

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

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**VĚTRÁNÍ ZÁKLADNÍ ŠKOLY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**PETRA STEJSKALOVÁ**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**prof. Ing. Karel Kabele, CSc**

**2018/2019**



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

V Praze, dne 27.5.2018

Místo vypracování, úplné datum

podpis

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu prof. Ing. Karlu Kabelemu, CSc za odborné vedení mé bakalářské práce. Především děkuji za jeho pozitivní přístup.

## Obsah

Poděkování	1
Obsah	2
Anotace	3
Úvod	4
Informace o objektu	5
Teoretická část – možnosti větrání	5
Praktická část	10
Výpočet množství větracího vzduchu	10
Návrh distribučních prvků	14
Závěr	15
Zdroje	16
Přílohy	

## Anotace

Bakalářská práce je věnována větrání základní školy. V práci jsou obecně popsány možnosti větrání. Konkrétně je vyřešen návrh vzduchotechniky ve formě rozšířené projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení. Projekt je vytvořen na studii základní školy v Komořanech, která je určena pro 1. stupeň. Součástí dokumentace je koncepční řešení větrání a vytápění, výkresy rozvodů vzduchotechniky a výpočty.

## Abstract

This bachelor thesis is dedicated to primary school air ventilation. Common air ventilation possibilities are described in this thesis. Specifically is solved ventilation system proposal for widen project documentation. This documentation is essential for building permission. Project is created on primary school Komořany study, which is meant for first grade children. Part of this documentation is conceptual solution to air ventilation, heating, distribution system drawing, air-conditioning system drawing, calculations.

## Úvod

Tato bakalářská práce se týká návrhu větrání základní školy. Jako vstupní podklad pro moji práci slouží studie základní školy, kterou jsem vytvořila v rámci předmětu Atelier arch. tvorby 3 pod vedením pana architekta Meda a pana architekta Smolíka. Jsem ráda, že mi bylo umožněno pracovat na projektu, který jsem vytvořila.

Téma větrání jsem si vybrala, protože je potvrzeno, že v současných školách je větrání řešeno nedostatečně. Myslím, že větrání škol je v současné době aktuální téma. Určité regule či doporučení k větrání školy vyšly již před zhruba 100 lety, ale ani dnes není ve všech školách zajištěno optimální prostředí k vzdělávání. Při návrhu novodobé školy by vždy mělo být důkladně promyšleno větrání. Větrání zajišťuje přísun čerstvého vzduchu a zároveň slouží i k odvodu škodlivin z vnitřního prostředí. Děti na základních školách tráví přibližně 5 hodin denně, proto by mělo být samozřejmostí, že jim umožníme vzdělávat se v kvalitním vnitřním prostředí. Nedostatečné větrání má za následek zhoršení tepelných podmínek a zvýšenou koncentraci škodlivin. Tyto jmenované faktory negativně působí nejen na děti, ale i na vyučující. Děti mohou být unavené, nekoncentrované a může docházet i k tomu, že je bude bolet hlava. Popsané příznaky se dají jednotně pojmenovat jako syndrom nemocných budov. Vzhledem k tomu, že děti vdechují oproti dospělým více vzduchu k poměru k jejich tělesné hmotnosti, jsou více náchylné na zdravotní obtíže spojené s dýcháním. Mezi časté dětské onemocnění, která mohou být způsobena nekvalitním vnitřním prostředím patří astma a různé alergie. To je pak následkem vyšší nepřítomnosti dětí ve škole. Větrání by mělo být navrženo tak, aby kvalita vnitřního prostředí ve třídě byla regulována automaticky, a ne aby to bylo v kompetenci učitele. Jedním z možných ukazatelů kvality vnitřního vzduchu je koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu. Návrh vzduchotechniky sice zvýší náklady na výstavbu a provoz školy, ale z dlouhodobého hlediska by se měly snížit náklady ve zdravotnictví, především v oblasti léčby alergií, astmatu, ekzému a léčby poruch imunitního systému.

Práce obsahuje teoretický úvod do problematiky větrání škol, koncepční řešení vytápění a větrání objektu a projekt vzduchotechniky vybrané části objektu.

