

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
STAVEBNÍ FAKULTA



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VĚTRÁNÍ MATEŘSKÉ ŠKOLY VE STŘÍBŘE

VEDOUCÍ PRÁCE: ING. ZUZANA VEVERKOVÁ, Ph.D.

VYPRACOVAL: JAKUB HOULÍK

2021



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Houlik</u>	Jméno: <u>Jakub</u>	Osobní číslo: <u>477226</u>
Zadávající katedra: <u>K125 Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>(B3651) Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>(3608R008) Konstrukce pozemních staveb</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Větrání mateřské školy ve Stříbře</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Ventilation of the kindergarten in Stříbro</u>	
Pokyny pro vypracování: Zpracujte přehled požadavků pro zajištění vnitřního prostředí zadaného objektu, návrh a popis možných variant řešení větrání zadaného objektu ve formě konceptu, jejich posouzení a multikriteriální analýzu pro vyhodnocení nejvhodnějších variant řešení, která bude následně zpracována ve formě projektové dokumentace.	
Zpracujte projektovou dokumentaci vzduchotechniky zadaného objektu na úrovni rozšířené dokumentace pro stavební povolení dle vyhlášky 499/2006 Sb. Projekt dokumentujte půdorysy, řezy, výpočty a technickou zprávou. Součástí je výpočet množství větracího vzduchu podle požadavků prostředí, návrh prvků pro přívod a odvod vzduchu, výpočet rozměrů a určení trasy potrubí, výpočet tlakové ztráty hlavní větve potrubí, návrh VZT jednotky.	
Seznam doporučené literatury: Gebauer, G. - Vzduchotechnika budov Gebauer, G., Horká, O., Rubinová, O. - Vzduchotechnika, Era, ISBN: 80-7366-027-X, 2005 Papež, Vyoralová, Marková, Garlík, Jokl: Energetické a ekologické systémy budov 2. - skripta ČVUT ČSN EN 16798-3 Energetická náročnost budov - Větrání budov - Část 3: Pro nebytové budovy - Výkonové požadavky na větrací a klimatizační systémy místností Chadderton, D. - Building Services Engineering, Routledge 2013, ISBN 0415699312 Daniel Klaus, Technika budov - Příručka pro projektanty, Jaga Vladimír Zmrhal a kol., Větrání škol v souvislostech, Společnost pro techniku prostředí z.s.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Zuzana Veverková</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>16.2.2021</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>16.5.2021</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně podle odborných konzultací a uvedené literatury.

V Praze dne.....

podpis.....

## Poděkování

Tímto bych velice rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Zuzaně Veverkové, Ph.D. za odborné vedení mé práce.

Dále bych rád poděkoval své rodině, která mě podporovala během celého studia na vysoké škole.

## Abstrakt

Tato závěrečná práce je zaměřena na vzduchotechnické systémy ve školách. V textové části jsou rozebrány důvody větrání a také různé způsoby a systémy větrání současných budov. Druhá polovina textové části je o rozboru a analýze systému větrání v daném objektu mateřské školy. Z několika různých možností je zde vybrána ta nejlepší a na tu je dále zpracována projektová dokumentace pro stavební povolení.

Druhá část je výkresová část zařízení vzduchotechniky v mateřské škole.

## Klíčová slova

Mateřská škola, větrání, vzduchotechnika, škodliviny ve vzduchu.

# Abstract

This Bachelor thesis is focused on ventilation systems in schools. The text part discusses the reason for ventilation as well as various methods and systems of ventilation in currently built buildings. The second half of the text part is about analysis of the ventilation system in kindergarten building. From the several different options. The best one is selected and the project documentation for the building permit is made here.

Second part is a design part of ventilation system in kindergarten building.

## Key Words

Kindergarten, ventilation, ventilation system, pollutants in the air.

# 1. Obsah

1. Obsah.....	7
2. Úvod.....	9
3. Požadavky na vnitřní prostředí škol.....	9
3.1. Akustika.....	9
3.2. Osvětlení.....	10
3.3. Teplota a vlhkost vzduchu.....	11
3.4. Větrání.....	11
4. Typy větracích systémů (podle stylu větrání).....	13
4.1. Přirozené větrání.....	14
4.1.1. Infiltrace.....	14
4.1.2. Aerace.....	15
4.1.3. Šachtové větrání.....	16
4.1.4. Provětrávání.....	17
4.2. Nucené větrání.....	18
4.2.1. Podtlakové větrání.....	18
4.2.2. Přetlakové větrání.....	19
4.2.3. Rovnotlaké větrání.....	20
4.3. Hybridní větrání.....	21
5. Typy větracích systémů (podle místního členění).....	22
5.1. Centrální větrání.....	22
5.2. Lokální větrání.....	24
6. Popis objektu mateřské školy.....	24
7. Preferovaný systém větrání.....	25
8. Jednotlivé varianty rovnotlakého větrání pro zadaný objekt mateřské školy	26
8.1. Centrální jednotka pro celý objekt v technické místnosti.....	26

8.2. Dvě jednotky v technické místnosti.....	28
8.3. Tři jednotky ve dvou technických místnostech.....	29
8.4. Dvě jednotky (jedna na střeše a jedna v technické místnosti).....	30
8.5. Dvě jednotky na střeše .....	32
8.6. Dvě jednotky na střeše + VAV box pro každou třídu.....	33
9. Vyhodnocení variant.....	33
10. Větrání kuchyně.....	34
11. Výpočtová část.....	35
11.1. Výpočet potřeby vzduchu.....	35
11.2. Výpočet talkových ztrát v potrubí.....	36
12. Závěr .....	37
13. Seznam obrázků a tabulek.....	38
14. Bibliografie .....	39



## 2. Úvod

Větrání budov je v dnešní době velice diskutované téma. V současnosti tráví lidé v budovách velkou část života, a proto je důležité dbát na zdravé vnitřní prostředí.

Ve školách je bohužel kvalita vzduchu mnohdy špatná. Větrání je často opomíjené, a tak dochází k nadměrnému znehodnocení vnitřního vzduchu. Může docházet k bolestem hlavy, únavě, nevolnosti nebo snížení soustředěnosti.

V této práci jsou rozebrány jednotlivé systémy větrání budov a jejich možné využití pro větrání zadaného objektu mateřské školy. Po výběru systém následuje výběr z několika variant provedení nejlepšího systému. Na ideální variantu je zpracována projektová dokumentace pro stavební povolení.

## 3. Požadavky na vnitřní prostředí škol

Hygienické požadavky na vnitřní prostředí mateřských škol popisuje vyhláška 343/2009 Sb. Jsou v ní popsány limitní hodnoty pro mikroklima v budově, větrání a osvětlení.

### 3.1. Akustika

Akustické podmínky přímo ovlivňují soustředěnost žáka. Hluk se do místnosti dostává skrze stěny ohraničující místnost a dále může také vznikat uvnitř místnosti. Nejslabším místem v obvodové konstrukci jsou okna a dveře. Při jejich otevření dochází k volnému šíření hluku skrz konstrukci. Hluk vyprodukovaný vnitřními zdroji se šíří vzduchem a také chvěním stavebních konstrukcí.

Dalším zdrojem hluku může být vzduchotechnická jednotka. Hluk generuje provoz ventilátoru, a proto je vhodné, v případě že je to možné, provést na potrubí tlumiče hluku těsně za ventilátor, aby se šíření hluku

potrubím eliminovalo nedaleko zdroje a nešířilo se dále potrubím. (Zmrhal, 2017)

Požadované akustické hodnoty konstrukcí ve školách určuje norma ČSN 73 0532.

