

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

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**PROJEKT VZDUCHOTECHNIKY  
BYTOVÉHO DOMU**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Bc. LENKA BENDO VÁ**

**Vedoucí diplomové práce:                      doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.**

**2017/2018**



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Bendová Jméno: Lenka Osobní číslo: 409618

Zadávací katedra: K125 Technická zařízení budov

Studijní program: Inteligentní budovy

Studijní obor: Inteligentní budovy

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Projekt vzduchotechniky bytového domu

Název diplomové práce anglicky: Air conditioning of the apartment building

Pokyny pro vypracování:

Projekt větrání zadaného bytového domu - projektová dokumentace se základními výpočty, výkresy a technickou zprávou.

Studie na téma regulace větrání bytového objektu

Seznam doporučené literatury:

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

Gebauer, Gunter: Vzduchotechnika. Era 2007. ISBN 8073660918

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

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

Datum zadání diplomové práce: 1.3.2018 Termín odevzdání diplomové práce: 20.5.2018

*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 diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.*

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

# **PROHLÁŠENÍ**

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

V Praze dne 20.5.2018

# PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat zejména vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Michalovi Kabrhelovi Ph.D. za cenné rady, ochotu, trpělivost a příjemný přístup při vedení mé diplomové práce. Velice si cením všech praktických rad, ochoty protáhnout konzultační hodiny podle potřeb studentů a trpělivosti při vývoji mého projektu.

Dále bych ráda poděkovala katedře Technických zařízení budov za zprostředkování výuky, kterou jsem za celá studijní léta dostala. Bude nadále mou oporou a pomocí i v následujících letech.

V neposlední řadě chci poděkovat své rodině a přátelům za podporu a pomoc v průběhu mého studia a diplomové práce.

# Abstrakt

Diplomová práce se zabývá vzduchotechnikou bytových domů. Práce se skládá ze dvou částí. První část je složena z projektu vzduchotechniky bytového domu a tu doplňuje druhá textová část popisující regulaci vzduchotechniky v bytových domech. Projekt bytového domu tedy řeší rovnotlaké větrání bytových jednotek. Obsahuje technické výkresy, technickou zprávu s nutnými přílohami a 3D schémata řešení vzduchotechniky pro lepší představu provedení. Studie regulace větrání je nejdříve pojata obecně pro bytové domy a dále shrnuta na konkrétním případu z první části projektu. Cílem této diplomové práce je návrh optimálního větrání a jeho regulace.

## Klíčová slova

vzduchotechnika, bytový dům, centrální větrání, regulace, zpětné získávání tepla, regulátor, objemový průtok, teplota vzduchu, protimrazová ochrana, zónové větrání

# Abstract

The Diploma thesis deals with an air ventilation of an apartment building. Thesis consists of two parts. The first part is about the project of ventilation of the apartment building and the second part completes the first one with description of the regulation of ventilation in apartment buildings. The project is dealing with balanced system of ventilation in apartment units. It includes technical drawings, a technical report with necessary attachments and 3D HVAC system schemes for a better understanding. The study of the regulation is being written in objective way and is summarized on a specific example from the first part of the project. The goal of this Diploma thesis is the design of optimal ventilation and its own regulation.

## Keywords

Ventilation, apartment building, central ventilation, regulation, heat recuperation, regulator, volume flow, air temperature, frost protection, zone ventilation

# Obsah

Úvod .....	6
1 Regulace obecně .....	7
1.1 Regulace a její význam .....	7
1.2 Ovládání a regulace .....	7
1.3 Druhy regulace .....	8
2 Regulované soustavy .....	8
2.1 Regulace ventilátorů .....	8
2.1.1 Regulace škrcením .....	9
2.1.2 Regulace natáčením rotorových lopatek .....	9
2.1.3 Regulace změnou otáček .....	9
2.1.4 Porovnání regulací .....	10
2.2 Regulátory objemového průtoku .....	10
2.2.1 Regulátor konstantního průtoku vzduchu .....	10
2.2.2 Regulátor variabilního průtoku vzduchu .....	10
2.3 Regulace teploty vzduchu .....	11
2.3.1 Regulace ohřevu vzduchu .....	11
2.3.2 Regulace směšování .....	12
2.3.3 Regulace zpětného získávání tepla .....	13
2.4 Regulace a protimrazová ochrana .....	15
2.4.1 Protimrazová ochrana a ZZT .....	15
2.4.2 Regulace uzavřeného okruhu teplotnosné látky .....	16
2.4.3 Monitorování námrazy .....	17
3 Zónované větrání v bytovém domě .....	19
3.1 Dvouzónová regulace .....	19
3.1.1 Senzor CO <sub>2</sub> .....	20
3.1.2 Senzor vlhkosti .....	20
4 Druhy větrání a jejich regulace .....	21
4.1 Hybridní větrání .....	21
4.1.1 Přívodní prvky .....	21
4.1.2 Centrální podtlakový systém hybridního větrání .....	22
4.1.3 Decentrální podtlakový systém hybridního větrání .....	22

4.2	Nucené větrání.....	23
4.2.1	Centrální systém nuceného větrání .....	23
4.2.2	Decentrální systém nuceného větrání .....	23
5	Regulace bytového domu v Lounech .....	24
6	Závěr.....	26
	Zdroje .....	27
	Seznam obrázků .....	29
	Seznam tabulek.....	29

# Úvod

S problematikou větrání v bytových domech se setkáváme v posledních letech velmi často. Vlastníci a nájemníci bytů si často stěžují na vznik plísní nebo dalších vlhkostních problémů ve svých bytech. Hlavní příčinou není však špatný návrh konstrukcí (pokud je tedy budova navržena správně), ale nedostatečné přirozené větrání. Lidé často nejsou informováni nebo to ani není v jejich silách průběžně větrat přirozeným způsobem. V dnešní době máme velice těsná okna, která nedovolí odvod ani přívod vzduchu, tedy při uzavřených oknech je výměna vzduchu téměř nulová. Vlhkost tedy zůstává v bytových jednotkách a dělá problémy. Ještě větší nárok na větrání má nově postavený dům, jehož konstrukce jsou ještě stále plny vlhkosti, která se dostává ven.

Otázkou tedy je, jakým způsobem řešit tuto problematiku. Tato diplomová práce je jedna z několika řešení a tím je rovnotlaké centrální větrání. Jde o vzduchotechniku s ohledem na bydlení a úsporu energií. Pro lepší vizuální představivost byl projekt i převeden do jednoduché 3D verze.

Projekt diplomové práce vychází z podkladů bytového domu, který je jedním z nových výstaveb bytových domů v jihovýchodní části Loun kolem Zeleného náměstí. Tento objekt je jedním z nejdéle stojících domů, v této oblasti probíhají stavby dalších a vyspělejších budov.

Součástí moderního větrání je bezprostředně regulace, kterou se diplomová práce zabývá v této textové části. Jak již bylo zmíněno, vzduchotechnika je zavedena zejména z důvodu správného způsobu větrání. To je zařízeno právě regulací, která automaticky řídí průtok a množství vzduchu podle zadaných parametrů. Je zde možnost manuálního ovládání; ta je však spojena s kontrolou regulátorů.



# 1 Regulace obecně

## 1.1 Regulace a její význam

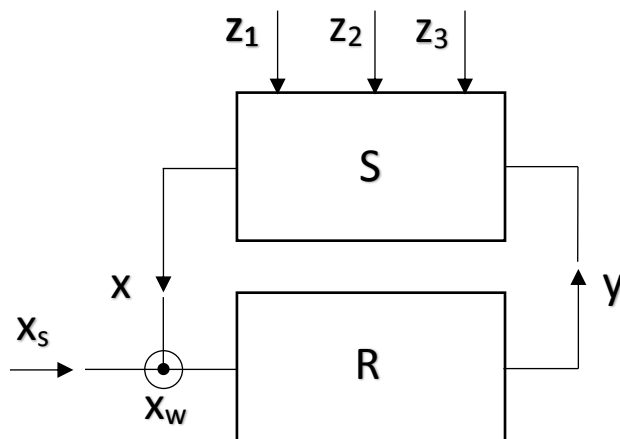
V našem moderním světě je téma „regulace“ čím dál tím častější. Vzhledem k růstu modernizace našich technologií zde vzniká i další tlak v ohledu na ekonomiku, ekologii a celkovou pohodu pro lidský život. Můžeme navrhovat výkonnější vzduchotechnické jednotky nebo izolovat potrubí. Avšak hlavní ekonomické řešení celkového nuceného větrání v bytovém domě (v podstatě v jakékoli budově) je však *regulace*. To je ovšem bráno pouze pokud je projekt navržen správně. Předimenzované/poddimenzované potrubí nebo vzduchotechnickou jednotku samotná regulace již těžko zachraňuje.

V celém vzduchotechnickém systému je velké množství možností regulace. Například regulací teploty vzduchu můžeme zajistit tepelnou pohodu člověka, regulací průtoku vzduchu je zajištěn stálý průtok nezávisle na poklesu tlaku a další. [1][6] Tyto regulace jsou zde však důležité i z ekonomického hlediska – regulace teploty určuje výkon ohříváče, regulace průtoku vzduchu určuje výkon ventilátorů a množství tepelných ztrát větráním. Jednoduše řečeno je zde regulace pro správný chod a ekonomickou úsporu řešeného projektu.

