si teplotu, popřípadě i čistotu vzduchu. Na druhou stranu teplo odpadního vzduchu stále není nijak využito a tím pádem ohřívač spotřebuje velké množství energie.



Obrázek 4: Schéma přívodní větrací jednotky s ohřívačem [1]

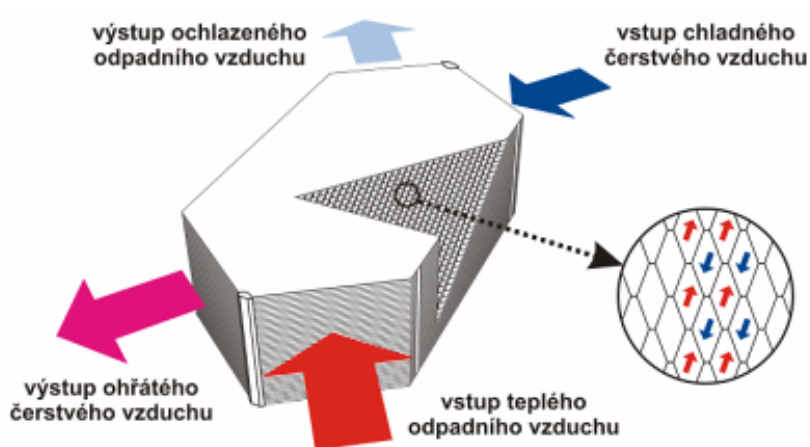
### 4.1.3 Lokální rekuperační jednotka

#### a) Popis systému

Stejně jako v předchozí bodě jde o rovnotlaký systém obsahující větrací jednotku, avšak v tomto případě s integrovaným rekuperačním výměníkem. Rekuperace neboli zpětné získávání tepla je zajištěno výměníkem, kde odpadní znehodnocený vzduch v zimním období předá teplo čerstvému vzduchu přiváděnému zvenčí, popřípadě ho může v letním období naopak ochlazovat. Jednotka může být doplněna o ohřívač, který zajistí přiváděnému vzduchu požadovanou teplotu. Jednotky se vyrábějí jak v nástěnném, tak podstropním provedení.

#### b) Výhody a nevýhody

Tento typ větrací jednotky umožňuje filtraci i ohřev přiváděného vzduchu s velkou výhodou zpětného získávání tepla ze vzduchu odpadního. Z toho plyne, že rekuperační jednotka spotřebuje mnohem méně energie na případný ohřev na požadovanou teplotu v místnosti oproti výše zmíněnému řešení v kapitole 4.1.2.



Obrázek 5: Funkční schéma protiproudového rekuperačního výměníku [13]

#### 4.1.4 Centrální vzduchotechnická jednotka

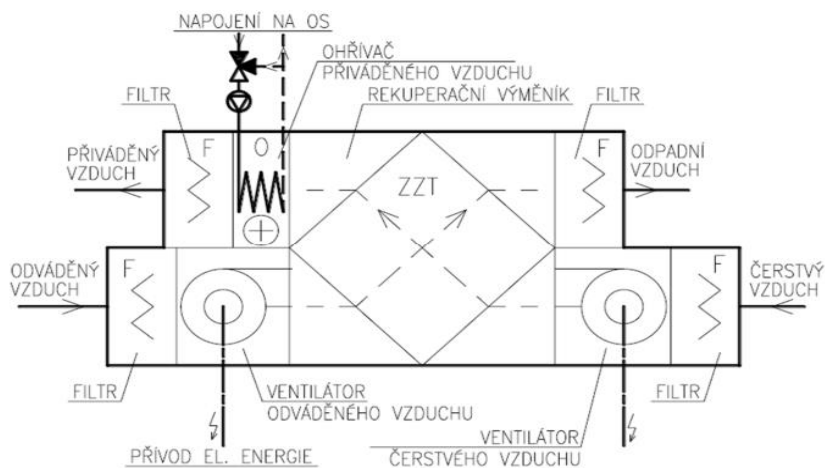
Předchozí systémy jsou využívány pro výměnu menšího množství vzduchu a jsou zpravidla instalovány pro jednotlivé místnosti samostatně. Komplexní větrání celé budovy většinou zajišťuje centrální vzduchotechnická jednotka se systémem potrubních rozvodů a distribučních prvků.