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	$L'_{n,w}, L'_{nT,w}$ dB	$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	$R_w$ dB
<b>Školy a vzdělávací instituce – učebny, výukové prostory, kabinety učitelů</b>					
1	Učebny, výukové prostory, kabinety	≥ 53	≤ 55	≥ 47	≥ 37
2	Společné prostory, chodby, schodiště	≥ 53	≤ 58	≥ 47	≥ 32 <sup>a</sup> ≥ 27 <sup>b</sup>
3	Hlučné prostory (dílny, jídelny, herny, technická centra) $L_{A,max} ≤ 85$ dB	≥ 55	≤ 48	≥ 52	–
4	Velmi hlučné prostory (hudební učebny, dílny, tělocvičny) $L_{A,max} ≤ 90$ dB <sup>c</sup>	≥ 60	≤ 48	≥ 57	–

Tabulka 1 Požadované akustické hodnoty konstrukcí (ČSN 73 0532)

## 3.2. Osvětlení

Ve vnitřních prostorách mateřských škol jsou požadované hodnoty osvětlení odpovídající ČSN 730580-1.2.3. V předškolním věku, kdy se dětské tělo vyvíjí, je důležité zajistit dostatečné množství přirozeného denního osvětlení při manuální činnosti. Dostatečným množstvím světla dosáhneme zrakové pohody. Důvody upřednostnění denního osvětlení před umělým jsou jak zdravotní tak i ekonomické. (Čermák, 2020)

Tabulka z normy ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov Část 1: Základní požadavky určuje nejnižší požadovaný činitel denní osvětlenosti podle užívání prostoru. (ČSN 73 0580-1)

Tabulka B.1 – Požadované nejnižší hodnoty činitele denní osvětlenosti  $D_w$  (°) roviny zasklení okna

Kategorie	Typ posuzovaného prostoru, charakter lokality	Nejnižší $D_w$ (%)	Odpovídá úhlu $\varepsilon$ (°) stínění podle B.4
1	Prostory s vysokými nároky na denní osvětlení (denní místnosti zařízení pro předškolní výchovu, učebny škol apod.)	35	24
2	Běžné prostory s trvalým pobytem lidí	32	30
3	Prostory s trvalým pobytem lidí v souvislé řadové zástavbě v centrech měst	29	36
4	Prostory s trvalým pobytem lidí v mimořádně stíněných podmínkách historických center měst	24	45

Tabulka 2 Požadovaný činitel denní osvětlenosti (ČSN 73 0580-1)

### 3.3. Teplota a vlhkost vzduchu

Cílem regulace teploty a vlhkosti je zajistit tepelnou pohodu uživatelů. Tepelná pohoda je kombinace hodnot teploty a vlhkosti, při které se člověk cítí příjemně. (Zmrhal, 2017)

Ve vyhlášce číslo 343/2009 Sb. jsou dány minimální, optimální a maximální teploty vzduchu podle místností. Dále vyhláška určuje rychlost proudění vzduchu a jeho relativní vlhkost.

Typ prostoru	Výsledná teplota			Rychlost proudění $v_a$ [ $m \cdot s^{-1}$ ]	Relativní vlhkost rh [%]
	$t_{g \text{ min}}$ [°C]	$t_{g \text{ opt}}$ [°C]	$t_{g \text{ max}}$ [°C]		
Učebny, pracovny, místnosti určené k dlouhodobému pobytu	20	22 ±2	28	0,1-0,2	30-65
Tělocvičny	18	20 ±2	28	0,1-0,2	30-65
Šatny	20	22 ±2	28	0,1-0,2	30-65
Sprchy	24	-	-	-	-
Záchody	18	-	-	0,1-0,2	30-65
Chodby	18	-	-	0,1-0,2	30-65

Tabulka 3 Teploty ve školních místnostech (vyhláška č. 343/2009 Sb.)

### 3.4. Větrání

Hlavním důvodem větrání je snaha odvádět a ředit škodliviny v objektu. Tyto škodliviny se mohou uvolňovat ze stavebních materiálů, chemických přípravků, nebo třeba z nábytku. Zdrojem škodlivin je také člověk a jeho aktivita. (Zmrhal, 2014)

Častým důvodem výměny vzduchu je nadměrná koncentrace oxidu uhličitého produkovaného uživateli objektu. Ten však není jedinou škodlivou látkou, která se v interiéru staveb nachází. Dalšími lidskými produkty jsou vodní páry nebo zápachy. Škodliviny, které neprodukuje člověk, se uvolňují z materiálů, nebo se do interiéru dostávají z venkovního prostředí. Jedná se například o benzen, který produktem hoření fosilních paliv. Formaldehyd je také produktem hoření. Oxid dusičitý vzniká spalováním plynů v plynových spotřebičích. Styren je uvolňován ze stavebních materiálů jako například polystyren. Toluén je obsažen v barvách, lacích a lepidlech. Ve vnitřním

ovzduší se nachází i další škodliviny. Ve vyhlášce 6/2003 Sb. jsou udány limitní hodnoty škodliviny pro vnitřní prostředí budov. (Jiránek)

Ukazatelé	jednotka	limit <sup>4)</sup>
oxid dusičitý	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	100
frakce prachu PM10 <sup>1)</sup>	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	150
frakce prachu PM2,5 <sup>2)</sup>	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	80
oxid uhelnatý	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	5000
ozón	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	100
azbestová a minerální vlákna <sup>3)</sup>	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 xylenů	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	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

Tabulka 4 Limitní koncentrace škodlivin v interiéru (Vyhláška č.6/2003 Sb.)

Množství větraného vzduchu se často navrhuje podle koncentrace oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) v místnosti. Koncentrace je závislá na počtu osob a jejich aktivitě. Člověk, který vykonává vysokou aktivní činnost produkuje přibližně 6krát více oxidu uhličitého než člověk, který je v klidu. Proto se navrhované množství vyměněného vzduchu velice liší podle provozu objektu. Při velké koncentraci oxidu uhličitého ve vzduchu začíná být člověk unavený, bolí ho hlava nebo pociťuje jiné nepříjemné fyzické příznaky. (Kops, 2019)

Pro školní objekty platí upravená potřeba čerstvého vzduchu na žáka vzhledem k jeho věku.

Množství venkovního vzduchu [ $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{žáka}$ ]			
3 – 6 let	6 – 10 let	10 – 15 let	15 – 18 let
Školka	1. stupeň ZŠ	2. stupeň ZŠ	SŠ
10	12	18	20

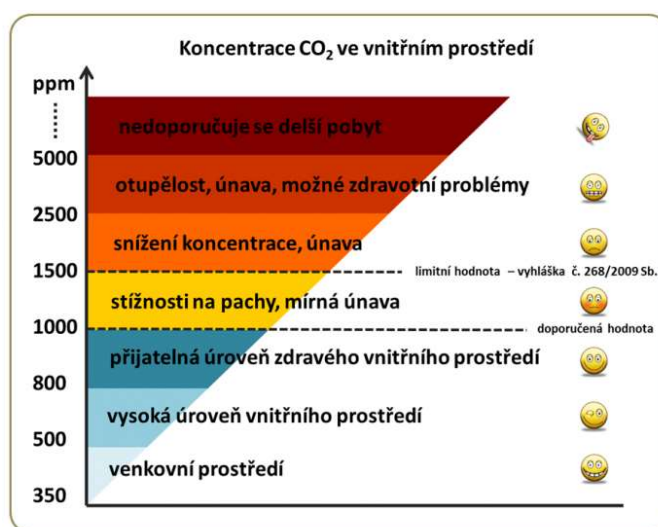
Tabulka 5 Potřeba vzduchu ve školských objektech (Operační program Životní prostředí, 2019)

V tabulce je znázorněna koncentrace CO<sub>2</sub> a vliv na člověka.

Koncentrace [ppm]	Účinky
cca 350	úroveň venkovního prostředí
do 1000	doporučená úroveň CO <sub>2</sub> ve vnitřních prostorách
1200–1500	doporučená maximální úroveň CO <sub>2</sub> ve vnitřních prostorách
1000–2000	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2000–5000	nastávají možné bolesti hlavy
5000	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5000	nevolnost a zvýšený tep
> 15000	dýchací potíže
> 40000	možná ztráta vědomí

Tabulka 6 Koncentrace oxidu uhličitého a vliv na člověka (Bohuslávek, 2018)

V České republice jsou vyhláškou č. 268/2009 Sb. stanoveny hodnoty maximální koncentrace oxidu uhličitého v obytných místnostech na 1500 ppm (Parts Per Milion = 1/1 000 000), avšak doporučená hodnota by neměla překročit hodnotu 1000 ppm.



Obrázek 1 Koncentrace CO<sub>2</sub> ve vnitřním prostředí (Pasivní domy, 2020)

## 4. Typy větracích systémů (podle stylu větrání)

Tato kapitola popisuje jednotlivé možnosti větracích systémů. V každé podkapitole je popsán systém a také jeho možnost využití pro zadaný objekt mateřské školy.