## 1.2 Ovládání a regulace

Na první pohled by se zdálo, že „ovládání“ a „regulace“ je jedno a to samé. Oba procesy mají svůj vlastní obvod řízení, kde měří svou danou veličinu. Mají však jeden zásadní rozdíl. Regulační obvod je uzavřený regulační obvod (viz. obr. 1), zatímco ovládání má otevřený obvod řízení (viz. obr. 2). Definice těchto obvodů je taková:

*„Uzavřený regulační obvod je takový, v němž se měří odchylky od žádané hodnoty regulované veličiny a vede se informace o změřené odchylce zpět k zařízení, kterým se řídí výkon řízené veličiny tak, aby se odchylka zmenšila.“ [3]*

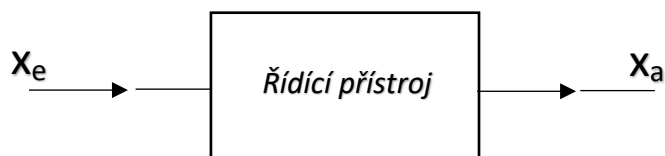


Obr. 1 - Blokové schéma regulačního obvodu [7]

$S$  – regulovaná soustava  
 $R$  – regulační zařízení  
 $x$  – regulovaná veličina  
 $y$  – akční veličina

$z$  – poruchové veličiny  
 $x_s$  – požadovaná hodnota  
 $x_w = x_r - x_s$  – regulační odchylka

**„Otevřený obvod řízení nemůže využívat záporné zpětné vazby od regulované veličiny, řídí však řízenou veličinu podle předem stanoveného způsobu.“ [3]**



Obr. 2 - Blokové schéma řízení ovládání (otevřený obvod) [7]

$x_e$  – vstupní veličina

$x_a$  – výstupní veličina

Tedy při ovládání nejsou ovlivňovány vstupní veličiny výstupními. Výhoda otevřeného obvodu řízení je taková, že nemůže dojít k nestabilitě. Jednoduše se hodnoty upraví podle zadaného způsobu bez jakékoli zpětné vazby. V uzavřeném regulačním obvodu však hodnoty nezůstávají konstantní vzhledem k proměně vnějších vlivů (např. tepelné zisky). [4] [7]

### 1.3 Druhy regulace

Jsou různé druhy regulací, které se dělí podle nastavení, hodnot a časových intervalů. Základní druhy regulace známe:

- *Na konstantní hodnotu* – regulovaná veličina zůstává konstantní, tedy se nemění [3]
- *S pro měnnou nastavenou hodnotou* – je v podstatě opak výše uvedené regulace, kde se podle dalších způsobů regulační veličina mění. Tato regulace se dále dělí na:
  - *Ruční*
  - *Programová* (má předepsanou funkci, např. noc-den)
  - *Vlečná* (má zvolenou nezávislou proměnnou veličinu, např. změnu teploty v místnosti podle venkovní teploty) [3]
- *Spojité* – všechny členy regulátoru pracují neustále [3]
- *Nespojitá* – nějaký z členů regulátoru pracuje v kratších intervalech, např. přenáší signál jen v předem daném časovém intervalu nebo po dosažení nějaké hodnoty. [3]

Všechny druhy regulace jsou možné dle složitosti systému a velikosti bytového domu.

## 2 Regulované soustavy

Regulované soustavy jsou prvky vzduchotechnického zařízení, které se zúčastní regulačního pochodu a jsou vymezeny v regulačním obvodu akčním členem a čidlem regulátoru. Mezi prvky soustavy patří regulační klapky, ventily, směšovače, ohřívače, vzduchovody apod. [5]

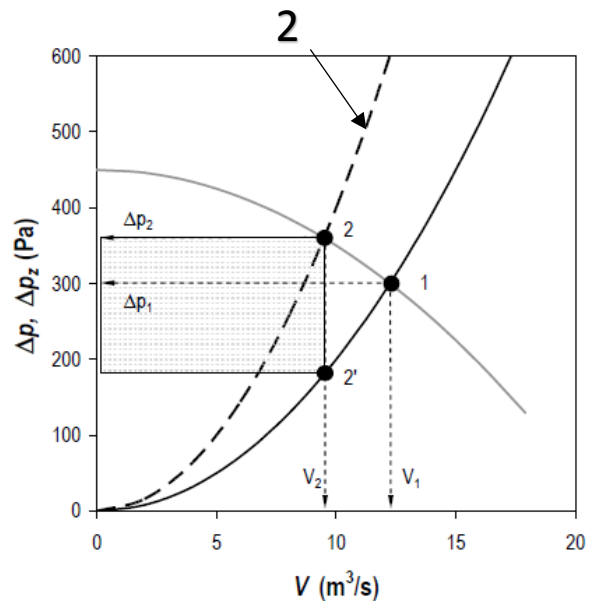
### 2.1 Regulace ventilátorů

Reguluje se zde výkon ventilátorů, kde se dále ovlivňují aerodynamické parametry ventilátoru pro změnu průtoku a tlaku. Nejčastěji se používá regulace škrcením ve výtlačku, natáčením rotorových lopatek nebo změnou otáček ventilátoru. [8][9]

### 2.1.1 Regulace škrcením

Provádí se nejčastěji klapkami za konstantních otáček ventilátoru. Klapky se dávají před nebo za ventilátor. Při zmenšení průtoku dojde k tlakové ztrátě  $\Delta p$ . Ve výtlaku se uměle zvětšuje odpor výstupního dopravního traktu a tím tedy dojde ke změně charakteristiky potrubní sítě. Zvyšuje se příkon ventilátoru a dojde ke změně pracovního bodu ventilátoru, který naznačuje křivka 2 (viz. obr. 3). Výkon, který zmaří je:  $\Delta P = V_2 \cdot (\Delta p_2 - \Delta p_2')$

Jde tedy o regulaci ztrátovou. [8] [9]



Obr. 3 - Regulace ventilátoru škrcením s naznačením zmařeného výkonu [9]

### 2.1.2 Regulace natáčením rotorových lopatek

Natočení lopatek způsobí změnu charakteristiky ventilátoru, kde se snižuje dopravní tlak. Tato regulace se používá pro axiální a radiální ventilátory. V sání radiálního ventilátoru s dozadu zahnutými lopatkami opět dochází ke změně charakteristiky ventilátoru a pracovního bodu ventilátoru. Natáčení lopatek je ve směru shodném s otáčením oběžného kola. Tlaková charakteristika axiálních ventilátorů se liší od charakteristiky radiálních ventilátorů, a to zejména v oblasti nízkých průtoků. Axiální ventilátory se spíše používají pro větší průtoky vzduchu nebo náročnější aplikace jako jsou aerodynamické tunely. Je tomu zejména proto, že konstrukčně je taková regulace složitá a drahá. [8][9]

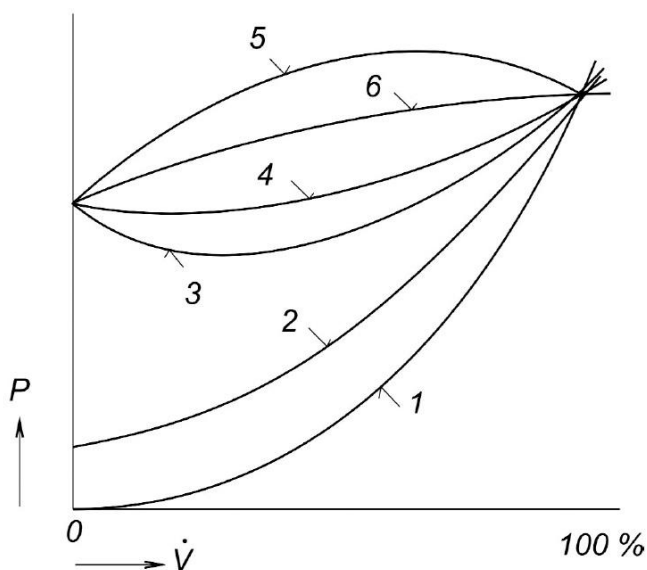
### 2.1.3 Regulace změnou otáček

Tato regulace patří mezi nejhospodárnější regulace. Změna otáček mění polohu charakteristiky ventilátoru, ale zachovává se charakteristika potrubní sítě. Existuje více možností, jak měnit otáčky motoru a to jsou:

- a) *Víceotáčkové motory* – Využívají se zpravidla dvou- nebo tří-otáčkové motory. Změna je uskutečňována skokově. [9]
- b) *Napěťová regulace* – Je založena na změně napětí a je vhodná pro ventilátory o nižších výkonech. [9]
- c) *Kmitočtová regulace* – Optimální regulace. Jedná se o plynulou regulaci výkonu, která umožňuje regulovat průtok vzduchu v plném rozsahu. Je vhodná pro vyšší výkony ventilátorů. [9]
- d) *Ventilátory s el. komutovaným motorem* – Má možnost regulace otáček a změny vzduchového výkonu podle potřeby. [9]

### 2.1.4 Porovnání regulací

Z výše uvedených informací jsme tedy zjistili, že příkon ventilátoru závisí na průtoku vzduchu. Na následujícím obrázku můžeme vidět porovnání různých způsobů regulace.