##### a) Popis systému

Jednotka může být umístěna v samostatné místnosti uvnitř objektu, která je vyhrazená pro vzduchotechnická zařízení – strojovna vzduchotechniky nebo např. v komunikačních prostorech. Druhou možností je umístit ji vně objektu, zpravidla na střeše budovy. Dle pozice si můžeme vybrat, zda použít jednotku parapetní, svislou, podlahovou či podstropní.

Tento systém zajišťuje rovnotlakou výměnu vzduchu v jednotlivých kancelářích díky tomu, že jednotka je vybavena ventilátorem na přívodu i na odvodu vzduchu. Samozřejmostí je rekuperační výměník, ohřívač přiváděného vzduchu a sada filtrů. V případě, že jsou kladeny vyšší nároky na parametry a kvalitu přiváděného vzduchu, je možné doplnit jednotku o funkce směšování, chlazení či vlhčení a jednotku se všemi těmito funkcemi poté můžeme považovat za klimatizační.

K distribuci vzduchu budovou je použito hranaté či kruhové potrubí a do jednotlivých místností se vzduch nejčastěji dostává skrze anemostaty, mřížky či talířové ventily. Těchto prvků je využíváno hlavně z důvodu nízké koncové rychlosti proudění ve větrané místnosti.



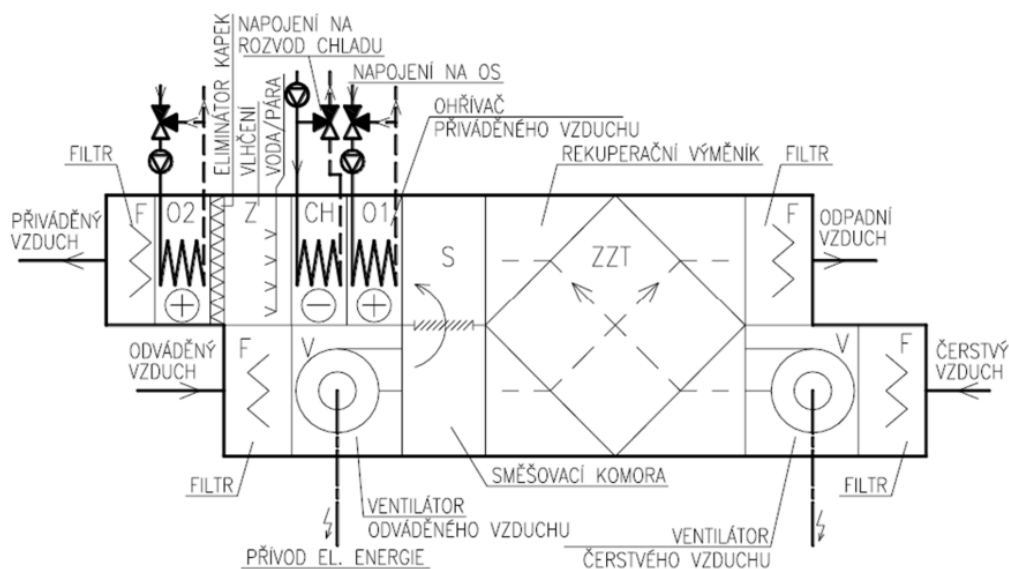
Obrázek 6: Schéma větrací jednotky [1]

## b) Výhody a nevýhody

Tento systém dokáže zajistit vysokou kvalitu vzduchu a dle funkcí, kterými jednotka disponuje, se dá upravit požadovaná teplota, popřípadě i vlhkost vzduchu. Klimatizační jednotka může být kromě větrání použita i pro chlazení či teplotovzdušné vytápění.

Na druhou stranu s počtem funkcí roste technologická náročnost a požadavky na ostatní profese, jako je přívod elektrické energie, napojení na zdroj tepla či chladu a odvod kondenzátu z určitých elementů jednotky.

Uživatelům jednotlivých místností pak také chybí možnost si parametry vzduchu nastavit dle jejich aktuální potřeby a musejí se spokojit s teplotou a vlhkostí vzduchu, který je dodáván centrálně. Proto je vhodné centrální systém větrání doplnit o prvky, které popisují následující kapitoly a zajistit tak, že si uživatel může parametry vzduchu nastavit pro každou místnost zvlášť.