## **Informace o objektu**

Základní školu jsem navrhovala na zadaném území v Komořanech, na parcelách 3856/25, 3856/24/3856/23. V době navrhování projektu nebyly v blízkém okolí budovy. Nyní už jsou ve výstavbě na východní straně bytové domy a na západní straně se budou v brzké době stavět rodinné domky.

Budova je rozdělena na dvě části, na základní školu a na sportovní klub, který je určen i pro odpolední využití. Tyto dva celky jsou propojeny spojovacím objektem.

Základní škola je navržena pouze pro první stupeň s tím, že pro každý ročník jsou navrženy tři třídy, předpokládám, že v jedné třídě bude maximálně 30 dětí. Celkem je tedy navrženo 15 kmenových tříd a 6 speciálních tříd. Rozměry kmenové třídy jsou většinou 9 x 7,5m. Třídy jsou navrženy v 2. a 3. nadzemním podlaží. Ve vstupním podlaží jsou umístěny šatny, družiny a jídelna.

Na jižní straně parcely je do země zabudován sportovní klub. Součástí klubu je tělocvična, která je propojena se školou, posilovna, lezecká stěna, malé tělocvičny, recepce a venkovní hřiště, které je umístěno na střeše vnitřní tělocvičny.

## **Teoretická část**

### **Způsoby větrání**

#### **Větrání**

Větrání zajišťuje přívod čerstvého vzduchu a odvod či zředění vzduchu znehodnoceného, tím se zajistí kvalita vzduchu ve vnitřním prostředí. V určitých případech je potřeba přiváděný čerstvý vzduch filtrovat a ohřívat. Větrání nejenže zajišťuje požadovanou kvalitu vnitřního prostředí, ale také slouží k odvodu tepelné zátěže z místností. Při vhodném zateplení jsou mnohdy tepelné zisky větší než tepelné ztráty, což je ve školách dáno velkým počtem osob na poměrně malém prostoru. Nejčastější škodlivinou, která se nachází ze vzduchu je oxid uhličitý, který je produkován lidmi. Maximální hodnota koncentrace CO<sub>2</sub> by neměla překročit 1500ppm. Další škodliviny jsou např. vodní pára, prach, radon. [8]

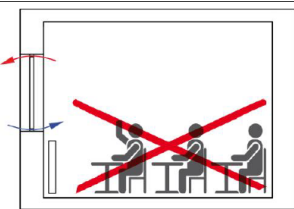
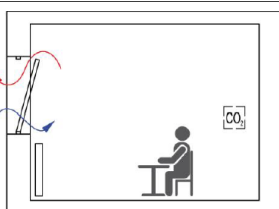
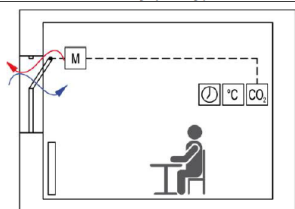


## Přirozené větrání

Princip přirozeného větrání je založen na přirozených zdrojích pohybu vzduchu. Mezi ně patří rozdíl teploty venkovního a vnitřního vzduchu, tlakový účinek větru a v letním období závisí i na rozdílu teplot vzduchu na osluněné a neosluněné fasádě. Vzhledem k tomu, že přirozené větrání závisí na výše uvedených faktorech a nedá se řídit, tak tímto způsobem větrání lze těžko zajistit kvalitní vnitřní prostředí v prostorách s větším počtem osob. Přirozené větrání lze zajistit provětráváním, infiltrací, aerací nebo šachtovým větráním. Na účinek přirozeného větrání má vliv teplota venkovního prostředí, působení větru, tvar budovy, okolí stavby tj. okolní budovy a terén. Při větrání okny nastává v zimním období problém s tím, že dochází k lokálnímu přívodu chladného vzduchu. Dalším problémem je nemožnost filtrace přiváděného vzduchu. Mnohdy je ve školách větrání okny vzhledem k bezpečnosti žáků problematické. Pokud jsou učebny větrány pouze infiltrací vzduchu, tak není možné zajistit požadovanou kvalitu vnitřního prostředí a splnit předpisy platné vyhlášky. Přirozené větrání je připuštěno pouze v místnostech, kde se vyskytuje pouze malý počet osob, tj. kabinety nebo např. učebny základní umělecké školy, kdy je jeden učitel a jeden až dva žáci.