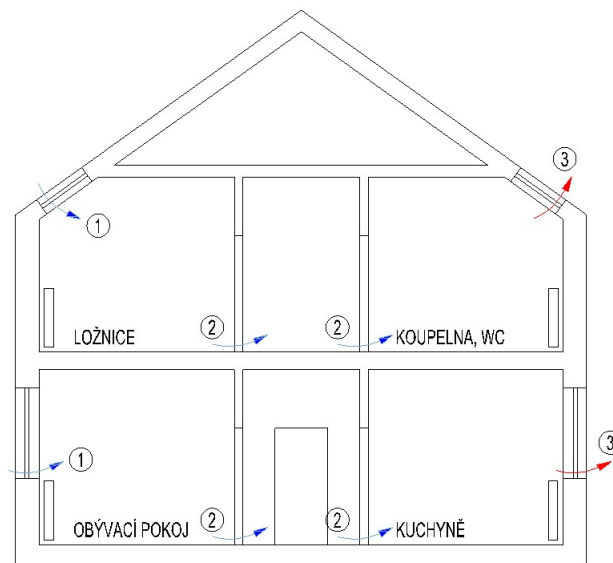
## 4.1. Přirozené větrání

Přirozené větrání funguje na principu samovolné výměny vnitřního vzduchu. Využívá rozdílných teplot mezi vnějším a vnitřním prostředím a také tlakového účinku větru. Problém přirozeného větrání je nemožnost regulace toku vzduchu. Další nevýhodou je nemožnost filtrace vzduchu. (Hospodářská komora ČR, 2017)

Existuje několik druhů přirozeného neboli samovolného větrání. Jsou to infiltrace, aerace, šachtové větrání a provětrávání.

### 4.1.1. Infiltrace

Infiltrace je přirozený tok vzduchu netěsnostmi spár oken a dveří. Infiltraci okenními a dveřními spárami nelze pro nově postavené budovy uvažovat jako jedinou možnost větrání podle ČSN EN 15665/Z1. (Hospodářská komora ČR, 2017)



Obrázek 2 Infiltrace vzduchu (Hospodářská komora ČR, 2017)

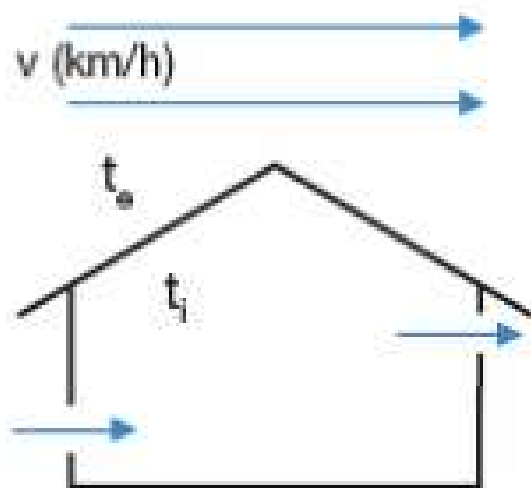
#### Pro zadaný objekt:

Pro mateřskou školu je tento systém nedostačující a podle ČSN EN 15665/Z1 neproveditelný. Větrací spárou dokáže proudit jen malé množství vzduchu, které by nesplňovalo hygienické požadavky pro mateřskou školu. Navíc se objekt nachází v centru města Stříbro, kde je ovzduší znečištěno škodlivinami z okolní dopravy.

### 4.1.2. Aerace

Aerace je dalším způsobem přirozeného větrání. Princip je založen na rozdílu teplot interiéru a exteriéru. Systém je také závislý na proudění větru. Přívod vzduchu je řešen ve spodní části stěny a odvod je proveden pod stropem. (Cifrinec, 2010)

Výhodou je levné provedení systému a snadná údržba. V letním období je systém skoro nefunkční díky bezvětrnému počasí, naopak v zimních měsících dochází k nadměrnému větrání a tepelným ztrátám. Další nevýhodou je nemožnost filtrace vzduchu a riziko vniknutí škodlivin do objektu. (Cifrinec, 2010)



funkční jen pro  $t_i > t_e$

Obrázek 3 Aerace (Cifrinec, 2010)

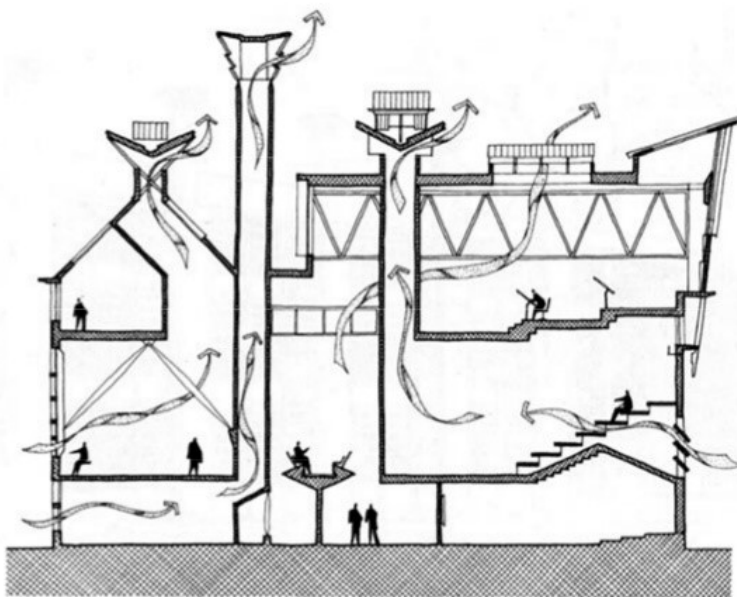
#### Pro zadaný objekt:

Aerace se využívá nejvíce v halových objektech a objektech s velkou světlou výškou. V mateřské škole je také třeba zajistit konstantní přísun čerstvého vzduchu neohledně na roční období nebo povětrnostní podmínky, a to není systém aerace schopen zajistit.

### 4.1.3. Šachtové větrání

Šachtové větrání je nestandartní řešení přirozeného větrání. Princip je obdobný jako v případě aerace, ovšem s tím rozdílem, že odvod vzduchu zajišťuje šachta pro několik podlaží najednou. Šachty se obvykle používají pouze pro odvod vzduchu, ale je možné je navrhnout i na přívod. Vlivem velkého rozdílu výšek přívodu a odvodu vzduchu dochází k velkému rozdílu tlaků. (Adamovský, nedatováno) (Cifrinec, 2010)

Výhody šachtového přirozeného větrání jsou v levném provozu a údržbě. Nevýhodou je pronikání hluku z venkovního prostředí do interiéru. V letních obdobích může docházet k obrácení směru proudění vzduchu z důvodu vyšší exteriérové teploty oproti interiérové. (Cifrinec, 2010)



Obrázek 4 Zimní provoz šachtového ventilačního systému (Short, 2007)

#### Pro zadaný objekt:

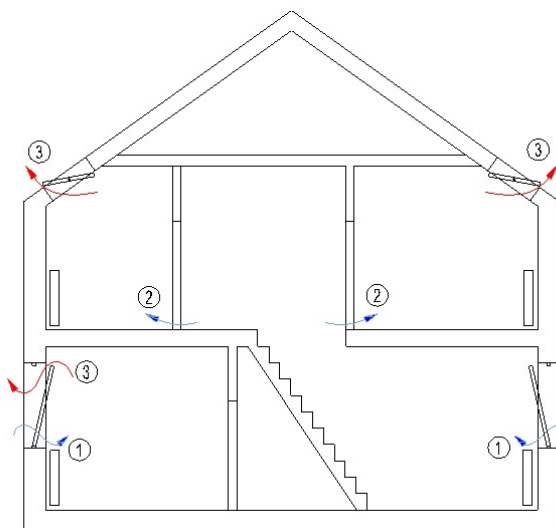
Objekt mateřské školy, který je řešen, je pouze dvoupodlažní. Není dosaženo dostatečného rozdílu výšek pro bezproblémovou funkci šachtového větracího systému.