Obrázek 7: Schéma klimatizační jednotky [1]

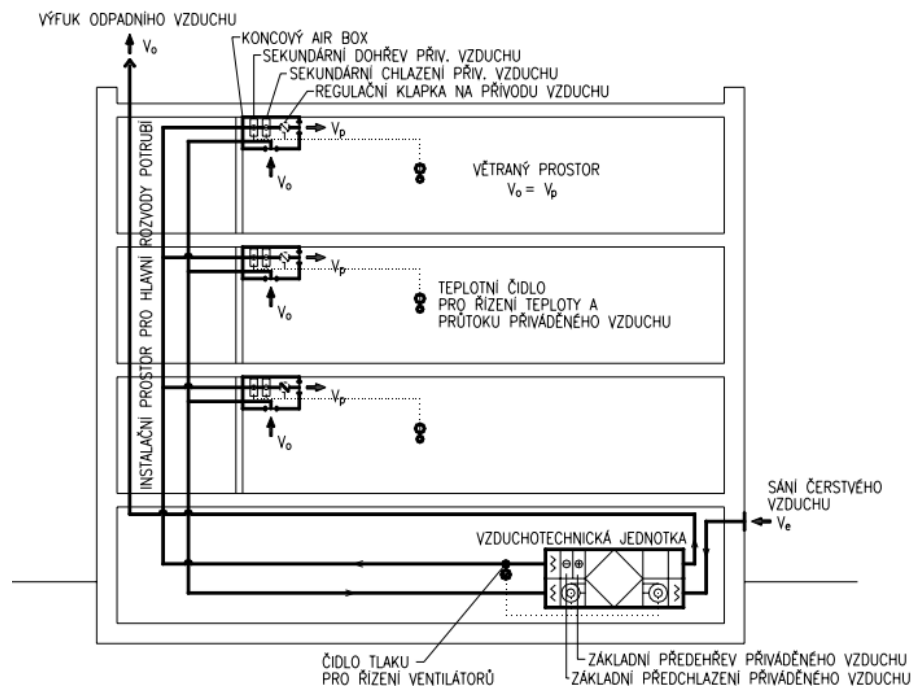
#### 4.1.5 Systém s proměnlivým průtokem vzduchu

##### a) Popis systému

Průtok přiváděného vzduchu do větraných místností je řízen dle potřeby škrcením v zónových jednotkách tzv. VAV (variable air volume) boxech. Tento element je zpravidla vybaven klapkou pro ovládání průtoku, ohřivačem a případně i chladičem pro řízení teploty. Do VAV boxů je přiváděn vzduch centrálním potrubím, v jednotce je dodatečně upraven a z boxu vede vyústka přívodu vzduchu do místnosti. [1]

##### b) Výhody a nevýhody

Tento systém umožňuje zónovou regulaci průtoku, případně i teploty vzduchu v závislosti na mikroklimatu ve větrané místnosti. V případě, že jsou takto regulovány koncové boxy, nejsou tak vysoké nároky na regulaci hlavních ventilátorů. Tuto regulaci zajišťují senzory teploty a koncentrace CO<sub>2</sub> v místnosti a s tím souvisí vyšší nároky na přesnost měření a regulace. Další negativní vlastnost je vysoká hlučnost při téměř uzavřené regulační klapce. [1]



Obrázek 8: Schéma uspořádání centrálního systému větrání s VAV boxy [1]

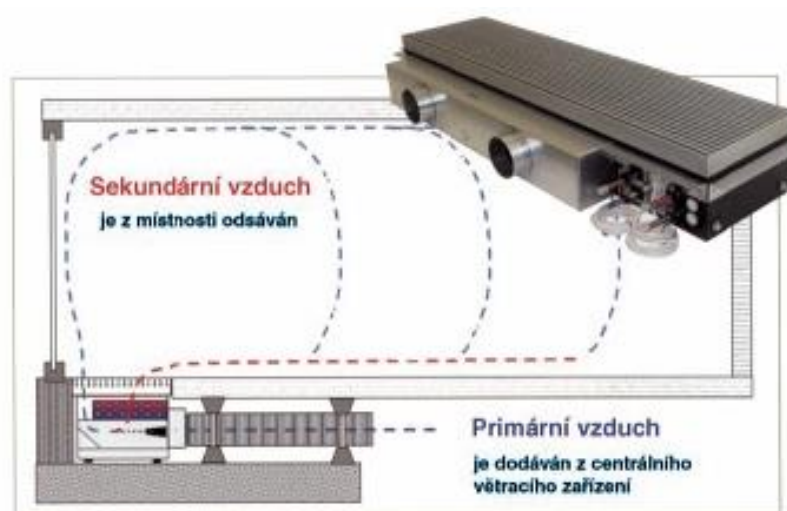
#### 4.1.6 Kombinovaný klimatizační systém s indukčními jednotkami