Obr. 4 - Závislost příkonu ventilátoru  $P$  při částečných průtocích  $V$  a při různých způsobech regulace [8]

1 – změna otáček, 2 – natáčení oběžných lopatek (axiální ventilátory), 3 – změna průtočného průřezu oběžného kola (radiální ventilátory), 4 – aerodynamická, 5 – škrcení ve výtlaku, 6 – škrcení v sání

## 2.2 Regulátory objemového průtoku

„Regulátor objemového průtoku (ROP) zajišťuje, aby nebyl překročen požadovaný průtok nezávisle na poklesu tlaku. U ROP se pracovní tlak přivádí k regulační membráně jako skutečná hodnota odpovídající průtoku.“ [2]

Regulátory jsou samočinné a dělí se na regulátory s konstantním průtokem vzduchu nebo s variabilním průtokem vzduchu. Využívají se regulátory, které regulují jak tlakovou diferenci, tak i objemový průtok. [2]

### 2.2.1 Regulátor konstantního průtoku vzduchu

Jsou určeny pro systémy přívodu nebo odvodu vzduchu. Mohou být instalovány v potrubí ve vodorovné či svislé poloze. Není potřeba je připojovat k externím zdrojům energie. „Aerodynamické síly působící na list regulátoru vlivem proudění jsou vyrovnávány ovládacím zařízením nastaveným dle požadovaného průtoku.“ [10]

Takový typický regulátor se skládá z: tělesa regulátoru, regulační klapky a ovládacího zařízení. Ovládací zařízení je opatřeno stupnicí, kde pomocí páky s ukazatelem na stupnici se nastaví požadovaný průtok. [10]

### 2.2.2 Regulátor variabilního průtoku vzduchu

Je určen pro systémy s proměnlivým průtokem přiváděného nebo odváděného vzduchu. Požadované množství vzduchu může být měněno dle potřeb, tedy je dodáváný vzduch proměnný v čase. Výhoda takového regulátoru je právě v zajištění individuálních

požadavků v bytovém domě a komfortu prostředí v bytech. Jde o ekonomičtější řízení systému. Regulátor se skládá podobně jako výše zmíněný regulátor z tělesa regulátoru a regulační klapky. Je zde však přidána tlaková sonda a servopohon pro ovládání regulační klapky. Tento prvek tedy reguluje nejen průtok vzduchu, ale i tlak v potrubí a v místnostech. [11]

## 2.3 Regulace teploty vzduchu

Vzhledem k tomu, že se zaměřujeme pouze na větrání bytových domů, budeme se zabývat pouze s ohřevem vzduchu na požadovanou teplotu v místnostech bez teplovzdušného vytápění či chlazení. Ohřev vzduchu bude tedy použit pouze pro dosažení požadované teploty v interiéru. Využívá se tak zejména ohřivač. V dnešní době jsme také začali využívat tepla ze zpětného potrubí buď směšováním zpětného a venkovního vzduchu nebo zpětným získáváním tepla (ZZT), kde odpadní vzduch předává teplo venkovnímu vzduchu přes výměník. Ohřivač pak může mít sekundární využití pro dohřev vzduchu na požadovanou teplotu.

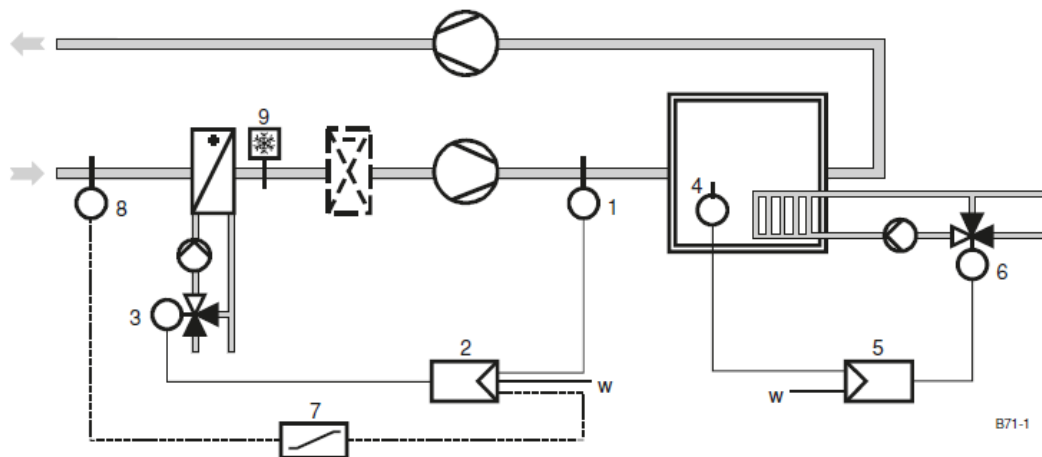
### 2.3.1 Regulace ohřevu vzduchu

V tomto případě se budeme soustředit pouze na ohřev přiváděného vzduchu na požadovanou teplotu v bytech, jak již bylo zmíněno. Pracuje se tedy pouze s venkovním vzduchem a vytápění zařizuje otopná soustava instalována v bytovém domě, která pokrývá tepelné ztráty v bytech. [1]

Dejme tomu, že nastavená teplota, na kterou má ohřivač vzduch ohřát, je 20 °C. Pro takový systém se většinou navrhuje ekvitermní regulace s teplotním čidlem v přívodním potrubí. Při odchylce mezi požadovanou teplotou a teplotou změřenou čidlem v přívodním potrubí vydá regulátor povel pohonu ventilu ohřivače. Ten se dále postará o ohřev vzduchu na požadovanou teplotu. Ohřivač musí být správně navržen, aby dokázal ohřát požadovaný průtok vzduchu i při velmi nízkých teplotách. Za ventilátorem je pak osazeno další teplotní čidlo pro kontrolu a případné odchylky. [1] Ohřivač je vypnut v momentě, kdy je venkovní teplota vzduchu vyšší, než je teplota požadovaná. Ve stejném případě také dojde k vypnutí ohřivače, pokud je v interiéru vyšší teplota, než je teplota požadována, a není zde nutný přívod hygienického minima (koncentrace CO<sub>2</sub> je menší než 1 200 ppm). V opačných případech se ohřivač zapne. Ohřivače rozdělujeme na vodní, parní, elektrické a chladiivé. Nejvyužívanější ohřivače jsou vodní. [12]

Vodní ohřivače (viz. obr 5) pracují na principu průtoku teplé vody (se spádem 55/45 °C) ve výměníku. Přes teplosměnnou plochu předává teplo proudícímu vzduchu. Výkon ohřivače se tedy musí regulovat pomocí trojcestného ventilu, na kterém je umístěn servopohon, který směšuje vodu podle pokynů regulátoru. Tato regulační smyčka může mít různé typy regulátorů (P, PI nebo PID). [12]

Pro tento případ by byl zřejmě nejlepší regulátor PI, který odstraní trvalé regulační odchylky. Toto je více problematické u regulátoru P. [12]



Obr. 5 - Schéma regulace vodního ohřivače [6]

1 – teplotní čidlo, 2 – regulátor teploty, 3 – ventil, 4 – teplotní čidlo v místnosti, 5 – regulátor teploty pro místnost, 6 – ventil, 7 – regulátor řazení teploty přívodního vzduchu, 8 – teplotní čidlo pro venkovní vzduch, 9 – Ochrana proti zamrznutí

### 2.3.2 Regulace směšování

*„Mixing of warm exhaust air from the conditioned space can considerably reduce heat energy consumption in winter in comparison to operation with outside air only.“ [6]*

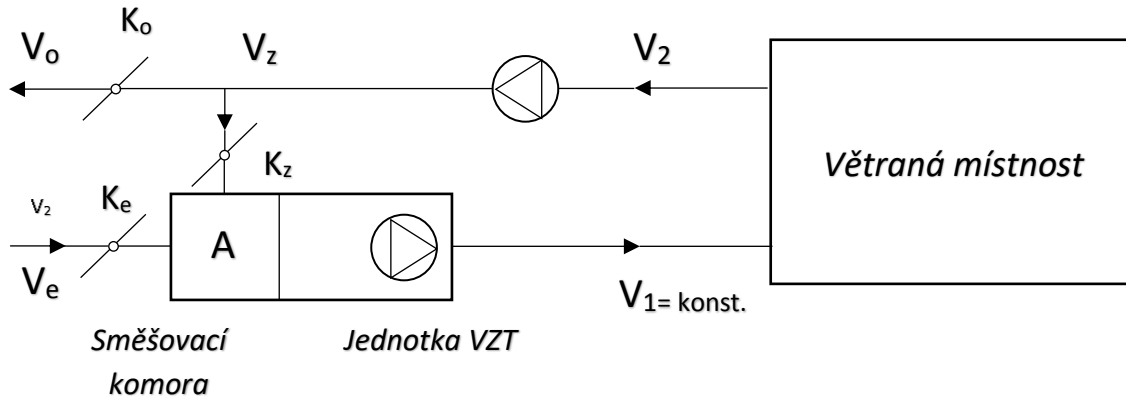
Překlad: *„Směšování teplého odpadního vzduchu z upraveného prostoru může značně snížit spotřebu energie pro ohřev v zimě v porovnání s obsluhou vzduchu pouze z exteriéru.“*

Ve vzduchotechnice se pro regulaci směšování používají tři řízené klapky venkovního, odpadního a zpětného vzduchu (viz. obr. 6). To umožňuje řídit směšovací poměr venkovního a zpětného vzduchu. [4] Můžeme rozlišovat regulace pro různá kritéria a to jsou:

- *Konstantní směšování* – tento princip je nejjednodušší model směšování, kde jsou klapky rozdělené do předem daných poloh a vzduch se v zadaném poměru promíchává [6]
- *Manuální* – v tomto případě se zvýší nebo sníží požadované množství cirkulovaného vzduchu kontinuálně pomocí nastavovacího potenciometru. Z hlediska spotřeby energie se však tento typ kontroly nedoporučuje, jelikož se snižuje množství venkovního vzduchu i v případě, když je místnost náhle více obsazena. [6]
- *Směšování závisící na venkovní teplotě* – množství přívodu venkovního vzduchu závisí na venkovní teplotě, tedy při ideálních venkovních teplotách se poměr venkovního vzduchu zvětší [6]

Na klapce pro venkovní vzduch závisí počet lidí v bytech, tedy na koncentraci CO<sub>2</sub> a požadavku hygienického minima. Klapka v odvodní větvi a klapka v cirkulační větvi reguluje průtok vzduchu v cirkulační větvi od 0 do 100 %. Natočení klapek je řízeno pomocí servopohonu. [12]

„K udržení celkového průtoku přiváděného vzduchu na konstantní hodnotě ( $V_1 = \text{konst.}$ ), musí klapka zpětného vzduchu – zcela otevřená – škrcením vyrovnat tlakový rozdíl mezi rozdělovací a směšovací komorou  $\Delta p_z$ “ [4]



Obr. 6 - Osazení klapek v potrubí [4]

$V_e$  – přívodní potrubí (venkovní vzduch),  $K_e$  – klapka venkovn. potrubí,  $V_o$  – odpadní potrubí,  $K_o$  – klapka odpad. potrubí,  $V_z$  – cirkulace,  $K_z$  – klapka cirkulač. potrubí,  $V_1$  – přiváděný vzduch,  $V_2$  – odváděný vzduch

### 2.3.3 Regulace zpětného získávání tepla

„Zpětné získávání tepla je využití energie obsažené ve vzduchu odváděném z budovy (nebo procesu). Na ZZT se považuje využití oběhového vzduchu.“ [14]

Teplo mezi vratným a venkovním vzduchem se předává přes výměník. Nejčastější typy takových výměníků jsou regenerační a rekuperační výměníky. Výměníky jsou více popsány níže. [12]

#### REKUPERAČNÍ VÝMĚNÍKY [12][14]

- a) Přímá výměna tepla přes teplosměnnou plochu
- b) Výměna tepla přes pomocnou tekutinu
  - Přenáší teplo citelné
  - PŘ: deskové, trubkové, lamelové výměníky apod.