Přirozené větrání neumožňuje zpětné získávání tepla, což neumožňuje vyhovět požadavku na snížení energetické náročnosti budovy. Je důležité brát v potaz i kvalitu venkovního vzduchu a míru hluku v dané oblasti.

Tento způsob větrání se používal v minulosti a dodnes je u mnohých budov jako jediný způsob větrání. U přirozeného větrání není jistota, že zajistí dostatečnou výměnu vzduchu a kvalitní vnitřní prostředí.

Číslo	1	2	3
Větrání		Přirozené	
Popis	Infiltrace a mikroventilace	Provětrávání otevíratelnými okny	Provětrávání mechanicky otevíratelnými okny (křídly)
Schéma			

Obr. 1: Schéma přirozeného větrání [8]

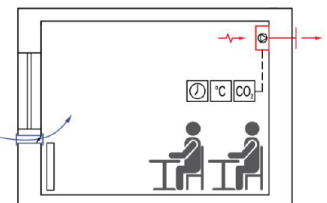
## Nucené větrání

Při nuceném větrání je proudění vzduchu řízeno mechanicky. Tento způsob větrání je založen na změně tlaku vynucené prací ventilátoru. Nucené větrání se může dělit buď podle dispozičního řešení na centrální a lokální větrání. Ve školních budovách je důležité navrhnout takové řešení, které vyhoví i z hlediska akustiky. Tento požadavek je u lokálního řešení větrání komplikovanější. Druhou možností, jak dělit nucené větrání, jsou poměry průtoku vzduchu přiváděného a odváděného. Dle tohoto kritéria se větrání na podtlakové, přetlakové a rovnotlaké.

### Podtlakové větrání

U podtlakového větrání je nuceně řízen pouze odvod vzduchu, přívod vzduchu je zajištěn podtlakem přes větrací otvory. Odvod vzduchu zajistí správně navržený ventilátor. Přívod vzduchu zajištěn přirozeně přes otvory na hranici prostoru místnosti. Tento systém větrání jde použít pouze tam, kde je vyhovující kvalita venkovního prostředí. V případě, že je ve třídách přívod vzduchu zajištěn z venkovního prostředí, dochází opět k lokálnímu přívodu chladného vzduchu. Tím se určitá oblast třídy dostává do tepelného diskomfortu. Tento způsob větrání se často používá v místnostech hygienického zázemí.

Nucené podtlakové větrání nám neumožní vyhovět požadavku na snížení energetické náročnosti budovy.

Číslo	4
Větrání	Podtlakové
Popis	Odsávání lokálním ventilátorem
Schéma	

Obr. 2: Schéma podtlakového nuceného větrání [8]

### Přetlakové větrání

U přetlakového větrání je nuceně řízen pouze přívod vzduchu. Odvod vzduchu je zajištěn přes otvory na hranici prostoru místnosti. Tento způsob větrání se používá v čistých provozech, jako jsou např. operační sály. Ve školních budovách nemá