##### a) Popis systému

Typickým prvkem tohoto systému je indukční jednotka, která je prvkem vysokotlaké klimatizace a obsahuje jeden nebo dva výměníky zajišťující ohřev nebo chlazení. Do jednotky je přiváděn čerstvý primární vzduch ze vzduchotechnické jednotky v množství potřebném pro větrání. Oběhový tzv. sekundární vzduch je pomocí indukce nasáván z místnosti indukční jednotkou, v níž se mísí s čerstvým vzduchem a dále se pak tepelně upravuje. [6]

##### b) Výhody a nevýhody

K výhodám patří právě výše zmiňovaná možnost regulace mikroklimatu jednotlivých místností. Systémy si nezískaly oblibu zejména pro vysokou hlučnost, která je zapříčiněna aerodynamickým hlukem v důsledku vysoké rychlosti primárního vzduchu a také pro náročnou regulaci mnoha výměníků rozptýlených v indukčních jednotkách. Technický pokrok v regulaci a umístění jednotek v podhledu tyto negativní jevy u moderních systémů zmírňuje. [6]



Obrázek 9: Princip fungování podlahové indukční jednotky [14]

#### 4.1.7 Kombinovaný klimatizační systém s fancoily

##### a) Popis systému

U tohoto systému je prvkem koncové tepelné úpravy vzduchu ventilátorový konvektor s typicky vodním výměníkem, tzv. fancoil. Tyto jednotky mohou pracovat pouze s oběhovým vzduchem nebo do nich lze zaústit přívod venkovního vzduchu. [6]

Fancoily jsou osazeny v každé z klimatizovaných místností budovy a čerstvý vzduch se do nich přivádí buď centrální vzduchotechnikou nebo je nasáván přímo z venkovního prostředí skrz obálku budovy. Oběhový vzduch je nasáván ventilátorem fancoilu z klimatizované místnosti do jeho směšovací komory, v níž se mísí s čerstvým vzduchem a dále se tepelně upravuje podobně, jako je tomu u indukčních jednotek. [6]

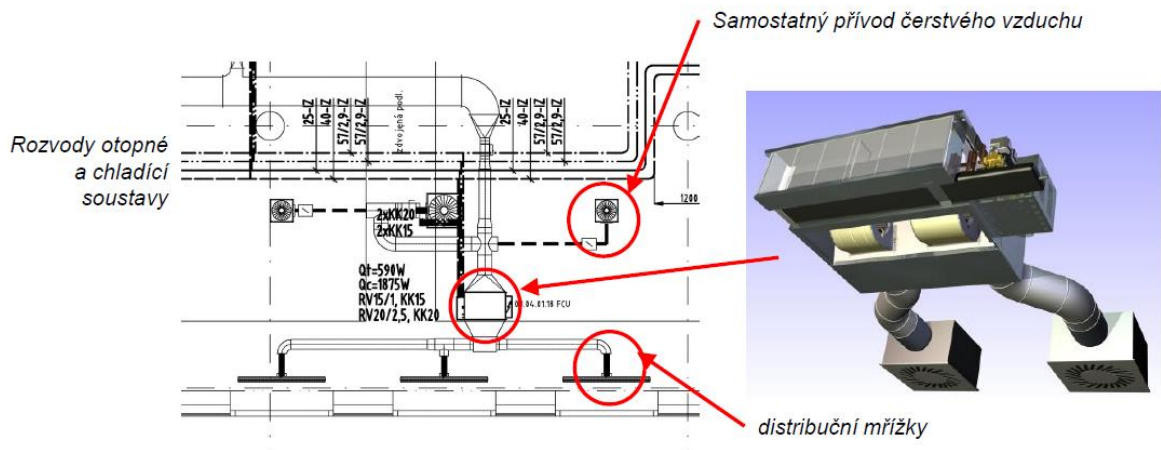
##### b) Výhody a nevýhody

Stejně jako u systému s indukčními jednotkami je zde největší výhodou možnost regulace parametrů přiváděného vzduchu jednotlivých místností nezávisle na místnostech ostatních. [6]

Nevýhodou je nutnost nepřetržitého provozu ventilátorů u fancoilů s přívodem čerstvého vzduchu potřebného pro větrání. A to proto, že v centrální vzduchotechnice většinou není potřebný tlak pro prostup vzduchu ventilátorem, který vytváří velkou tlakovou ztrátu při režimu vypnuto.