#### REGENERAČNÍ VÝMĚNÍKY [12][14]

- a) Akumulační hmota mění polohu, ale směr proudění vzduchu je stálý
- b) Akumulační hmota je ve stálé poloze, ale mění se směr proudění vzduchu
  - Přenáší teplo citelné i vázané
  - PŘ: rotační nebo přepínací výměníky

Jednoduše řečeno regenerační výměníky obsahují akumulaci hmotu, do které se teplo akumuluje, zatímco rekuperační výměníky předávají teplo přímo přes stěnu výměníku.

### 2.3.3.1 Teplotní faktor ZZT

Teplotní faktor udává poměr teplotního rozdílu na dané straně výměníku (ohřívaného vzduchu) k maximálnímu rozdílu teplot. Tato definice tedy umožňuje výpočet teploty ohřívaného venkovního vzduchu za výměníkem  $t_{e2}$ . [14]

Vzorec pro teplotní faktor na přívodní straně tedy je:

$$\Phi = \frac{t_{e2} - t_{e1}}{t_{o1} - t_{e1}}$$

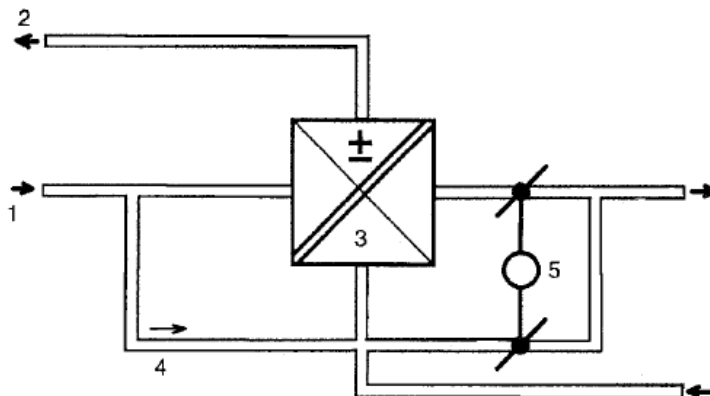
Vzorec pro teplotní faktor na odvodní straně tedy je:

$$\Phi = \frac{t_{o1} - t_{o2}}{t_{o1} - t_{e1}}$$

Kde  $t_{e2}$  je teplota vzduchu za výměníkem,  $t_{e1}$  je teplota venkovního vzduchu,  $t_{o1}$  je teplota vzduchu odváděného z prostoru a  $t_{o2}$  je teplota odpadního vzduchu. [14]

### 2.3.3.2 Řízení zpětného získávání tepla

Oba druhy výměníků mají svoji vlastní regulaci. Jednodušší regulace je pro výměník regenerační, ve kterém dochází pouze ke zrychlení nebo zpomalení otáčení kola, které přenáší teplo. Oproti tomu výměník rekuperační se musí řešit obtokem (bypass) s uzavírací klapkou (viz. obr. 7) tak, aby bylo možné výměník na přívodní straně odstavit. Například k tomu dochází v letním období, kdy je teplota venkovního vzduchu nižší než teplota v místnostech. Správné stanovení velikosti potrubí obtoku a instalace klapek rozhoduje o dobré regulovatelnosti systému. [12][14][2]



Obr. 7 - Regulace s využitím obtoku pro venkovní vzduch [2]

- 1 - čerstvý venkovní vzduch,
- 2 - vypouštěný vzduch do okolí,
- 3 - rekuperační výměník pro ZZT,
- 5 - pohon klapky

Jestliže je jednotka zpětného získávání tepla provozována s regulací s otevřeným okruhem (ovládáním), musí se příslušné veličiny měřit v místech, kde měřené veličiny nemohou být ovlivněny samotnou jednotkou. To je splněno pouze v případě venkovního vzduchu, což není nejvýhodnější řešení, jelikož teplota venkovního vzduchu neposkytuje dostatek informací o energetických požadavcích systému. Dává se tedy v potaz, jestli není lepší řešení vybavit ZZT svým vlastním regulačním okruhem nebo jestli by nemělo být zařízení zahrnuto do sekvence v celkové regulaci úpravy vzduchu. [2]



Jestliže je však jednotka zpětného získávání tepla provozována s vlastním regulačním okruhem, mohla by se regulace jednotky ZZT překrývat s regulací teploty přiváděného vzduchu nebo teploty vzduchu v místnosti. Regulace by tak nebyla stabilní. Energie pro ohřev přiváděného vzduchu je většinou dodávána ekvitermně řízenými zdroji tepla a ZZT. Je tu tedy i řešení přes integraci systému zpětného získávání tepla do sekvence regulace teploty vzduchu v místnosti nebo teploty přivodního vzduchu. [2]

Řízení zpětného získávání tepla dále musí komunikovat s ohřivačem. Jelikož ZZT slouží především pro předehřev vzduchu, je nutné, aby ohřivač byl v průběhu zapnutý. Pokud by bylo vypnuto zařízení ZZT, automaticky by se měl vypnout i ohřivač a obráceně. [12]

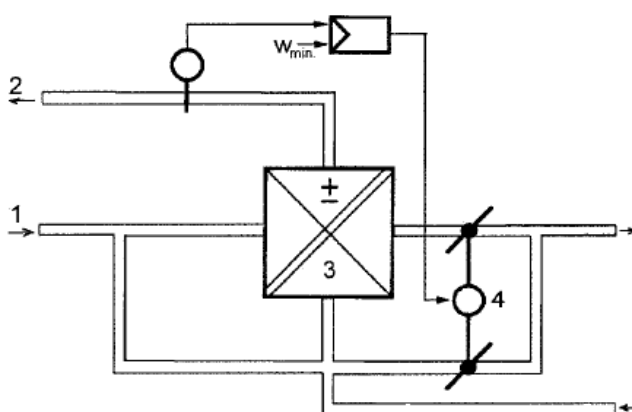
## 2.4 Regulace a protimrazová ochrana

Jelikož je vzduchotechnická jednotka náchylná k zamrznání, je většinou instalováno více protimrazových ochran podle složitosti systému a prvků vzduchotechniky. V této práci se budeme zabývat pouze prvky pro větrání bytových domů.

### 2.4.1 Protimrazová ochrana a ZZT

Pokud v zimním období klesne teplota odváděného vzduchu pod teplotu rosného bodu, vytvoří se led na straně odvodu a ucpe tak průtokovou oblast výměníku. Tomuto incidentu se musíme vyvarovat. Způsoby řešení protimrazové ochrany si řekneme dále.[2]

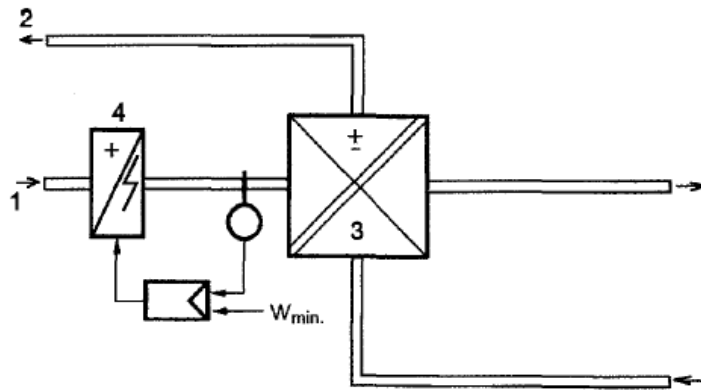
Jedním z řešení protimrazové ochrany je obtok venkovního vzduchu s regulačními klapkami. Teplota odváděného vzduchu se omezí na požadovanou minimální hodnotu snížením objemového průtoku venkovního vzduchu. Problém je však v tom, že neexistuje žádná hodnota pro minimální teplotu, která by se měla nastavit na regulátoru. Teplota je pro každý výměník jiná a musí se stanovit empiricky. Může se také instalovat teplotní čidlo na kritickém místě vy výměníku tepla. [2] Regulační schéma na obr. 8 je velice podobné již výše zobrazenému bypassu u ZZT. Je tu však takový rozdíl v čidle protimrazové ochrany.



Obr. 8 - Regulace protimrazové ochrany s obtokem venkovního vzduchu [2]

1 – venkovní vzduch, 2 – odváděný vzduch,  
3 – výměník ZZT, 4 – akční člen řízení klapek

Ohřev je další řešení protimrazové ochrany, kde ohřivač (většinou elektrický nebo vodní) má svůj vlastní regulační okruh. Tento způsob regulace je znázorněn na obr. 9.