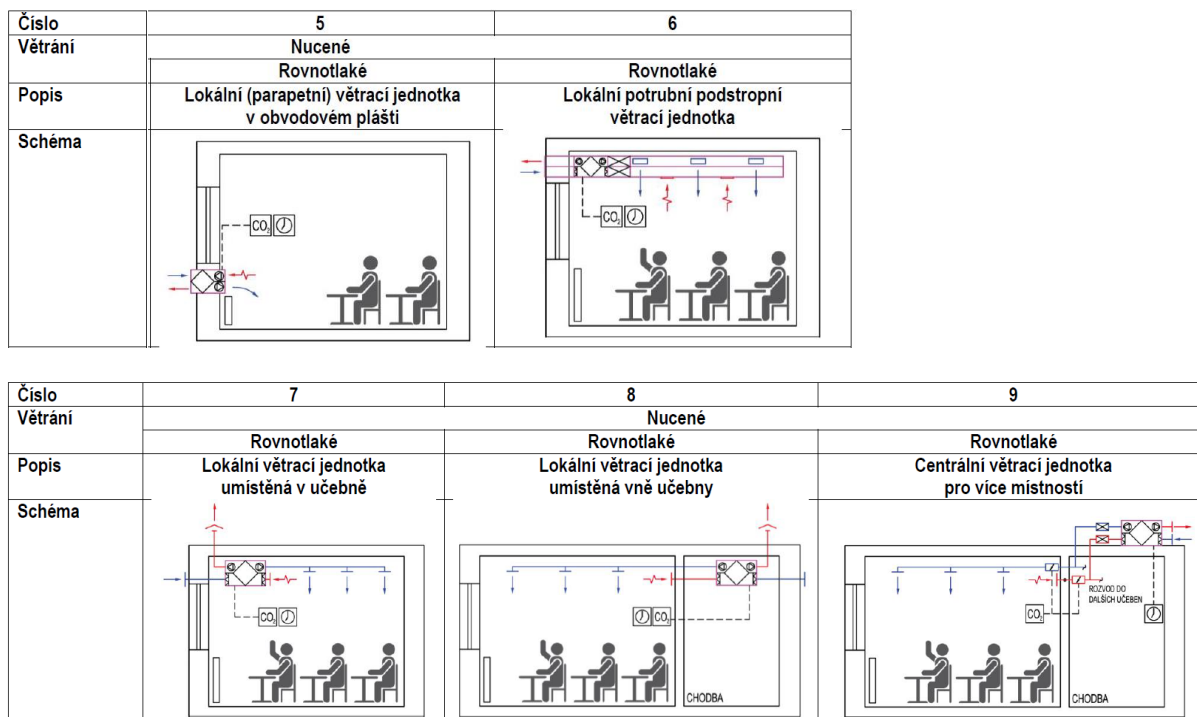
tenko systém opodstatnění. Mezi nevýhody patří riziko průvanu přiváděným venkovním vzduchem.

### Rovnotlaké větrání

U rovnotlakého větrání je nuceně řízen jak přívod, tak i odvod vzduchu s tím, že poměr průtoku vzduchu přiváděného a odváděného je stejný. Tím pádem v prostoru nevzniká tlakový rozdíl. Rovnotlaké větrání můžeme dále dělit podle řízení průtoku vzduchu. Průtok vzduchu může být buď konstantní, v takovém případě se používají CAV systémy, nebo průtok vzduchu může být proměnný, potom se použijí VAV nebo DCV systémy.

V současnosti je kladen velký důraz na to, aby budova byla energeticky úsporná. Při návrhu rovnotlakého větrání lze využít zpětného získávání tepla, což výrazně sníží energetickou spotřebu. Dále je zde možnost přiváděný vzduch různě upravovat.

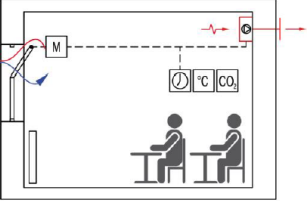
Nucené větrání místnosti můžeme zajistit různými způsoby, viz. schémata.



Obr. 3: Schéma rovnotlakového nuceného větrání [8]

## Hybridní větrání

Hybridní větrání je založeno na principu kombinace přirozeného a nuceného větrání. Přirozené větrání se použije v co nejvyšší míře, dokud je systém schopen zajistit požadavky větraného prostředí. Pokud přirozené větrání není dostačující, doplní ho či nahradí nucené podtlakové větrání. Tím se oproti nucenému větrání ušetří část elektrické energie pro dopravu vzduchu. Nevýhodou tohoto systému je, že neumožňuje využít zpětného získávání tepla.

Číslo	10
Větrání	Hybridní
Popis	Kombinace přirozeného a nuceného větrání pro jednu učebnu
Schéma	

Obr. 4: Schéma hybridního větrání [8]

## Praktická část

### Učebny

Výpočet množství větracího vzduchu

Množství větracího vzduchu v učebnách lze určit různými způsoby. Předpisy upravující požadavky na větrání ve školách počítají s dvěma základními způsoby. Prvním způsobem je, že se množství větracího vzduchu určí podle počtu osob v učebně. Druhý způsob vychází z maximální hodnoty přípustné koncentrace CO<sub>2</sub>. Z těchto dvou vypočtených hodnot se zvolí ta s větším průtokem vzduchu.