Tomuto problému je možné se vyhnout umístěním samostatných distribučních prvků pro větrání před nebo mimo ventilátorový konvektor a zajistit tak dostatečný průtok čerstvého vzduchu i v případě, že dodatečná úprava vzduchu v místnosti není potřeba.





Obrázek 10: Schéma zapojení do systému (vlevo), ventilátorový konvektor - fancoil (vpravo) [1]

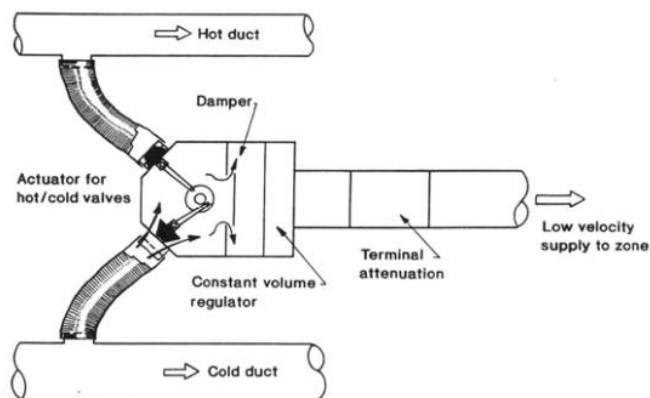
#### 4.1.8 Dvoukanálový systém

##### a) Popis systému

V případě tohoto systému probíhá v centrální jednotce základní příprava vzduchu na „střední stav“ podle provozních podmínek. Rozvod vzduchu je realizován v odděleném potrubí pro teplý a studený vzduch. V jednotlivých místnostech jsou osazeny jednotky, které směšují vzduch na požadované parametry. V letním provozu je využíváno hlavně studeného potrubí, v zimním období naopak teplého. [1]

##### b) Výhody a nevýhody

Použití tohoto systému je výhodné pro přechodné a zimní období a naopak se nevhodí pro letní provoz s vysokou tepelnou zátěží. Nevýhodou je pak vyšší hlučnost z důvodu vysokých rychlostí vzduchu v potrubí. [1]



Obrázek 11: Schéma koncové jednotky u dvoukanalového systému [1]

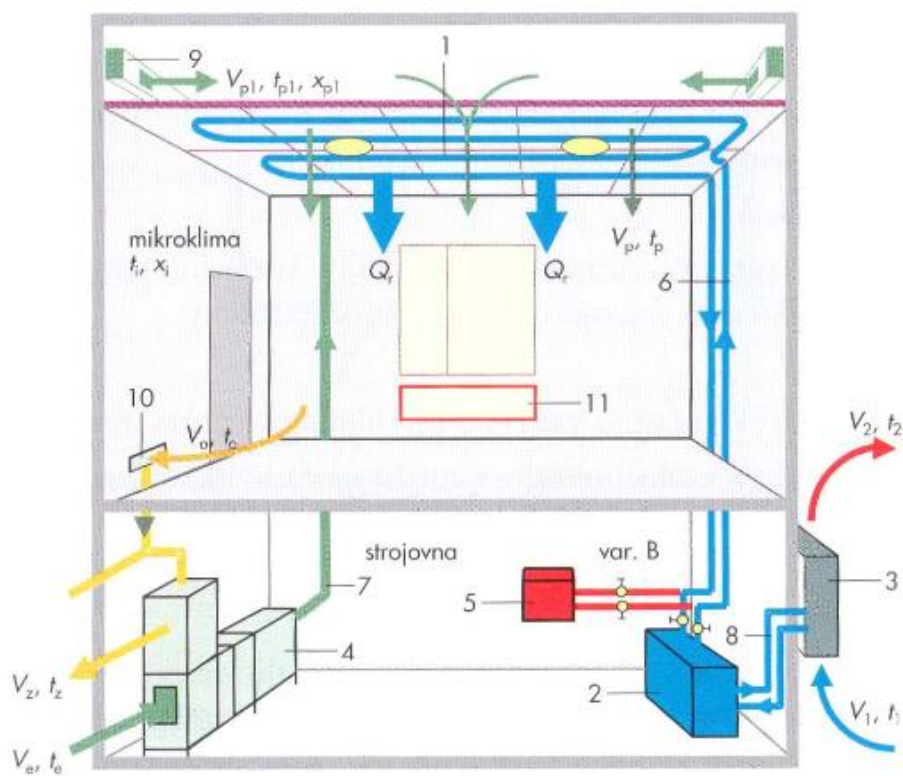
#### 4.1.9 Kombinovaný klimatizační systém s chladícími stropy