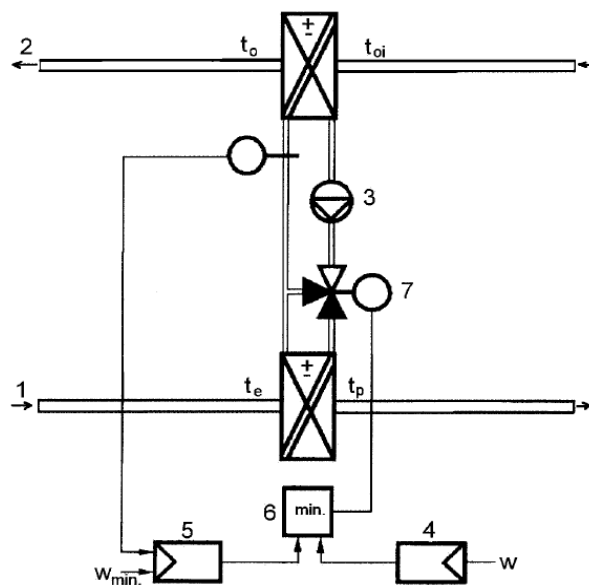
Obr. 9 - Protimrazová ochrana s elektrickým ohřivačem vzduchu pro venkovní vzduch [2]

1 – venkovní vzduch, 2 – odváděný vzduch, 3 – výměník ZZT, 4 – elektrický ohřivač s vlastním regulačním okruhem

Další varianta protimrazové ochrany je kombinace výše uvedených, kde se spojuje obtok se samostatným regulačním okruhem ohřivače. [2]

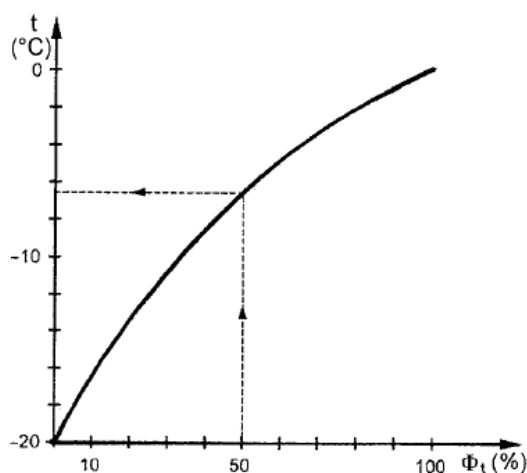
#### 2.4.2 Regulace uzavřeného okruhu teplotné látky

Realizuje se přes trojcestný směšovací ventil (viz. obr. 10), který je umístěn co nejbližší k výměníku tepla. Podmínky nebezpečí námrazy závisí nejen na teplotě venkovního vzduchu, ale také na teplotě odváděného vzduchu a na stupni změny teploty. Stupeň změny teploty je již výše zmíněný teplotní faktor  $\Phi$  v systému výměníků. [2]



Obr. 10 - Regulace na straně uzavřeného okruhu teplotné látky kombinovaná s regulací protimrazové ochrany [2]

1 - venkovní vzduch; 2 - odváděný vzduch; 3 - oběhové čerpadlo; 4 - regulátor výkonu výměníku; 5 - regulátor protimrazové ochrany; 6 - spínač přednostního výběru minima; 7 - směšovací ventil



Následující obrázek (obr. 11) zobrazuje přípustnou venkovní teplotu  $t_e$  jako funkci teplotního faktoru  $\Phi$ . [2]

Obr. 11 - Minimální přípustná venkovní teplota [2]

### 2.4.3 Monitorování námrazy

#### 2.4.3.1 Monitorování vzduchu

*„The simplest frost protection device consists of a thermostat with a capillary tube sensor. The capillary tube sensor is positioned approximately 5 cm downstream from the heating coil, in loops covering the entire coil surface. The frost protection thermostat switches to “frost hazard” as soon as the air temperature at the capillary tube falls below the selected limit value, e.g. +5 °C, over a length of approximately 30 cm.“ [6]*

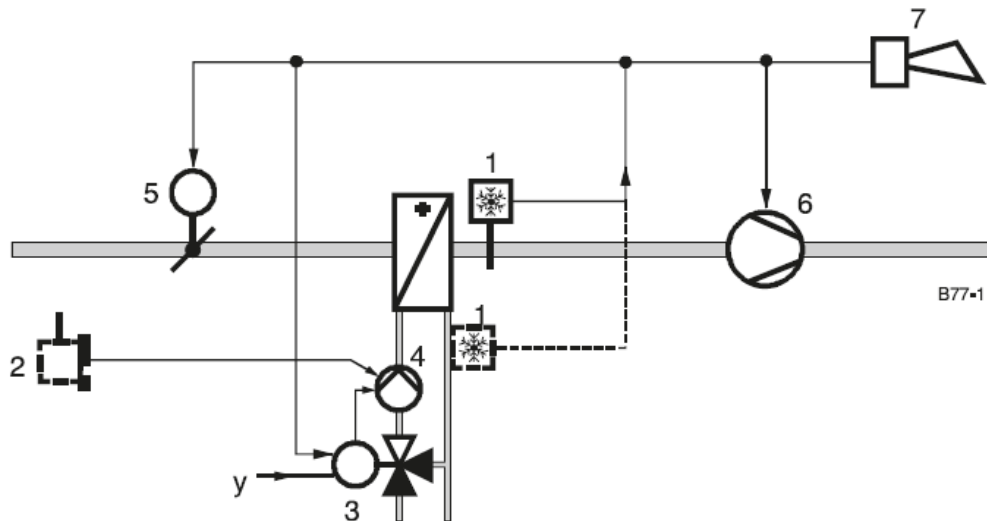
*Překlad: „Nejjednodušší zařízení protimrazové ochrany je tvořeno termostatem se snímačem kapilárních trubek. Snímač kapilárních trubek je umístěn přibližně ve vzdálenosti 5 cm od topné cívky, ve smyčkách pokrývající celý povrch cívky. Termostat ochrany proti mrazu se přepne na „nebezpečí protimrazové ochrany“, jakmile teplota vzduchu v kapilární trubce klesne pod zvolenou mezní hodnotu, např. +5 °C, v délce přibližně 30 cm.“*

#### 2.4.3.2 Monitorování vody

Termostat sleduje teplotu vody na výstupu topné cívky. Pokud teplota zpátečky poklesne pod nastavenou mez, termostat se přepne na „nebezpečí mrazu“. S ochranou proti námraze ve vzduchu i ve vodě, přepínání termostatu na „nebezpečí námrazu“ vede k následujícím akcím systému: [6]

- Topný ventil se otevře na 100%
- Oběhové čerpadlo je spuštěno, pokud není v provozu
- Ventilátory přívodu a odsávání jsou vypnuty
- Klapky vnějšího vzduchu a odpadního vzduchu jsou uzavřeny

Pokud teplota vzduchu vzroste o spínací diferenciál termostatu, termostat umožní systém se vrátit do původní pozice. Musí zde být i lokální resetovací tlačítko pro ruční spuštění. [6]

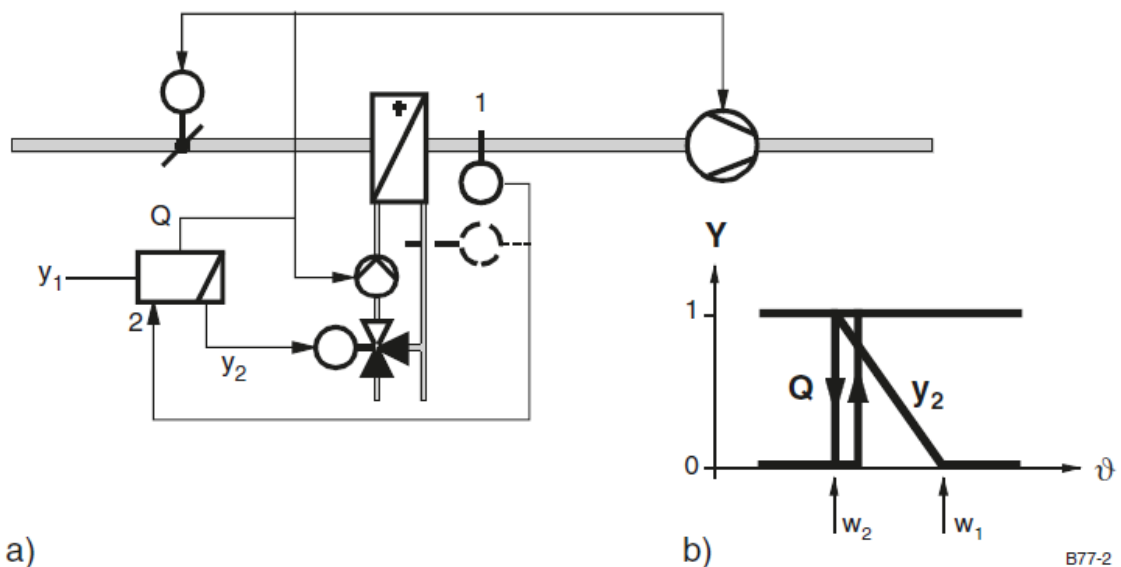


Obr. 12 - Protinámrazová ochrana, termostat [6]

1 – Protimrazová ochrana termostat, 2 – Venkovní termostat na čerpadlo ohřivače, 3 – Ventil, 4 – Oběhové čerpadlo, 5 – Tlumič vnějšího vzduchu, 6 – Ventilátor přívodu vzduchu, 7 – Poplašné zařízení, y – Polohový signál řídicí jednotky

### 2.4.3.3 Dvoustupňová kontrola protimrazové ochrany

Dvoustupňová kontrola protimrazové ochrany spočívá na počátku provozu systému s modulační funkcí (preventivní ochrana proti mrazu) a poté s dvoustupňovou funkcí (nebezpečí mrazu), jakmile teplota na sensorovém snímači spadne pod danou hodnotu.[6]



Obr. 13 - Schéma dvoustupňové ochrany a funkčního diagramu [6]