### Množství větracího vzduchu podle počtu osob

K množství větracího vzduchu se dojde dle následujícího vztahu:

$V_e = p \cdot V_{pos}$ , kde

$V_e$  [m<sup>3</sup>/h] je množství větracího vzduchu

$p$  [-] je počet osob

$V_{pos}$  [m<sup>3</sup>/h] je množství přiváděného vzduchu na osobu

Množství přiváděného vzduchu na žáka je dáno vyhláškou č. 410/2005 Sb., v níž se udává hodnota 20 ÷ 30 m<sup>3</sup>/h na žáka. [4] Nicméně je známo, že tato vyhláška je zastaralá, a proto byl vytvořen metodický pokyn pro návrh větrání škol, který rozlišuje věk žáků. Množství přiváděného vzduchu na žáka se určí dle následující tabulky:

Množství přiváděného venkovního vzduchu [m <sup>3</sup> /h na žáka]			
3 – 6 let	6 – 10 let	10 – 15 let	15 – 18 let
Školka	1. stupeň ZŠ	2. stupeň ZŠ	SŠ
10	12	18	20

*Tabulka č. 1: Množství přiváděného venkovního vzduchu dle metodického pokynu pro návrh větrání škol [8]*

Učebna je pro vyučujícího trvalým pracovištěm. Množství přiváděného vzduchu na vyučujícího se určí dle nařízení vlády č. 93/2012 Sb. Vyučující je zařazen do kategorie osob vykovávající lehkou práci. Pro tuto kategorii se počítá s přívodem vzduchu 50m<sup>3</sup>/h na osobu. [6]

## Množství větracího vzduchu podle produkce škodlivin

Ve vnitřním prostředí je mnoho druhů škodlivin. Výpočet se provádí pro CO<sub>2</sub>, jelikož CO<sub>2</sub> je považována za nečastější a při koncentraci, které dosahuje v prostorách škol, i za nejnebezpečnější škodlivinu. Výpočet se provádí podle následujícího vzorce:[14]

$$V_p = \frac{m_{co_2}}{(\rho_{max} - \rho_{co_2}) \cdot 10^{-3}}$$

kde:

$V_p$  [m<sup>3</sup>/h] je potřebné množství čerstvého vzduchu pro udržení nejvýše přípustné koncentrace CO<sub>2</sub>

$m_{CO_2}$  [1/h] je produkce CO<sub>2</sub>

$\rho_{max}$  [g/g] je maximální přípustná koncentrace CO<sub>2</sub> v interiéru

$\rho_{CO_2}$  [g/g] je koncentrace CO<sub>2</sub> ve venkovním přiváděném vzduchu

Nejvýše přípustná koncentrace CO<sub>2</sub> je stanovena dle ČSN EN 15251 na 1200ppm. Koncentrace CO<sub>2</sub> ve venkovním ovzduší v městské aglomeraci je stanovena průměrnou hodnotou 550ppm.

## Kmenové učebny

V základní škole se nachází celkem 15 kmenových učeben. Učebny jsou umístěny v 2. a 3. nadzemním podlaží. Je počítáno, že ve třídě bude při plném obsazení 30 žáků a jeden vyučující. Většina kmenových tříd má rozměry 7,5 x 9m, čili půdorysná plocha je 67,5m<sup>2</sup>. Výpočtem byla navržena výměna vzduchu 500m<sup>3</sup>/h.

## Specializované učebny

V základní škole je navrženo 6 specializovaných učeben. Tři slouží jako jazykové učebny, jedna je navržena jako počítačová učebna, dále je ve škole učebna sloužící hudební výchově. Prostorově největší učebna je určená pro pracovní činnosti. Výpočet množství větracího vzduchu zůstává stejný jako v kmenových učebnách. Záleží na počtu žáků, pro které je třída navržena.

## Družiny

V přízemí jsou umístěny 2 družiny. Vycházím z předpokladu, že do družiny bude chodit přibližně 1/3 žáků. K stanovení množství větracího vzduchu jsem použila stejné vzorce jako pro výpočet množství větracího vzduchu ve třídách.

## Kabinety, sborovna

Kabinety ani sborovna nejsou považovány za trvalé pracoviště, proto nemusí být nuceně větrané. Nicméně v mém návrhu jsou kabinety navrženy pro více učitelů zároveň, což je jeden z důvodů, proč jsem se rozhodla navrhnout nucené větrání i do prostoru kabinetů a sborovny.