#### 4.1.4. Provětrávání

Provětrávání je další z možných způsobů přirozeného větrání objektů. Principem je záměrné větrání otevřenými okny, kdy záleží na rozdílu teplot venkovního a vnitřního vzduchu a také na povětrnostních podmínkách. (Operační program Životní prostředí, 2019)

Na rozdíl od infiltrace, aerace a šachtového větrání hraje v tomto způsobu větrání velkou roli lidský faktor. V místnosti se musí manuálně otevírat okna, což není komfortní, díky tomu lidé hlavně v zimních měsících nevětrají dostatečně. (Operační program Životní prostředí, 2019)



Obrázek 5 Provětrávání (Hospodářská komora ČR, 2017)

#### Pro zadaný objekt:

Pro řešený objekt je provětrávání také nevhodná varianta. Při tomto způsobu větrání dochází k velkým tepelným ztrátám, nebo se vnitřní vzduch dostatečně nevyměňuje. Nehledě na to, že rychlé změny teplot mohou mít na organismus dítěte negativní dopad.

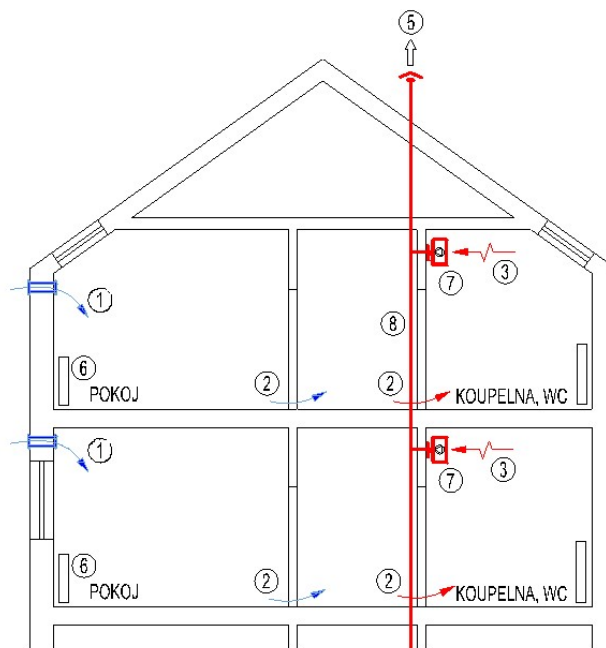
Celkově shrnuto, přirozené větrání je pro řešený objekt nedostatečné. S ohledem na dnešní požadavky na energetickou náročnost občanských staveb jde o nevhodnou volbu.

## 4.2. Nucené větrání

System nuceného větrání funguje takovým způsobem, že je vzduch ventilátorem nucen k pohybu. Nevýhodou nuceného větrání je nutnost připojení systému elektrické energie. Na druhou stranu výhodou je možnost regulace množství vzduchu podle potřeby. (Adamovský, nedatováno)

### 4.2.1. Podtlakové větrání

Jednou z možností, jak nuceně větrat, je podtlakové nucené větrání. Nucené podtlakové větrání lze použít pouze v případě, že je v okolí budovy neznečištěný vzduch. Ventilátor vytváří tlak a za pomoci něho dochází k proudění vzduchu. K vyrovnání tlaku, který vytvoří ventilátor na odvodu, dochází větracími otvory, které jsou provedeny v obálce budovy a těmi může v zimních měsících proudit do budovy chladný venkovní vzduch. (Zmrhal & Petlach, 2011)



Obrázek 6 Nucené podtlakové větrání (Hospodářská komora ČR, 2017)

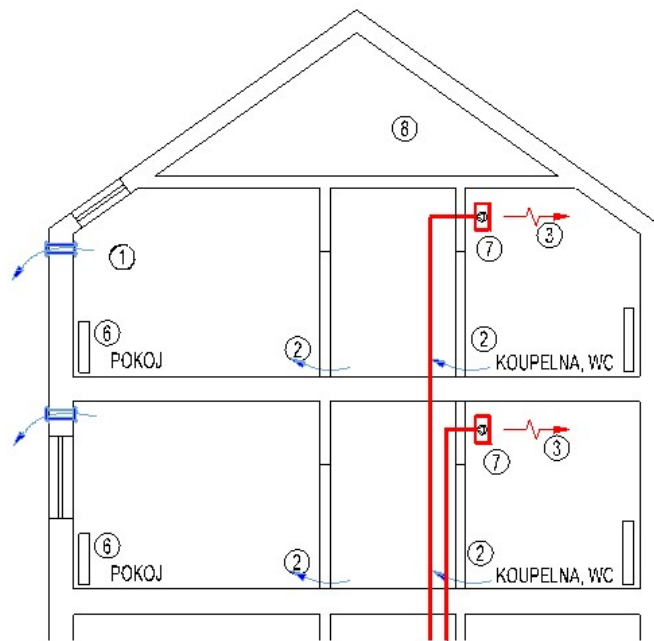
#### Pro zadaný objekt:

System podtlaku je vhodné využít například na toaletách. Skrze dveřní mřížku se přisává vzduch z přilehlé místnosti a ventilátorem je odveden z místnosti. Pro větrání celého objektu se jedná o nevhodnou variantu

z důvodu přívodu studeného vzduchu v zimním období a také možnosti výskytu škodlivin v okolí budovy.

#### 4.2.2. Přetlakové větrání

Přetlakové větrání funguje na obráceném principu než podtlakové. Vzduch se do místnosti přivádí ventilátorem a odvod je zajištěn prostupem v obvodové stěně. (Adamovský, nedatováno)



Obrázek 7 Přetlakové větrání (Hospodářská komora ČR, 2017)

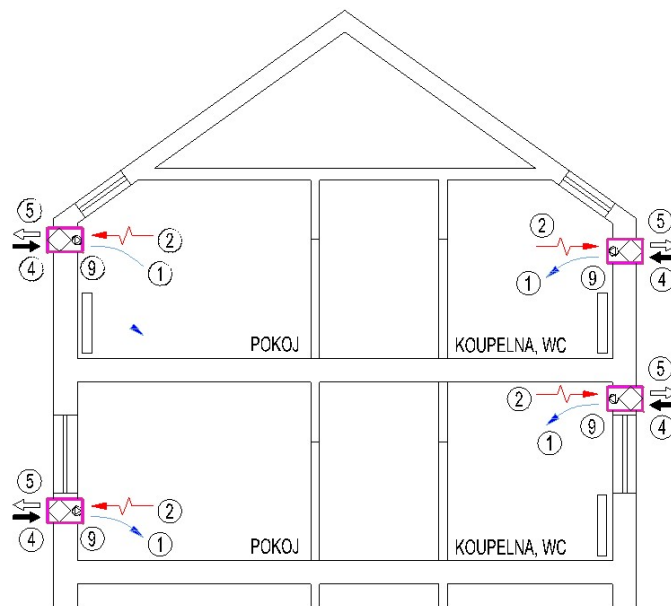
U přetlakového větrání je možné lépe řídit kvalitu a vlastnosti vzduchu přiváděného do objektu oproti podtlakovému větrání. Na přivodní potrubí není problém provádět filtrační zařízení. Vzduch je přiváděn většinou do hlavních obytných místností ve středu celku, který větráme. Přetlakem se přirozeně šíří do ostatních místností a z nich netěsnostmi nebo otvory ve stěnách do venkovního prostředí. Z nárazově využívaných místností s velkým množstvím znehodnoceného vzduchu, jako je koupelna nebo WC, je možné odvádět vzduch pomocí ventilátoru. (Rubinová & Šikula, 2005)

### Pro zadaný objekt:

Přetlakové větrání je jedna z možných variant, která je použitelná pro řešení daného objektu. Výhodou je snadná instalace systému, nízké pořizovací náklady a přívod upraveného vzduchu. Nevýhodou tohoto systému je vysoká hlučnost ventilátoru a možnost průvanu.