1 – Snímač teploty, 2 – Regulátor protimrazové ochrany,  $y_1$  – modulační polohovací signál z regulátoru,  $y_2$  – modulační polohovací signál z regulátoru, Q – polohový řídicí signál pro ventilátory, klapky a čerpadlo,  $w_1$  – Hodnoty protimrazové ochrany 1,  $w_2$  – hodnota protimrazové ochrany 2

Ovládání ochrany proti mrazu funguje na systému tak, že preventivní protimrazová ochrana zabraňuje zbytečné aktivaci funkce „nebezpečí mrazu“, když je systém vypnutý (ventilátory jsou vypnuté), během spuštění a provozu systému. Pokud naměřená teplota klesne pod vyšší hodnotu protizámrazové ochrany  $w_1$ , následující systémové prvky jsou regulátorem ovládány: otevře se dálkový ventil, zvýší se výstup rekuperace tepla (je-li přítomna) a promíchá se více vzduchu. [6]

Pokud teplota klesne pod dolní hodnotu protimrazové ochrany  $w_2$ , po spuštění nouzových ovládacích prvků, pak se topný ventil otevře na 100 %, oběhové čerpadlo je spuštěno, ventilátory přívodu a odsávání jsou vypnuty, klapky vnějšího vzduchu a odtahového vzduchu jsou uzavřeny, alarm signalizuje na řídicím monitorovacím zařízení. [6]

Při potvrzení poplachu se funkce mrazu resetuje a teplota měřená snímačem mrazu stoupá nad dolní žádanou hodnotu  $w_2$ . Avšak pozice ventilu zůstává stále na 100 % až do doby, než teplota opět dosáhne vyšší žádané hodnoty  $w_1$ . [6]

## 3 Zónované větrání v bytovém domě

Většina systémů, které známe, se navrhují jako jednozónový systém. Tedy vším navrženým potrubím proudí vzduch konstantně podle navržených hodnot. Je tu však také možnost rozdělení větrání podle potřeb. Například v bytovém domě není nutné přes den větrat v ložnicích, ve kterých nikdo nepřebývá, a naopak větrat obývací pokoj v noci, když všichni spí. Bytové domy také mají v prvních nadzemních podlažích polyfunkční funkci, kde by zónové větrání také nebylo k zahoezení. Rozdělujeme tedy systémy větrání na jednozónové, dvouzónové a vícezónové regulace. [15]

Takové řešení se může využít i pro úsporu energie vzduchotechnické jednotky nebo i ekonomické úspory při navrhování celého systému. Vzhledem k tomu, že se množství vzduchu rozděluje do zón, není třeba velkých průměrů potrubí a vyšších průtoků vzduchu. Tím se také sníží hluk a spotřeba energie.

### 3.1 Dvouzónová regulace

Dvouzónová regulace je nejtypičtější a nejlépe popsatelný systém. Tímto systémem se zejména zabývá řízené větrání BRINK, kde se přívod vzduchu rozděluje do dvou zón (např. denní – noční).

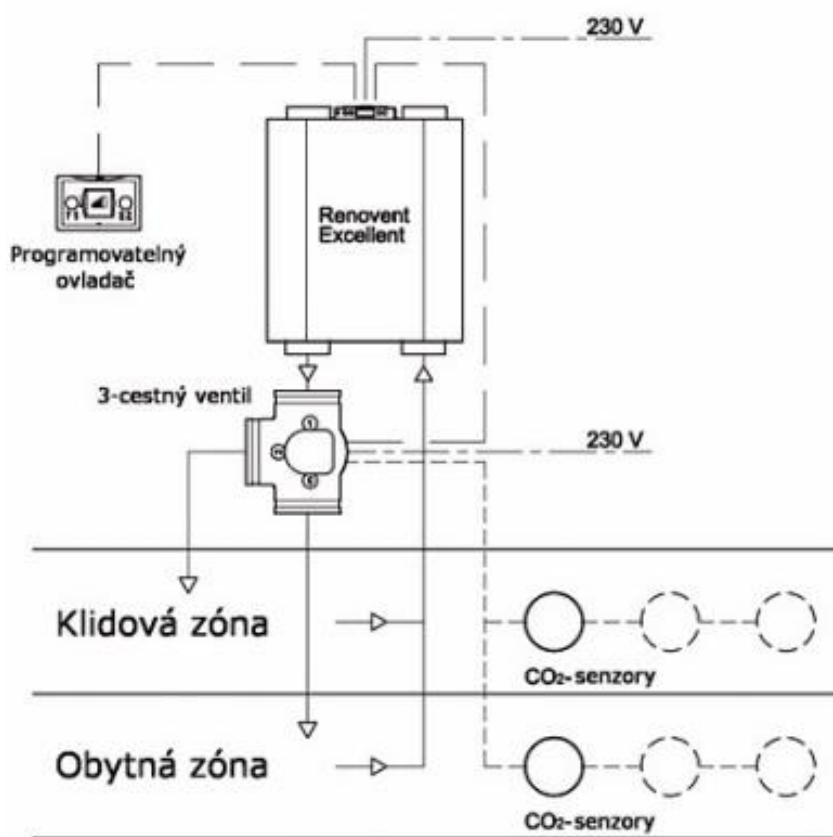
Dvouzónová regulace je možná díky speciálně vyvinutému třicestnému ventilu, který přivádí vzduch buď do obytných místností nebo ložnic anebo obou prostor najednou (obr. 16). Přepínání zón může být nastaveno v nastavitelném časovém programu nebo na základě aktuální kvality vzduchu. Kvalitu vzduchu – a to zejména množství  $CO_2$  – snímají senzory v místnostech. Nejdůležitější senzor je tedy senzor  $CO_2$  (pro větrání Brink je to Senzor Brink  $CO_2$  eBus) a senzor vlhkosti. [15][16]

### 3.1.1 Senzor CO<sub>2</sub>

Produkce CO<sub>2</sub> závisí na počtu lidí a aktivitě člověka. Je tedy přesně známá obsazenost místnosti lidmi a jejich aktivity. Podle těchto naměřených hodnot můžeme tedy řídit množství vzduchu potřebné pro přívod do místnosti.

*„Dvoukomorové samokalibrační senzory Brink pracují na principu NDIR (Non Dispersiv Infra Red). Vyznačují se vysokou přesností a dlouhou životností. Pro snadné připojení senzorů k jednotce a čtení požadovaných hodnot se připojují pomocí sběrnice eBus.“ [15]*

Všechny potřebné místnosti (např. obývací pokoje a ložnice) musí být osazeny čidly. V žádném případě není možné použít jeden senzor v celém domě. [15]



Obr. 14 - Schematický příklad osazení řízeného větrání [16]

### 3.1.2 Senzor vlhkosti

Senzory vlhkosti se umísťují do odtažového potrubí. V případě zvýšeného množství vlhkosti (např. sprchování nebo vaření) jednotka krátkodobě zvýší výkon. V případě vaření je možné z kuchyně i zvýšit větrání, kdy jednotka opět zvýší výkon na odvod vzduchu. Po krátké době se sama vrátí do původního režimu. [15]

V následující tabulce jsou porovnány parametry mezi různými provozy větrání Brink.

	Nominální průtok a tlak	Množství vyměněn. vzduchu za den	Množství odvedené vlhkosti za den	Spotřeba při nomin. průtoku	Akustický výkon
Jednozónový provoz	210 m <sup>3</sup> /h 50 Pa	5040 m <sup>3</sup>	25,7 l	39 W	44 dB
Dvouzónová regulace (časový program)	168 m <sup>3</sup> /h 30 Pa	4032 m <sup>3</sup>	20,5 l	27 W	39 dB
Dvouzónová regulace (koncentrace CO <sub>2</sub> )	126 m <sup>3</sup> /h 18 Pa	3025 m <sup>3</sup>	15,4 l	16 W	35 dB

Tabulka 1 - Porovnání parametrů jednozónového provozu a dvouzónových provozů [15]

Dle mého názoru je tento systém velice výhodný. Otázkou však je, jestli je použitelný v nově postaveném bytovém domě. Větrání v bytových domech je navrženo zejména proto, že vlastníci či nájemníci bytů nejsou schopni správně větrat přirozeným způsobem. Nově postavený objekt je vždy plný vlhkosti, která bez správného větrání zůstává v konstrukcích a může způsobit plísně a degradaci konstrukcí. Větrání by muselo počítat i s tímto problémem.

## 4 Druhy větrání a jejich regulace

Všechny již uvedené poznatky řekly podrobněji postup regulace při konkrétní situaci. Tato kapitola je spíše o shrnutí všech informací a hlavně shrnutí regulace průtoku vzduchu pro různé druhy větrání, které mohou být navrženy pro bytový dům.