##### a) Popis systému

Systém osahující chladící strop představuje efektivní a komfortní systém klimatizace pro eliminaci vysoké tepelné zátěže místností plně klimatizovaných budov. Umožňuje účinné odvádění tepelné zátěže vodou proudící stropními panely, které tvoří výměníky tepla. Do místností se přivádí jen nutný průtok vnějšího vzduchu a jako distribuční prvky jsou vhodné velkoplošné výusti. [6]

##### b) Výhody a nevýhody

Malým průtokem se eliminuje pocit průvanu a hlučnost. Investiční a provozní náklady chladícího stropu jsou oproti klasickým vzduchovým systémům díky menším průtokům vzduchu nižší. Chladící strop může sloužit i k vytápění a lze jej kombinovat i s tepelným čerpadlem, díky teplotám teplotnosných látek (vytápění 30-38 °C, chlazení 16-20 °C). [6]



Obrázek 12: Schéma systému s chladícím stropem [6]

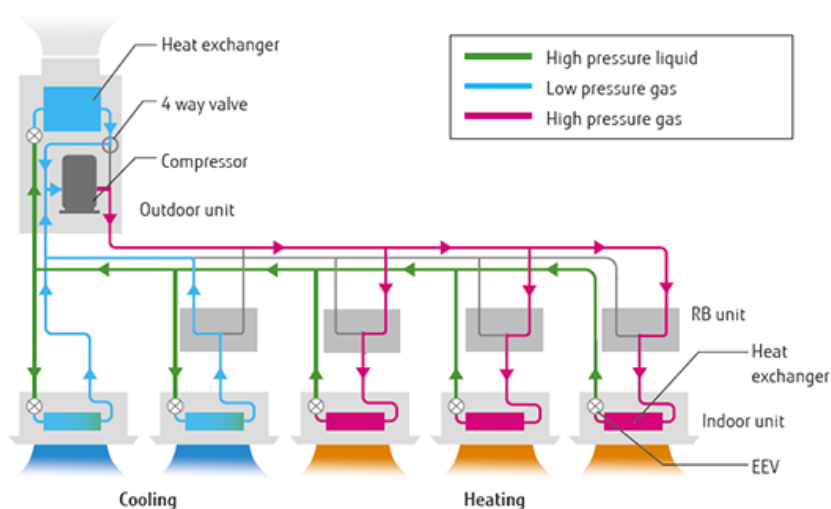
#### 4.1.10 Chladivové klimatizační systémy

##### a) Popis systému

Chladivové klimatizační systémy používají jako teplonosnou látku k přenosu tepelné energie chladivo, které umožňuje přenos tepla mezi klimatizovanou místností a zdrojem pomocí skupenských změn. Tyto systémy označované jako VRV/VRF mohou zajišťovat jak chlazení, tak vytápění daného prostoru. Skládají se z jedné nebo více venkovních jednotek a mnoha vnitřních jednotek. Vnější a vnitřní jednotky jsou vzájemně spojeny 2- nebo 3-trubkovou soustavou potrubí k cirkulaci chladiva. Čerstvý vzduch se do místnosti přivádí samostatným vzduchotechnickým systémem s vlastní distribucí vzduchu nebo se systémem rozvodu napojeným na vnitřní jednotky. [6] [15]