### 4.2.3. Rovnotlaké větrání

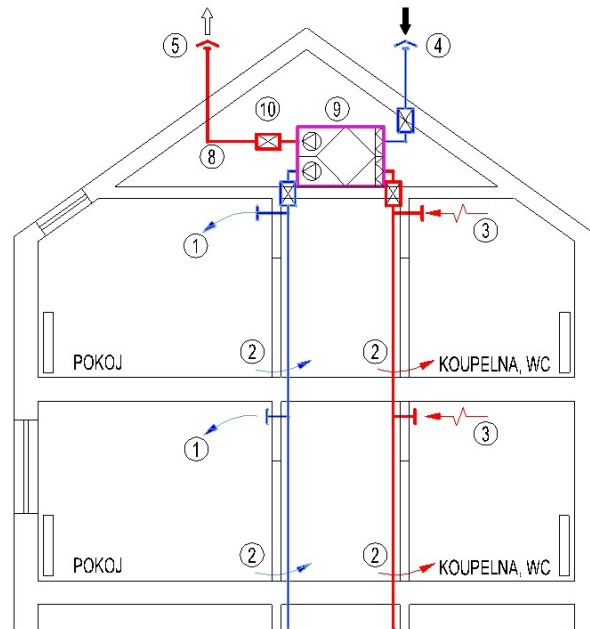
Rovnotlaké větrání je založeno na rovnosti vnitřního a vnějšího tlaku. Tento jev nastává v případě, že množství přiváděného vzduchu bude stejné jako množství odváděného vzduchu. Je zde možné rozdělení na centrální a lokální variantu. Dopravní tlak vzduchu zajišťuje dvojice ventilátorů umístěných v jednotce, která obsahuje ventilátory, volitelně výměník na zpětné získávání tepla a filtr vzduchu. (Zmrhal & Petlach, 2011) (Adamovský, nedatováno)



Obrázek 8 Rovnotlaké lokální větrání (Hospodářská komora ČR, 2017)

V případě použití rekuperačního výměníku se může jednat o energeticky úsporný systém nuceného větrání. Výměník je velice často do jednotky zaimplementován a má vysokou účinnost. Výrobci uvádějí účinnost mezi 60 a 95 %. (Atrea, nedatováno)

Výhodami je vyšší kvalita vzduchu oproti podtlakovému větrání, možnost využití výměníku pro zpětné získávání tepla a zpravidla nižší hluchnost v obytných místnostech. Nevýhodou oproti ostatním systémům jsou vyšší pořizovací náklady a prostorové nároky na umístění vzduchotechnické jednotky. (Zmrhal & Petlach, 2011)



Obrázek 9 Rovnotlaké centrální větrání (Hospodářská komora ČR, 2017)

#### Pro zadaný objekt:

Pro budovy mateřské školy a obecně všechny školské objekty jde o vhodné řešení. S rekuperačním výměníkem se snižují náklady na vytápění, což je velice žádaný efekt výměníku. Výhodou rovnolakového větrání je možnost přesného nastavení množství přiváděného a odváděného vzduchu a také jeho vlastností. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady a nutnost vyhrazení prostoru na jednotku. (Zmrhal, 2017) (Operační program Životní prostředí, 2019)

### 4.3. Hybridní větrání

Další možností je provedení hybridního větrání. Jedná se o větrání nucené, kombinované s větráním přirozeným. Podle předpokladů odborníků se brzy stanou hybridní systémy nejperspektivnějšími systémy větrání kvůli své nízké energetické náročnosti. Nízká energetická náročnost spočívá ve

zvýšení účinnosti ventilátoru a snížení tlakových ztrát v potrubí. (Zmrhal, 2017)

Hybridní větrání funguje ve dvou režimech. Buď jako přirozené (viz kapitola číslo 4.1), nebo jako nucené (viz kapitola číslo 4.2). Hybridní větrání reguluje větrání přirozené a nucené podle denní doby, ročního období, nebo podle venkovních klimatických podmínek. Jedná se tedy o vyspělý inteligentní systém, který pomocí řídicích prvků rozpozná, kdy dostačuje přirozené větrání, a kdy už musí být zapnut ventilátor. (Jícha, 2014)

Hlavním motivem pro střídání přirozeného a nuceného větrání je snížení nákladů na energii spotřebovanou ventilátorem, protože pro určitou dobu provozu postačuje přirozené větrání. (Jícha, 2014)

#### **Pro zadaný objekt:**

Pro řešenou mateřskou školu je tato varianta možná, ale není vhodná. V objektu jsou přítomny malé děti a nadměrné otvírání oken není žádoucí. Systém z hlediska montáže také není výhodný, protože potrubní rozvody budou obdobné, jako kdybychom měli nucené rovnotlaké větrání. Dalším důvodem je fakt, že při přirozeném větrání vzduch neprochází přes filtr, a tedy není možná jeho úprava a čištění.

## **5. Typy větracích systémů (podle místního členění)**

V kapitole 4: Typy větracích systémů (podle stylu větrání) jsou popsány možnosti větrání. V případě nuceného větrání je třeba rozlišit umístění jednotky pro výměnu vzduchu. Jsou dvě možnosti umístění jednotky: Centrální a lokální. (Adamovský, nedatováno)

### **5.1. Centrální větrání**

V centrálním systému větrání je jeden nebo více ventilátorů umístěných ve vzduchotechnických jednotkách, které ovládají klima

v objektu. Jednotky jsou v technických místnostech, nebo na střeše. Systém obsluhuje celou budovu nebo jednu z jejích částí. (Adamovský, nedatováno)

Ukázka jednotky pro centrální větrání viz obrázek 10 (centrální vzduchotechnická jednotka s rekuperací)



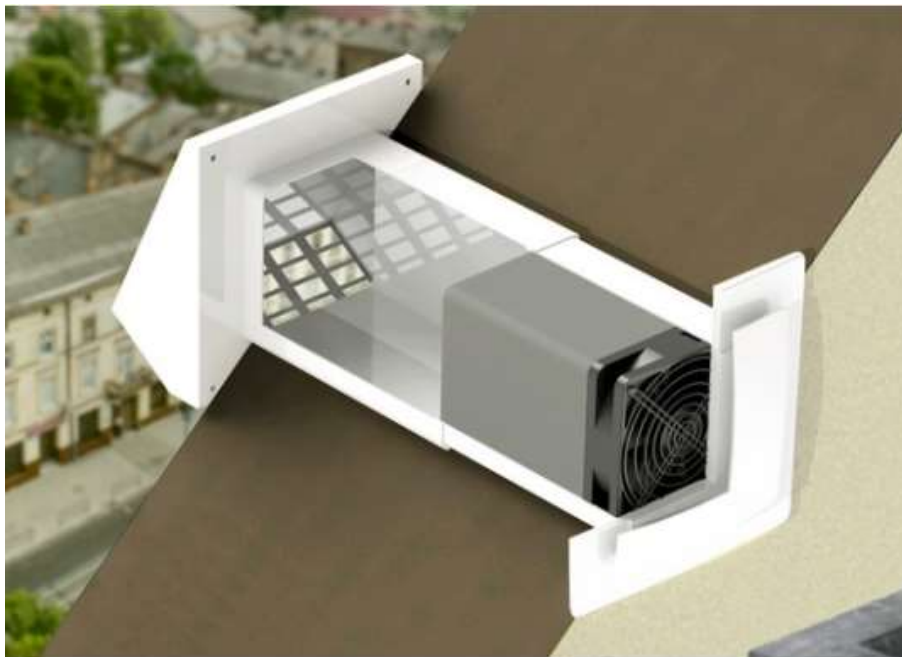
*Obrázek 10 Centrální vzduchotechnická jednotka s rekuperací (Atrea, nedatováno)*

V mateřské škole, která je malá a má pouze jednu nebo dvě třídy se často umísťuje jedna jednotka. V případě větších mateřských škol je možnost využití více jednotek.

Výhodou centrální vzduchotechnické jednotky je zpravidla velká účinnost rekuperačního výměníku (v případě osazení) a nižší náklady na údržbu jednotek. Dále je výhodou snížení hluku v místnosti, kde je potřeba vzduchu. Tlumičem instalovaným na potrubí za jednotkou lze hlučnost dále snižovat. (Wärmerückgewinnung, 2020)

## 5.2. Lokální větrání

V lokálním systému nuceného větrání obstarává výměnu vzduchu větší množství jednotek. Jednotky určují kvalitu vzduchu pouze v malém množství místností nebo pouze v jedné místnosti. Tento systém zajišťuje řešení lokálního problému tvorby a shromažďování škodlivin. (Adamovský, nedatováno)



Obrázek 11 Lokální vzduchotechnická jednotka s rekuperací (Švec, 2018)

Výhodou lokálního systému větrání je možnost zajištění rozdílných vlastností vzduchu v jednotlivých prostorách objektu. Nevýhodou je často menší množství funkcí větrací jednotky. (Adamovský, nedatováno)

## 6. Popis objektu mateřské školy

Řešeným objektem je mateřská škola Přístavní ve městě Stříbro, okres Tachov v Plzeňském kraji.