### 4.1 Hybridní větrání

Je známo, že hybridní větrání je kombinace větrání přirozeného a nuceného. Takový typický princip hybridního větrání je, že přívod vzduchu je přirozený přes štěrbinu v oknech nebo různými regulovatelnými přívodními prvky a odtah je nucený. Jde tedy o podtlakové větrání. Tento způsob větrání se ještě může rozdělit podle rozmístění odtahů a to na centrální a decentrální systém větrání. [17]

#### 4.1.1 Přívodní prvky

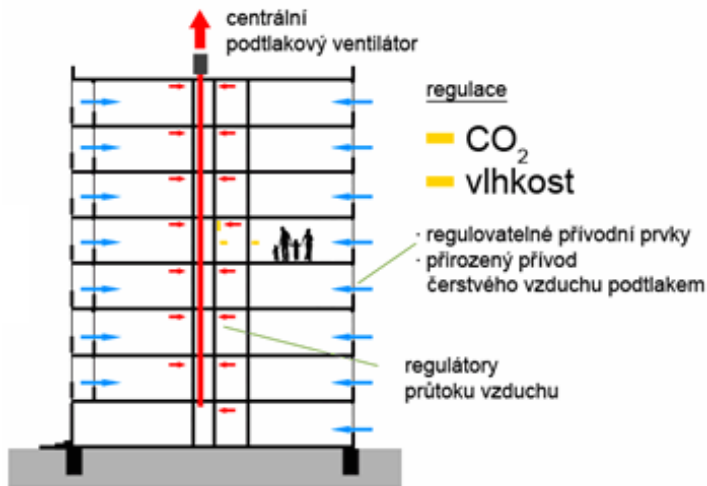
Pod přívodními prvky přirozeného větrání si většinou představíme například štěrbinu vloženou do rámu okna, přívodní prvky za otopným tělesem a v obvodových zdech (viz. obr. 15). Některé přívodní prvky jsou schopny i regulovat přívod vzduchu. [17]



Obr. 15 - Přívodní prvek firmy LUNOS [18] →

#### 4.1.2 Centrální podtlakový systém hybridního větrání

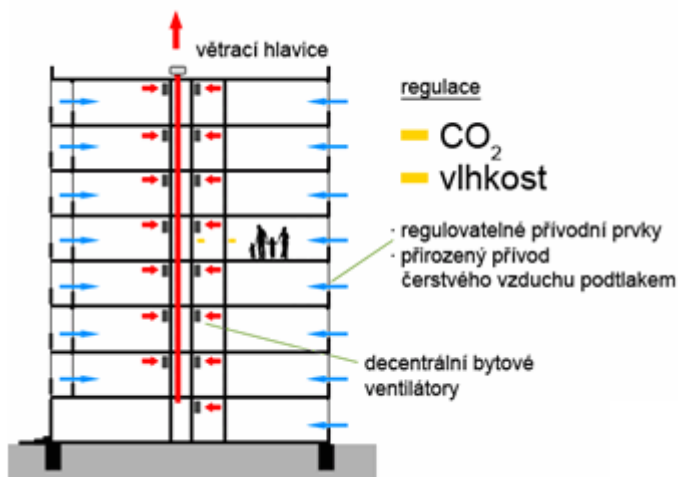
Jak již název napovídá, systém má svou vlastní centrální jednotku, která má svůj ventilátor. Ten reguluje hlavní průtok vzduchu (viz. obr. 16). Samotné byty jsou dále osazeny průtokovými regulátory, které poté doregulují průtok na požadovanou hodnotu podle potřeby každého bytu samostatně. Problém v tomto druhu větrání je v celkovém návrhu hlavního ventilátoru. Ventilátor musí být řízen skutečnou potřebou vzduchu v bytech, aby nedošlo k velkým energetickým ztrátám. [17]



Obr. 16 - Schéma centrálního hybridního větrání panelového domu [17]

#### 4.1.3 Decentrální podtlakový systém hybridního větrání

Decentrální systém funguje tak, že každý byt má svůj vlastní ventilátor, který reguluje odtah vzduchu pro každou bytovou jednotku samostatně. Odvod vzduchu pak jde dále do exteriéru odvodním potrubím až na střechu přes větrací hlavici. Nevýhodou takového systému je hluk ventilátorů. Proto se ventilátory navrhuje menší s menším výkonem, který ale poté nemusí utáhnout tlakové ztráty celé stoupačky a hlavně přívodních otvorů. [17]



Obr. 17 - Schéma decentrálního hybridního větrání panelového domu [17]



## 4.2 Nucené větrání

Nucené větrání obsahuje nucený přívod a odvod vzduchu. Dělí se stejně jako hybridní větrání na centrální a decentrální. Jednotky vzduchotechniky tak dále – na rozdíl od hybridního větrání – obsahují možnost ohřevu venkovního vzduchu na navrhovanou teplotu v interiéru. To se zařizuje ohříváčem, případně ZZT nebo směšováním. Podle vybavenosti systému se dále musí dbát na regulaci a bezpečnost jednotky. V takových případech se musí zařídit např. regulace ohříváče, ochrana přes mrazem apod. [1][2][14]

### 4.2.1 Centrální systém nuceného větrání

Centrální systém má svou vlastní jednotku, která zásobuje vzduchem celý bytový dům včetně následovného odtahu. Přívodními prvky mohou být mřížky, talířové ventily, případně také dýzy. Na přívodním potrubí je možné osadit uzavírací klapky pro případné zónování budovy, o kterém již bylo zmíněno. Jednotlivé byty mají svoje regulační boxy, které dále regulují průtok vzduchu pro každý byt samostatně. Je více druhů regulačních boxů, nejvíce využívané jsou VAV (variable air volume) boxy a CAV (constant air volume) boxy. [10][11][19]

### 4.2.2 Decentrální systém nuceného větrání

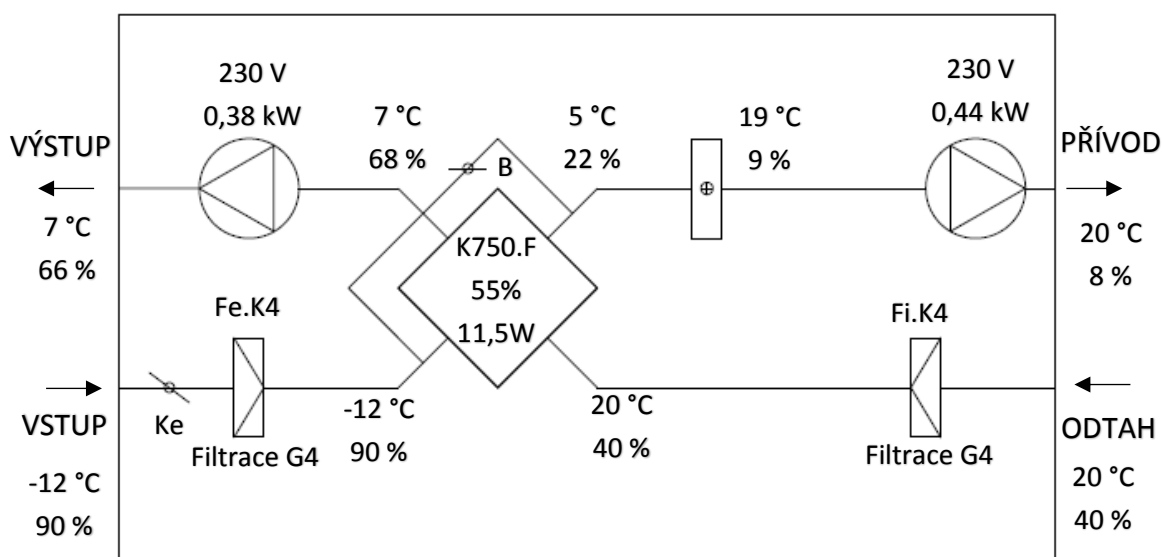
U decentrálního systému má každý byt svou vlastní jednotku, která reguluje přívod a odvod vzduchu. Přívodními prvky mohou být mřížky, talířové ventily, případně také dýzy. Stejně jako pro centrální systém, na přívodním potrubí je možné osadit uzavírací klapky pro případné zónování budovy, o kterém již bylo zmíněno. Další regulační boxy nejsou v tomto případě třeba, jelikož každá jednotka zajišťuje průtok vzduchu sama. [10][19]

## 5 Regulace bytového domu v Lounech

Hlavní částí této diplomové práce je projekt vzduchotechniky bytového domu v Lounech. V této kapitole bych se tedy chtěla zmínit i o regulacích v mém návrhu.

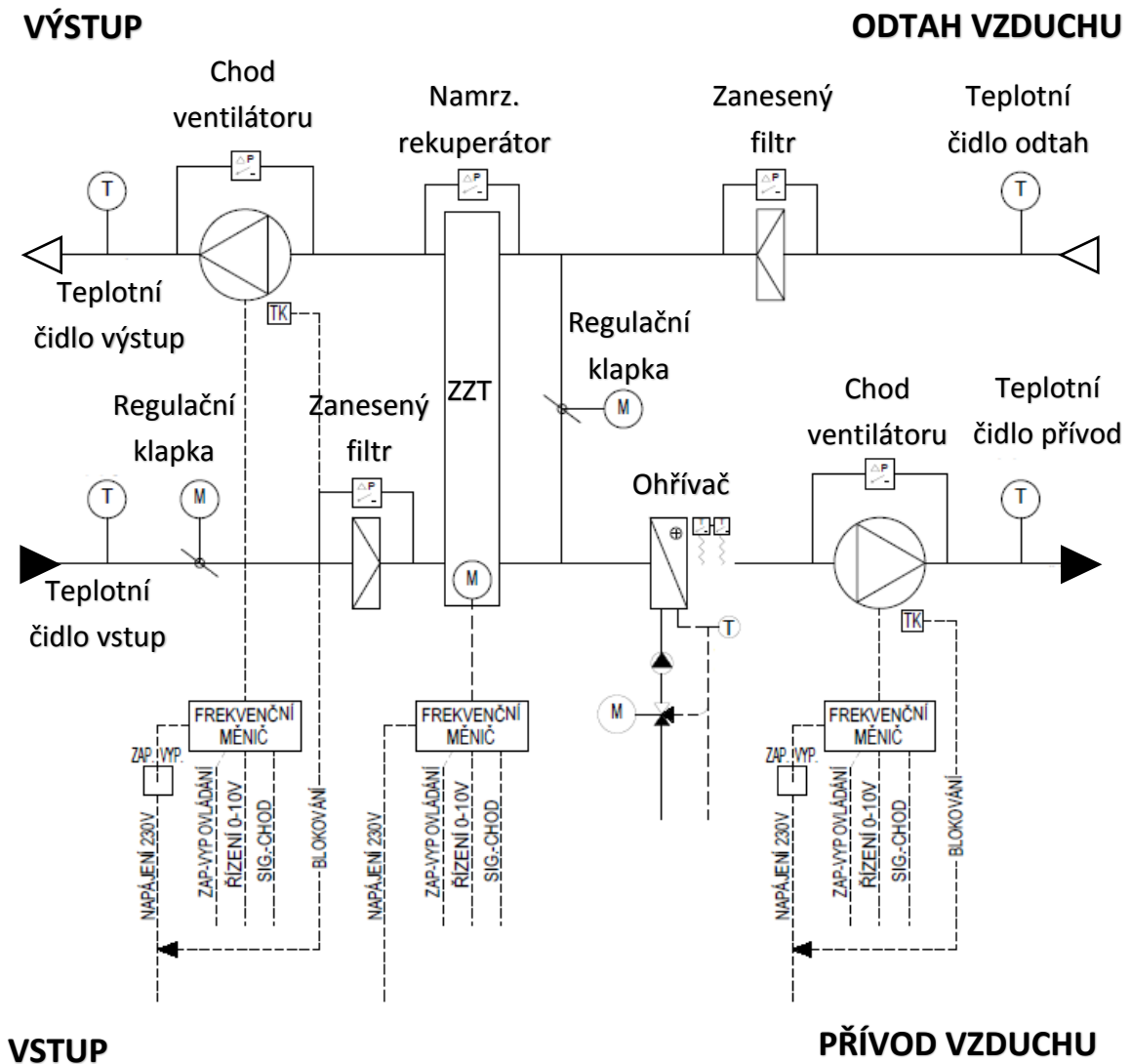
Na přívodní straně venkovního vzduchu je regulační klapka, která ovlivňuje množství čerstvého vzduchu. Jednotka vzduchotechniky obsahuje rekuperační výměník se zpětným získáváním tepla, který je regulován obtokem s regulační klapkou. Vzduch se dále ohřívá teplovodním ohříváčem pracujícím na principu průtoku teplé vody (se spádem 70/50 °C) ve výměníku. Přes teplosměnnou plochu předává teplo proudícímu vzduchu. Výkon ohříváče se tedy musí regulovat pomocí trojcestného ventilu, na kterém je umístěn servopohon, který směšuje vodu podle pokynů regulátoru. Každá část potrubí je osazena teplotními čidly pro správnou regulaci ZZT a ohříváče. Ohříváč má svou regulaci protimrazové ochrany.