## Ředitelna, sekretariát

Vycházím z předpokladu, že paní ředitelka i paní sekretářka tráví velkou část své pracovní doby ve své kanceláři. Z toho důvodu jsem do ředitelny i do kanceláře sekretářky navrhla nucené větrání, aby byl zajištěn požadavek výměny vzduchu  $50\text{m}^3/\text{h}$ . [6]

## Hygienické zázemí

Hygienické zázemí je umístěno ve všech třech nadzemních podlažích nad sebou. V hygienických místnostech jsem navrhla pouze nucený odtah vzduchu. Přívod vzduchu je řešen z prostoru chodby pomocí větracích mřížek umístěných ve dveřích.

Vyhláška č. 410/2005 Sb. stanoví množství odváděného vzduchu na hygienické zařízení dle následující tabulky:

Typ prostoru	Množství vzduchu [ $\text{m}^3.\text{hod}^{-1}$ ]
-----	-----
Učebny	20-30 na 1 žáka
Tělocvičny	20-90 na 1 žáka*
Šatny	20 na 1 žáka
Umývárny	30 na 1 umývadlo
Sprchy	150-200 na 1 sprchu
Záchody	50 na 1 kabinu, 25 na 1 pisoár
-----	-----

Tab 2: Požadavky na větrání a parametry mikroklimatických podmínek [4]

Dle hodnot z této tabulky jsem navrhla množství větracího čerstvého vzduchu v hygienickém zázemí a v šatně.

## **Společné prostory**

### **Šatny**

Šatny jsou umístěny v přízemí. Je navrženo 450 skříněk, protože každý žák má svoji šatní skříňku. Návrh množství větracího vzduchu vychází z vyhlášky 410/2005 Sb.. Tato vyhláška určuje  $20\text{m}^3/\text{h}$  na jedno šatní místo. [4]

### **Chodby**

Minimální šířka chodby ve škole jsou 3 metry. Při výpočtu množství větracího vzduchu na chodbách uvažuji s hodnotou  $3\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  podlahové plochy. [14]

### **Tělocvičny**

V případě zajištění požadovaného množství větraného vzduchu, lze tělocvičnu větrat přirozeně. Spíše se ale doporučuje větrat tělocvičnu nuceným systémem a vycházet z koncentrace oxidu uhličitého.

### **Jídelna**

Jídelna je pobytovým prostorem ve smyslu vyhlášky č. 20/2012 Sb. V prostorách jídelny by měl být zajištěn dostatečný přívod vzduchu.



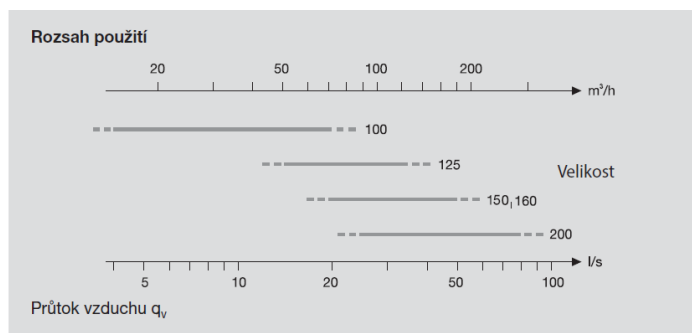
## Návrh distribučních prvků

Při návrhu distribučních prvků byl brán ohled na účel místnosti. Technické parametry byly vyhledány v technických listech daného výrobce.

Pro třídy byly jako přívodní prvky navrženy textilní vyústky společnosti Příhoda. průměru 250mm, či 200mm, pokud se jednalo o třídu určenou pro menší počet žáků. Vyústky k distribuci vzduchu využívají mikroperforaci. Pro odvod vzduchu ze tříd je navrhnut anemostat Mandík ALCM 500 typu L. Anemostat je umístěn v zadní části třídy. Třída je opatřena podhledem pouze v zadní části do vzdálenosti 1,5 od zadní stěny. Přívod i odvod vzduchu ve třídách je regulován pomocí regulátoru variabilního průtoku, dodávaného společností Optima. Na tento regulátor je připojen kompatibilní tlumič hluku od stejné společnosti.

Na chodbách, v šatně, ve sborovně a kabinetu jsou jako distribuční prvky také použity anemostaty ALCM od firmy Mandík. Jsou použity dva typy velikostí, velikost 300mm a 500mm. Tyto anemostaty slouží jak k přívodu vzduchu, tak i k odvodu vzduchu.