Mateřská škola má dvě nadzemní podlaží. Objekt je postaven na rovném terénu. V objektu jsou čtyři třídy. První nadzemní podlaží má půdorysně větší rozměry než druhé nadzemní podlaží. V prvním nadzemním podlaží se nachází dvě třídy, ředitelna, sborovna, kuchyň, zázemí personálu, sklady a technická místnost. Druhé nadzemní podlaží je půdorysně menší,



jsou zde pouze dvě třídy. Objekt má přibližně tvar obdélníku s vykousnutím ve druhém patře. Půdorysné rozměry objektu jsou 37,3 × 26,2 m. Zastavěná plocha činí 977 m<sup>2</sup>. Výška nejvyššího bodu nosné konstrukce je 8,400 m. Konstrukční výška jednotlivých podlaží je 3,950 m, světlá výška 3,000 m. Vstup do objektu je hlavním vchodem a několika postranními vchody ze zahrady. Střecha nad prvním podlažím je provedena zelená pochozí, na kterou je vstup z chodby a z obou tříd ve druhém podlaží. Plochá střecha nad druhým nadzemním podlažím je nepochozí, nachází se na ní zařízení vzduchotechnických jednotek.

Nosný systém objektu je železobetonový skelet. Pod nosnými železobetonovými sloupy jsou provedeny základové železobetonové patky. Obvodové výplňové zdivo je založeno na základových prazích opřených do základových patek. Vnitřní železobetonové patky mají odlišný rozměr oproti patkám po obvodu objektu. Vodorovné nosné konstrukce jsou železobetonové předepjaté dutinové panely osazené na T trámech. Schodiště jsou z prefabrikovaného železobetonu založené na železobetonové patky.

Kuchyň v objektu mateřské školy funguje od 6:00 do 14:00. Do tříd začínají chodit děti od 7:00 a poslední odcházejí nejpozději do 17:00. V kuchyni pracují 4 kuchařky a vedoucí kuchyně. Jednotlivé třídy mají maximální kapacitu 24 dětí a při plné obsazenosti jsou přítomny 3 učitelky.

## 7. Preferovaný systém větrání

V kapitole 4: Typy větracích systémů (podle stylu větrání) jsou popsány jednotlivé možnosti větracích systémů. Jako vhodný se nabízí systém rovnotlakého nuceného větrání. Je to v dnešní době hojně používaný systém větrání ve školních budovách díky jeho energetické úspornosti v případě použití zpětného získávání tepla.

Hlavní výhodou rovnotlakého systému je možnost snadné rekuperace vložené energie. Tento systém zajišťuje přísun kvalitního vzduchu v přesně požadovaném množství a dosahuje přesných hodnot podle požadavků

provozovatele. A také je v dlouhodobém časovém horizontu finančně úsporný a díky využití zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu jsou požadavky na energii sníženy. (Rubinová, 2011) (Zmrhal & Petlach, 2011)

U nuceného systému větrání existuje několik variant, které mohou být provedeny. Může být použit různý počet jednotek, různé umístění nebo různé druhy trubního vedení.

## 8. Jednotlivé varianty rovnotlakého větrání pro zadaný objekt mateřské školy

Před návrhem vzduchotechnického systému jsem vypracoval studii jednotlivých systémů v kapitole 4: Typy větracích systémů (podle stylu větrání). Z této studie jsem vyhodnotil, že nejlepší je použití rovnotlakého nuceného systému. Následně jsem provedl výběr několika variant provedení rovnotlakého systému a provedl předběžný návrh. Pro tyto návrhy jsem vytvořil tabulku a zhodnotil jejich kladné a záporné stránky. Podle bodového systému jsem vybral vhodnou variantu. Viz kapitola 9: Vyhodnocení variant.

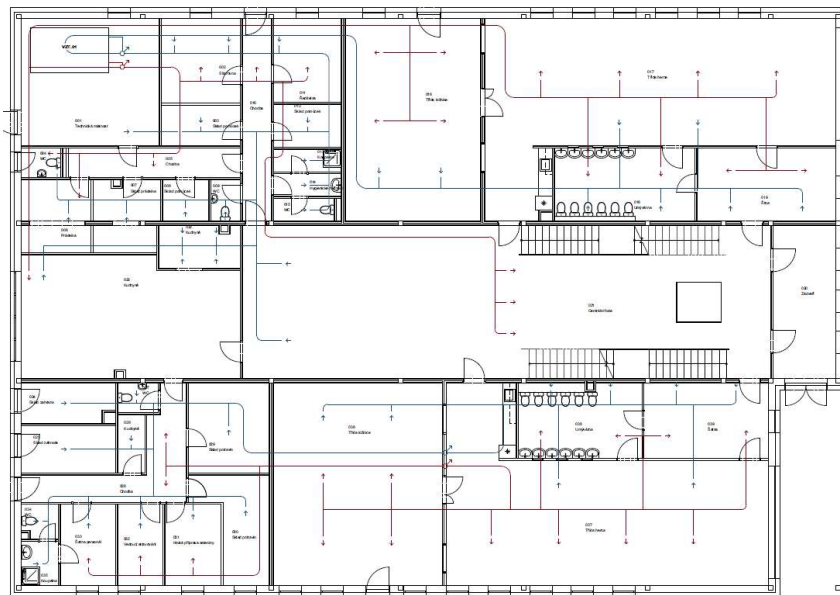
### 8.1. Centrální jednotka pro celý objekt v technické místnosti

Prvním návrhem je vzduchotechnický systém, který by pomocí jedné vzduchotechnické jednotky umístěné v technické místnosti (viz obr. č 13) větral celý objekt mateřské školy. Tento návrh je zavrhnut, z důvodu obtížného použití jedné jednotky pro kuchyň a třídy dohromady, vzhledem k úplně jiným podmínkám a požadavkům na vnitřní kvalitu vzduchu. Další překážkou v použití tohoto systému je odlišný časový režim těchto prostor.

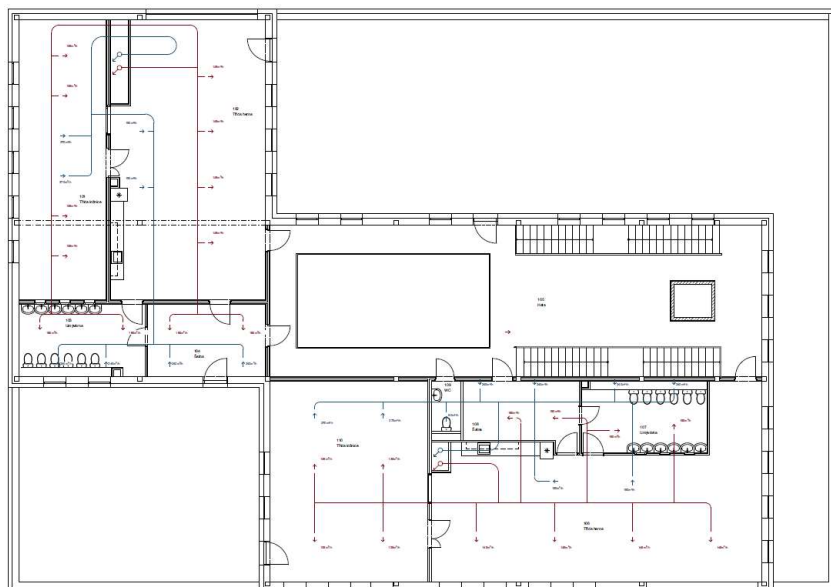
Jednotka je umístěna v technické místnosti. Vzhledem k velkému množství potřebného vzduchu pro celý objekt má velké rozměry a také potrubí v blízkosti jednotky má velké dimenze. A právě velké dimenze potrubí jsou dalším problémem. Nesmí docházet ke kolizím potrubí a trámů

nesoucích stropní panely. Vzhledem k lokaci jednotky, která se nachází v severním rohu budovy je mnoho míst, kde se potrubí s trámy kříží.

Důvodem, proč se zdá možnost jedné jednotky velice výhodná je fakt, že teplo vyprodukované při vaření v kuchyni se ve zpětném výměníku tepla využije na ohřev přiváděného vzduchu. Nevýhody této varianty převažují nad výhodami.