##### b) Výhody a nevýhody

Provozní náklady oproti systémům s vodními rozvody bývají nižší. 3-trubkové systémy mohou být využívány současně pro chlazení i vytápění a zároveň se odpadní teplo z klimatizování využije pro jednotky v režimu vytápění. Dokážou tedy například chladit serverovny a zároveň vytápět kanceláře s minimálními náklady. Tento systém přispívá k energetické rovnováze velkých budov, kdy např. jižní strana vyžaduje chlazení oproti severní části budovy, která potřebuje vzduch dohřát, aby se dosáhlo stejné teploty v celém objektu. [6] [15]



Obrázek 13: Schéma 3-trubkového VRF systému [15]

## 4.2 Typy nuceného větrání velkoprostorové kanceláře

Vzhledem k rozdílu velikosti mezi buňkovou a velkoprostorovou kanceláří je vhodné větrat tyto větší prostory pomocí centrálního systému vzduchotechniky.

Tudíž lze použít systémy pospané v kapitolách 4.1.4 až 4.1.10.

### 4.2.1 Personalizované větrání

Je známo mnoho způsobů distribuce, úpravy vzduchu a rekuperace energie, které zajišťují pracovní prostředí čisté a ekologicky méně náročné, ale tyto systémy mají určité limity, jako je např. větrání založené z větší části na směšování se znečištěným vzduchem. S tím souvisí poměrná neefektivnost celého systému. Pro dýchání by člověku mělo stačit kolem  $1 \text{ m}^3/\text{h}$ , avšak dnešní hodnoty pro směšované větrání se podle činnosti pohybují od 25 do  $90 \text{ m}^3/\text{h}$  na osobu. [5] [16]

#### a) Popis systému

Princip personalizovaného větrání vznikl za účelem vdechování, co nejčistšího vzduchu a z důvodu snížení spotřeby energie pro úpravu i distribuci vzduchu. Oproti výše zmíněným způsobům větrání, které jsou používány k výměně vzduchu v celém objemu místnosti, se tento typ soustředí na přívod vzduchu individuálně přímo k uživateli. [16]

Co nejefektivnější distribuce vzduchu je docíleno pomocí vhodného rozmístění výústek, např. implementováním distribučních prvků v nábytku nebo využitím přenosného personálního zařízení jako je mikrofon headsetu či ochranný oblek a přivádět vzduch skrze ně. [16]

## b) Výhody a nevýhody

Personalizované větrání nabízí bezesporu mnoho výhod. Velké plus je zajištění vyššího uživatelského komfortu, protože k uživateli proudí čerstvý vzduch ještě nesmísený se škodlivinami. Dále je možné ovládat větrací systém dle aktuálních potřeb, měnících se v průběhu pracovní doby, kdy je systém schopen na změnu reagovat velmi rychle. [16]

Vzhledem k přímé distribuci vzduchu je další výhodou snížené riziko přenosu chorob v místnosti, jelikož uživatel dýchá čerstvý upravený vzduch a znečištěný vzduch je odváděn centrální vzduchotechnikou jako v případě vytěšňování. [16]

Poslední výhodou je úspora energie spojená s větráním. V první řadě dojde ke snížení množství větracího vzduchu na osobu díky jeho efektivnější distribuci. Dále se může zachovat vyšší teplota v interiéru v horkých obdobích, protože uživatel cítí nesmísený čerstvý vzduch jako chladnější. A nakonec je možné přizpůsobit množství větracího vzduchu podle obsazenosti pracoviště. [16]

I přes tyto kladné skutečnosti má personalizované větrání zásadní limity jako jsou obtížnější a nákladnější technologická řešení a nízká podpora v projekčních manuálech a legislativě. [16]



Obrázek 14: Přívod vzduchu pomocí vyústky v nábytku [17]

## 5 Závěr

Zvolený systém pro projekt větrání administrativní budovy byl navržen s ohledem na poznatky zjištěné v této studii. Navržený typ větrání a doporučený systém chlazení zohledňuje konstrukční a provozní podmínky objektu. Větrací systém splňuje požadavky aktuálních předpisů a norem a měl by vytvářet požadovaný uživatelský komfort uvnitř objektu.