Hygienické prostory jsou větrány podtlakově. Jako distribuční prvek jsou použity talířové ventily od společnosti Electrodesign s.r.o.. Velikost prvku byla zvolena dle následujícího obrázku. Byly zvoleny ventily o průměru 100 a 125 mm.



Obr. 5: Návrh velikosti ventilů dle průtoku vzduchu

Ventily od společnosti Electrodesign s.r.o., jsou vzhledem k malému průtoku použity i jako distribuční prvek pro větrání ředitelny a sekretariátu. V těchto místnostech jsou doplněny o tlumič hluku.

## **Závěr**

Jak již bylo v úvodu řečeno, nucené větrání se dle mého názoru z dlouhodobého hlediska vyplatí ve školách navrhovat. Kvalitní vnitřní prostředí přispívá k omezení nemocnosti dětí a poskytuje jim lepší podmínky pro vzdělávání.

V mém projektu bylo navrženo centrální rovnotlaké větrání. Při návrhu vzduchotechniky jsem vycházela z platných norem.

Věřím, že mnou navržený systém by žákům poskytl příjemné prostředí pro jejich vzdělávání.

## Seznam použité literatury

### Knižní publikace

- 1 Papež K., Vyoralová Z., Marková L, Garlík B.,Jokl M.: Energetické a ekologické systémy budov 2: vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení. Praha: Nakladatelství ČVUT,1. vydání, únor 2007
- 2 Gebauer G., Rubinová O., Horká H.. Vzduchotechnika, ERA – vydavatelství, ISBN 80-7366-027-X, 262s., 2005
- 3 V. Zmrhal a kol. Větrání škol v souvislostech, STP 2017

### Technické normy a právní předpisy

- 4 Vyhláška č. 410/2005 Sb. kterou se stanoví hygienické požadavky na prostory a provoz škol, předškolních zařízení a některých školských zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- 5 Vyhláška č.343 ze dne 25. září 2009, kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb.,
- 6 Nařízení vlády č. 93/2012 Sb.
- 7 Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby

### Firemní materiály, katalogy výrobců, webové zdroje

- 8 Metodický pokyn pro návrh větrání škol dle Operačního programu životního prostředí, dostupné z: <http://www.opzp.cz/dokumenty/275-metodicky-pokyn-pro-navrh-vetrani-skol-vypocetn?verze=1>
- 9 Mandík – anemostaty  
[http://www.mandik.cz/getattachment/a9f8ceaa-e958-4438-9f80-64c2fae0c578/003\\_97\\_cz\\_ALCM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/a9f8ceaa-e958-4438-9f80-64c2fae0c578/003_97_cz_ALCM.aspx)
- 10 Příhoda, tkaninové potrubí a vyústky  
[http://www.prihoda.com/userfiles/dokumenty/tp\\_cz.pdf](http://www.prihoda.com/userfiles/dokumenty/tp_cz.pdf)
- 11 C.I.C. Jan Hřebec – návrhový program pro tvorbu vzduchotechnické jednotky  
<http://www.cic.cz/>
- 12 TZB info  
<https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/121-vhodne-rychlosti-m-s-ve-vzduchovodech>

13 ČVUT, FSv, katedra TZB, podklady pro výuku

[http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/62/du1\\_vypocet-mnozstvi-vetraciho-vzduchu\\_vzorci.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/62/du1_vypocet-mnozstvi-vetraciho-vzduchu_vzorci.pdf)

14 Systemair, Optima – regulátor variabilního průtoku vzduchu

[https://www.systemair.com/globalassets/websites/CZ/Katalogy/Katalog\\_Optima\\_CZ.pdf](https://www.systemair.com/globalassets/websites/CZ/Katalogy/Katalog_Optima_CZ.pdf)

15 Technika prostředí

<http://www.qpro.cz/Tlakova-ztrata-mistnimi-odpory>

16 Zmrhal V., PROJEKT – vzduchotechnika, 4. Návrh potrubní sítě

[http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/04\\_Navrh%20potrubni%20site.pdf](http://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Projekt3/Podklady/04_Navrh%20potrubni%20site.pdf)