Na následujícím obrázku (obr. 18) je zakresleno schéma vzduchotechnické jednotky DUPLEX 2400 BASIC navržené pro příložený projekt při venkovních podmínkách pro město Louny.



Obr. 18 - Schéma vzduchotechnické jednotky DUPLEX 2400 BASIC [13]

Na obr. 19 je schématický návrh regulace výše uvedené vzduchotechnické jednotky DUPLEX. Podrobnější popis tohoto schématu je možné nalézt v přílohách technické zprávy projektu.



Obr. 19 - Schématický návrh regulace VZT

## 6 Závěr

Regulace větrání zjednodušuje a zpříjemňuje pobyt vlastníků a nájemníků v bytových jednotkách. Vzduchotechnika zařizuje správnou výměnu vzduchu a zabraňuje zvýšenému procentu relativní vlhkosti a CO<sub>2</sub> v místnostech. Centrální systém s regulátory průtoku v každém bytě je výhodnější v tomto probíraném projektu z důvodu menších prostor a stoupaček v oblasti WC.

Při výstavbě nového bytového domu stojí za úvahu zavedení chlazení pro letní období a teplovzdušné vytápění pro zimní období. Je však nutné počítat s většími náklady za jednotku a regulaci. Vzhledem k tomu, že zadaný bytový dům má vytápění již vybudované a jeho obálka má dobré tepelně technické vlastnosti, není zde klimatizace nutná.

# Zdroje

## Literatura

[1] BAŠTA, Jiří. *Regulace v technice prostředí staveb*. Praha: ČVUT v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05455-0.

[2] BAŠTA, Jiří a HEMZAL, Karel. *Regulace v technice prostředí staveb*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05455-0.

[3] HEMZAL, Karel, KUMŠTA, Stanislav a PLOCEK, Alfréd. *Regulace ve vzduchotechnice*, Dům techniky ČSVTS Praha, 1980. ISBN 60-609-80

[4] HEMZAL, Karel. *Regulace klimatizace*. Praha: ČVUT v Praze, 2007. ISBN 978-80-01-03907-6

[5] CHYTSKÝ, Jaroslav a HEMZAL, Karel a kolektiv. *Větrání a klimatizace*. Praha: Česká matice technická, 1993. Číslo spisu 457.

## Internetové zdroje

[6] SIEMENS. *Control of Ventilation and Air-conditioning Plants*. Siemens Switzerland Ltd. ASN-no. 0-91912-en. [Online] Dostupné z: <https://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=8365>

[7] BAŠTA, Jiří. *Hydraulika a řízení otopných soustav*, Praha: ČVUT v Praze, 2003, ISBN 80-01-02808-9 [Online] Dostupné z: <http://docplayer.cz/3136051-Hydraulika-a-řízení-otopnych-soustav.html>

[8] ŠŤASTNÝ, Vítězslav a kolektiv. *Ventilátory*. [www.energetikainfo.cz](http://www.energetikainfo.cz) [Online] [Cit. 2010-03-17] Dostupné z: <https://www.energetikainfo.cz>

[9] DRKAL, František, LAIN, Miloš, SCHWARZER, Jan a ZMRHAL, Vladimír. *Vzduchotechnika*. Přednáškové texty pro předmět pro studijní program Inteligentní budovy. 2009. Dostupné z: <http://www.ib.cvut.cz/>

[10] MANDÍK. *Regulátor variabilního průtoku vzduchu RPM-V*. [Online] [Cit. 2017-04-04] Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/44349407-4e35-4a37-a0f5-0bd7db920c90/085\\_12\\_cz\\_RPM-V.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/44349407-4e35-4a37-a0f5-0bd7db920c90/085_12_cz_RPM-V.aspx)

[11] MANDÍK. *Regulátor konstantního průtoku vzduchu RPM-V*. [Online] [Cit. 2017-06-08] Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/7ab7110f-e086-4ad5-943f-b9140879f081/094\\_13\\_cz\\_RPM-K.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/7ab7110f-e086-4ad5-943f-b9140879f081/094_13_cz_RPM-K.aspx)

[12] LOM, Michal a MATZ, Václav. *Model řízení vzduchotechnické jednotky*. [Online] [Cit. 2013-04-22] Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/regulace-vetrani-klimatizace/9796-model-rizeni-vzduchotechnicke-jednotky>

- [13] Atrea. *Návrhový software ATREA DUPLEX 8.80.005*. [Online]  
Ke stažení: <http://www.atrea.cz/cz/duplex-cz>.
- [14] DRKAL, František, ZMRHAL, Vladimír. *Větrání*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT. ČVUT v Praze 2013. ISBN 978-80-01-05181-8 [Online]
- [15] ŠTORC TZB. Prospekt *Jedinečný komplexní systém větrání*. [Online] Dostupné z: <https://www.storc.cz/wp-content/uploads/2017/09/prospekt-rizene-vetrani-brink.pdf>
- [16] ŠTORC TZB. Regulace větrání a senzory. [Online] Dostupné z: <https://www.storc.cz/aplikace/vetrani-s-rekuperaci-brink/regulace-vetrani-a-senzory/>
- [17] KOTEK, Petr, BERANOVSKÝ, Jiří, VOGEL, Petr, MACHOLDA, František, MBA a EKOWATT. *Centrální podtlakové větrání (hybridní větrání) v panelovém domě. Rekuperace či hybrid?* [Online] [Cit. 2011-05-23] Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/7479-centralni-podtlakove-vetrani-hybridni-vetrani-v-panelovem-dome-rekuperace-ci-hybrid>
- [18] Lunos. *Katagolový list ALD-R 160*. [Online] Dostupné z: <http://www.lunos.cz/>
- [19] Evora CZ. *Rekuperace pro byty a bytové domy*. [Online] Dostupné z: <https://evora.cz/vzduchotechnika-rekuperace/vetrani-bytu-a-bytovych-domu/>

## Seznam obrázků

Obr. 1 - Blokové schéma regulačního obvodu [7] .....	7
Obr. 2 - Blokové schéma řízení ovládání (otevřený obvod) [7].....	8
Obr. 3 - Regulace ventilátoru škrcením s naznačením zmařené výkonu [9].....	9
Obr. 4 - Závislost příkonu ventilátoru P při částečných průtocích V a při různých způsobech regulace [8] .....	10
Obr. 5 - Schéma regulace vodního ohřívače [6] .....	12
Obr. 6 - Osazení klapky v potrubí [4] .....	13
Obr. 7 - Regulace s využitím obtoku pro venkovní vzduch [2] .....	14
Obr. 8 - Regulace protimrazové ochrany s obtokem venkovního vzduchu [2] .....	15
Obr. 9 - Protimrazová ochrana s elektrickým ohřívačem vzduchu pro venkovní vzduch [2].....	16
Obr. 10 - Regulace na straně uzavřeného okruhu teplotosné látky kombinovaná s regulací protimrazové ochrany [2] .....	16
Obr. 11 - Minimální přípustná venkovní teplota [2] .....	17
Obr. 12 - Protinámrazová ochrana, termostat [6] .....	18
Obr. 13 - Schéma dvoustupňové ochrany a funkčního diagramu [6] .....	18
Obr. 14 - Schematický příklad osazení řízeného větrání [16] .....	20
Obr. 15 - Přívodní prvek firmy LUNOS [18] .....	21
Obr. 16 - Schéma centrálního hybridního větrání panelového domu [17].....	22
Obr. 17 - Schéma decentrálního hybridního větrání panelového domu [17].....	22
Obr. 18 - Schéma vzduchotechnické jednotky DUPLEX 2400 BASIC [13] .....	24
Obr. 19 - Schematický návrh regulace VZT .....	25

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Porovnání parametrů jednozónového provozu a dvouzónových provozů [15].....	21
--	----