## 6 Seznam obrázků

Obrázek 1: Směšovací větrání [9] .....	15
Obrázek 2: Zaplavovací větrání [10].....	16
Obrázek 3: Vytěšňovací větrání (vlevo i vpravo) [8].....	16
Obrázek 4: Schéma přívodní větrací jednotky s ohřivačem [1].....	18
Obrázek 5: Funkční schéma protiproudového rekuperačního výměníku [13] .....	19
Obrázek 6: Schéma větrací jednotky [1].....	20
Obrázek 7: Schéma klimatizační jednotky [1] .....	21
Obrázek 8: Schéma uspořádání centrálního systému větrání s VAV boxy [1] .....	22
Obrázek 9: Princip fungování podlahové indukční jednotky [14] .....	23
Obrázek 10: Schéma zapojení do systému (vlevo), fancoil (vpravo) [1] .....	25
Obrázek 11: Schéma koncové jednotky u dvoukanalového systému [1].....	25
Obrázek 12: Schéma systému s chladícím stropem [6] .....	26
Obrázek 13: Schéma 3-trubkového VRF systému [15] .....	27
Obrázek 14: Přívod vzduchu pomocí vyústky v nábytku [17].....	29

## 7 Seznam tabulek

Tab. 1: Požadavky na výslednou teplotu kulového teploměru [4] .....	10
Tab. 2: Rychlost proudění vzduchu v obytných místnostech [4] .....	10
Tab. 3: Relativní vlhkost vzduchu v obytných místnostech [4] .....	10
Tab. 4: Teploty a množství odváděného vzduchu pro hygienická zařízení u obytných místností [4] .....	10
Tab. 5: Limitní hodinová koncentrace chemických ukazatelů a prachu ve vnitřním prostředí staveb [4].....	11

## 8 Seznam použitých zdrojů

- [1] ADAMOVSKEÝ, Daniel. *Podklady k předmětu Technická zařízení budov 02*. ČVUT, Fsv: Katedra technických zařízení budov, b.r.
- [2] BARDODĚJ, Zdeněk. *Chemie v hygieně a toxikologii*. LFH UK. Praha, 1988.
- [3] Formaldehyd. *Wikipedia* [online]. b.r. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Formaldehyd>
- [4] *Vyhláška č. 6/2003 Sb.: Vyhláška, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb*. In: . 2003, ročník 2003, číslo 6.
- [5] *Nariženi vlády č. 361/2007 Sb.: Nariženi vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci*. In: . 2007, číslo 361.
- [6] GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. Brno: ERA, 2005. Technická knihovna (ERA). ISBN 80-736-6027-X.
- [7] PAPEŽ, Karel. *Energetické a ekologické systémy budov 2: vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03622-8.
- [8] ZMRHAL, Vladimír a Miloš LAIN. *Prvky větracích a klimatizačních zařízení (II) - I. část: Distribuce vzduchu* [online]. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí, b.r. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vzduchotechnicka-zarizeni/4077-prvky-vetracich-a-klimatizacnich-zarizeni-ii-1-cast>
- [9] *Rw-gebaeudetechnik* [online]. b.r. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: [http://www.rw-gebaeudetechnik.de/en/images/system\\_bauer.png](http://www.rw-gebaeudetechnik.de/en/images/system_bauer.png)
- [10] *Displacement Ventilation: The green age* [online]. b.r. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://www.thegreenage.co.uk/wp-content/uploads/2015/10/Untitled.png>
- [11] *ČSN 73 5305: Administrativní budovy a prosotry*. Český normalizační institut. 2005.
- [12] *Centrum úsporného větrání: Větrání kanceláře* [online]. b.r. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://www.centrum-usporneho-vetrani.cz/vetrani-kancelare>



- [13 ZIKÁN, Zdeněk. *Zpětné získávání tepla a větrání objektů* [online]. b.r. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>
- [14 CHYBA, A. *Centrální nebo lokální klimatizace* [online]. b.r. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/3522-centralni-nebo-lokalni-klimatizace>
- [15 *Advanced cooling and heating system: Typická struktura VRF systému* [online]. b.r. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://achs.cz/dodavane-technologie/klimatizace/vrf-klimatizace/>
- [16 MAZANEC, Vojtěch a Karel KABELE. *Personalizované větrání openspace kanceláří* [online]. ČVUT v Praze, Katedra technických zařízení budov, b.r. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/16723-personalizovane-vetrani-openspace-kancelari>
- [17 *Zero energy building: Personalized ventilation* [online]. b.r. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://www.bca.gov.sg/zeb/officeoffuture.html>