Obrázek 13 Generel 1.np první varianta



Obrázek 12 Generel 2.np první varianta

- **Výhody**

Použití pouze jedné jednotky (snazší údržba).

Vysoká míra rekuperace, která využívá i teplo z kuchyňského prostoru.

- **Nevýhody**

Jiný časový provoz kuchyně a tříd.

Vzduch má ve všech místnostech stejnou kvalitu.

V případě poruchy dojde ke kompletnímu odstavení přívodu a odvodu vzduchu celé mateřské školy.

Velké dimenze potrubí.

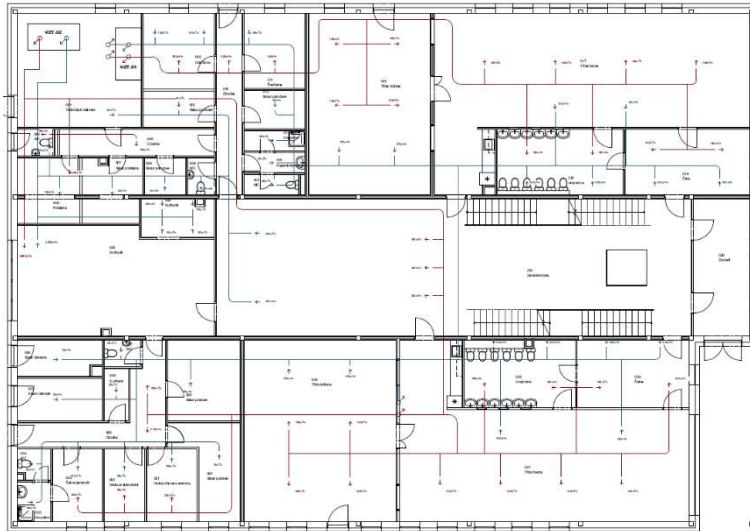
Velké množství křížení potrubí a trámů.

Velké tlakové ztráty na potrubí.

Není řešena regulace vzduchu v případě odlišného provozu tříd.

## **8.2. Dvě jednotky v technické místnosti**

Druhou variantou je rozdělení jednotek podle využívání prostor. Obě jednotky jsou umístěny v technické místnosti (viz obr. č 14). Jedna jednotka se stará o kvalitu vzduchu v kuchyni a několika místnostech, které jsou mezi jednotkou a kuchyní. Druhá pak obstarává kvalitu vzduchu ve zbylých místnostech. Tato varianta eliminuje hlavní problém předchozí varianty, kdy je rozdělena funkce kuchyně a tříd. Technická místnost nemusí být dostatečně velká, aby se zde vešly dvě jednotky a potrubí, která jsou do nich napojena. V technické místnosti je dále třeba zajistit místo pro kotel, který zajišťuje vytápění objektu. Rozdělení objektu na 2 části zajišťuje menší dimenze potrubí v místech jednotky. Nevýhodou je provoz dvou jednotek a jejich náklady na údržbu jsou vyšší.



Obrázek 14 Generel 1.np druhá varianta

- **Výhody**

Je oddělen provoz kuchyně a tříd.

Potrubí má menší dimenze.

- **Nevýhody**

Nákup dvou jednotek, vyšší náklady na pořízení a následný servis jednotek.

Není využita rekuperace tepla z kuchyně na ohřev vzduchu do zbytku objektu.

Delší trubní rozvody.

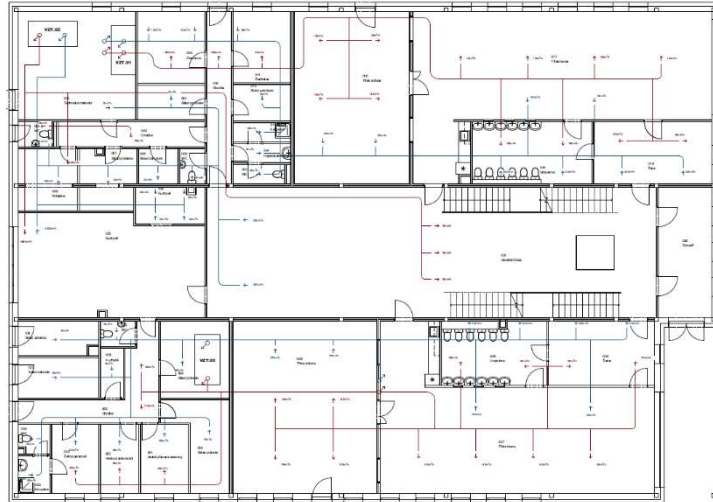
Málo místa v technické místnosti.

Není řešena regulace vzduchu v případě odlišného provozu tříd.

### 8.3. Tři jednotky ve dvou technických místnostech

Tento návrh částečně eliminuje nedostatky předchozích dvou, ale plynou z něj další problémy. Jedná se o variantu, ve které jsou použity tři jednotky. Dvě z nich jsou v hlavní technické místnosti a třetí je v technické místnosti, která je provedena místo skladu potravin. Výhodou této varianty je eliminace křížení potrubí s trámy. Každá část mezi trámy má svou jednotku. Nevýhodou této varianty je odstranění skladu potravin, který by musel být nahrazen jinou místností, ale dispozice nedovoluje vytvoření

skladu potravin na jiném místě. Další nevýhodou je, že se jedna jednotka nachází hned vedle ložnice jedné z tříd a dělí je pouze sádkokartonová příčka. Mohlo by docházet k nežádoucímu rušení dětí během spánku.



Obrázek 15 Genel 1.np třetí varianta

- **Výhody**

Je oddělen provoz kuchyně od zbytku mateřské školy.

Minimum křížení s trámy.

- **Nevýhody**

Nutnost druhé technické místnosti.

Vzduchotechnická jednotka vedle ložnice (velké náklady na odhlučnění prostoru).

Dražší servis jednotek.

Není řešena regulace vzduchu v případě odlišného provozu tříd.

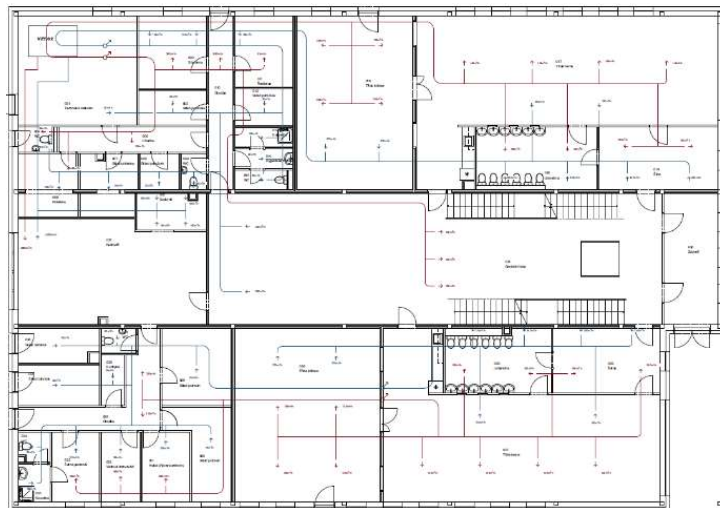
## 8.4. Dvě jednotky (jedna na střeše a jedna v technické místnosti)

V této variantě se jedna jednotka nachází na střeše a větrá třídy, chodbu a v zázemí personálu mateřské školy. Druhá, kuchyňská, jednotka se nachází v technické místnosti. Je vyřešen nedostatek místa v technické

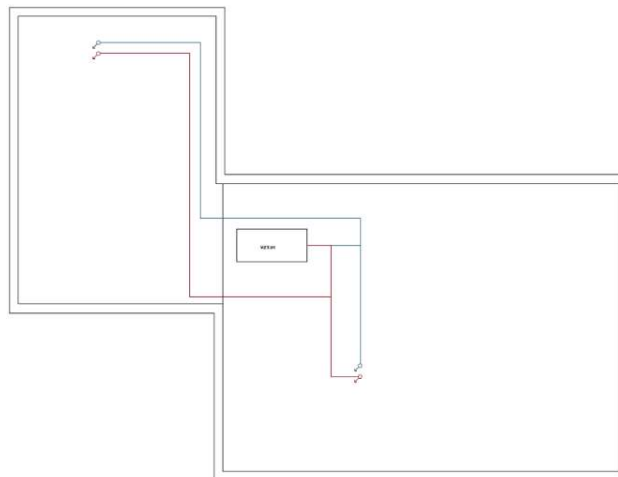
místnosti. Kuchyňská jednotka se stará pouze o samotnou kuchyni a místnost určenou k mytí nádobí.

Střešní jednotka je s interiérem propojena pomocí dvojice stoupacích potrubí. Každé stoupací potrubí je vedeno jiným traktem a je tak zmenšeno množství kolizí trubních rozvodů s trámy.

První nevýhodou je nutnost pořízení exteriérové jednotky. Je požadována odolnost vůči povětrnostním vlivům, které na ní působí během celého roku. Dalším problémem, který dříve zmíněné varianty neměli, je nutnost provedení prostupu střešním pláštěm. To se pojí s problematickým a složitě řešitelným provedením hydroizolační vrstvy střešního pláště v místech prostupů. Posledním drobným problémem venkovního vedení je potřeba jeho izolování od venkovního prostředí.



Obrázek 16 Generel 1.np čtvrtá varianta



Obrázek 17 Generel střecha čtvrtá varianta

- **Výhody**

Je oddělen provoz kuchyně od zbytku mateřské školy.

Přímé napojení jednotky na kuchyni (krátké trubní rozvody).

Jednotka na střeše (nezabírá místo v technické místnosti, nedochází k šíření hluku v budově).

- **Nevýhody**

Nutnost pořízení exteriérové jednotky.

Prostupy konstrukcí střešního pláště (riziko špatného provedení hydroizolační vrstvy).

Nutnost izolace potrubí vedeného exteriérem.

## 8.5. Dvě jednotky na střeše

Tato varianta je podobná jako varianta předchozí. Rozdílem je provedení obou vzduchotechnických jednotek na střeše objektu. V technické místnosti vznikne dostatek prostoru na technologie vytápění. Místností prochází pouze části trubního vedení pod stropem.

Napojení kuchyňské jednotky ke kuchyni je delší. Obě jednotky jsou umístěny v exteriéru, takže musí být obě provedeny ve variantě do venkovního prostředí a všechna potrubí vedená v exteriéru musí být izolována.

- **Výhody**

Je oddělen provoz kuchyně od zbytku mateřské školy.

Jednotky na střeše (nezabírají místo v technické místnosti).

Malé množství křížení potrubí a trámů.

Provoz mimo interiér objektu (minimum rušivého hluku v interiéru).

- **Nevýhody**

Nutnost pořízení exteriérových jednotek.

Delší rozvody pro kuchyňskou jednotku.



## 8.6. Dvě jednotky na střeše + VAV box pro každou třídu

V poslední variantě je rozmístění jednotek stejné jako v předchozí. Potrubní systémy je také stejný. Rozdílem je využití inteligentních klapek pro regulaci průtoku vzduchu ve třídách. Tento systém ovládání každé třídy separátně je ideální, protože provoz tříd může být odlišný. Například v létě je činnost mateřských škol často utlumena a funguje pouze část tříd.

- **Výhody**

Možnost měnit množství vzduch ve třídách v případě rozdílné obsazenosti.

Jednotky na střeše (nezabírají místo v technické místnosti).

Malé množství křížení potrubí a trámů.

Provoz mimo interiér objektu (minimum rušivého hluku v interiéru).

- **Nevýhody**

Nutnost pořízení exteriérových jednotek.

Delší rozvody pro kuchyňskou jednotku.

## 9. Vyhodnocení variant

Jak již bylo zmíněno v kapitole 7: Preferovaný systém větrání je zvoleno nucené rovnotlaké větrání, protože je nejvýhodnější.

Je na výběr z několika možností viz kapitola 8: Jednotlivé varianty rovnotlakého větrání pro zadaný objekt. Z provedené studie je nejvýhodnější varianta s jednou vzduchotechnickou jednotkou pro kuchyni a na větrání zbytku objektu je použita druhá jednotka. Tyto jednotky je vhodné umístit na střechu. A pro regulaci průtoku vzduchu v jednotlivých třídách je dobré provést systém klapek.

Tato varianta je výhodná z hlediska přesunutí provozu do venkovního prostředí. Nedochozí tak k nechtěnému přenosu hluku uvnitř objektu. Dále vznikne prostor v technické místnosti, kde bude dostatek místa pro vytápěcí

technologie. Díky rozvodu potrubí přímo do jednotlivých traktů budovy ještě nad střešní rovinou se maximálně eliminuje množství kolizí potrubí a trámů. Mírnou nevýhodou je nutnost pořízení exteriérových jednotek a izolování potrubí tepelným izolantem.

Kritéria	Varianty					
	1	2	3	4	5	6
Oddělena kuchyně	0	1	1	1	1	1
Krátké rozvody potrubí	1	0	1	1	1	1
Dimenze potrubí	0	1	1	1	1	1
Malé množství křížení s trámy	0	0	1	1	1	1
Prostor v technické místnosti	0	0	0	1	1	1
Regulace pro jednotlivé třídy	0	0	0	0	0	1
Počáteční náklady	1	1	0	1	0	0
Náklady na servis	1	1	0	1	1	1
Ruch v budově a jejím okolí	1	0	0	0	1	1
	4	4	4	7	7	8

Tabulka 7 Vyhodnocení variant nuceného rovnotlakého systému

Tento závěr je učiněn z tabulky výhod a nevýhod jednotlivých variant viz tab. č. 7 Vyhodnocení variant nuceného rovnotlakého systému. Je určeno několik aspektů, podle kterých se varianty hodnotí. Když je varianta v dané otázce výhodná dostává 1 bod. Když je nevýhodná dostává 0 bodů. Čím více bodů varianta získá tím výhodnější je její použití.

## 10. Větrání kuchyně

V objektu se nachází kuchyně, která obstarává uživatelům mateřské školy obědy, dopolední a odpolední svačiny. Kuchyň se skládá z části přípravy jídla a prostoru na mytí nádobí, přičemž jsou tyto dva prostory propojené.

Mimo hlavní kuchyň je v objektu také místnost na přípravu zeleniny, kde probíhá příprava většiny svačin.

Hlavní část kuchyně je odvětrána pomocí větracího stropu, který zajišťuje rovnoměrné odsávání znečištěného vzduchu po celé ploše kuchyně. Zatím není známo osazení kuchyňských spotřebičů. Díky větracímu stropu je možná následná variabilní dispozice spotřebičů.

Odpadní vzduch z kuchyně a umývacího kouta je pomocí potrubí odveden na střechu a tam je osazena kuchyňská vzduchotechnická jednotka. Větrací strop je osazen soustavou tukových filtrů. Filtry jsou důležité, aby nedocházelo k zanášení potrubí a nebylo po krátkých intervalech potřeba jeho pročištění. Tukové filtry zachycují mastnotu a je nutné je po časových intervalech daných výrobcem vyměnit.

Přívod vzduchu je řešen také větracím stropem.

Při výpočtu potřeby vzduchu v kuchyni je počítáno s maximální intenzitou větrání  $30 \text{ hod}^{-1}$ .

## 11. Výpočtová část

### 11.1. Výpočet potřeby vzduchu

Pro návrh větrání objektu je potřeba znát jeho rozměry a obsazenost místností. V obytných místnostech platí, že intenzita výměny vzduchu musí být minimálně  $0,5 \text{ h}^{-1}$ . Druhým požadavkem je minimální množství přívodu čerstvého vzduchu na osobu. V případě mateřské školy je hodnota dána metodickým pokynem pro návrh větrání škol pro SC 5.1 na  $10 \text{ m}^3/\text{hod}$  pro jednoho žáka. Malé děti nemají tak velkou produkci  $\text{CO}_2$  jako dospělí lidé. Je to pouze minimální požadovaná hodnota a v této práci je počítáno s hodnotou pro dospělého člověka. Podle vyhlášky č.343/2009 Sb. platí, že odvod vzduchu pro šatny je  $20 \text{ m}^3/\text{hod}$  na každou skříňku. V sociálním zázemí je odvod vzduchu stanoven  $30 \text{ m}^3/\text{hod}$  na umyvadlo,  $50 \text{ m}^3/\text{hod}$  pro toaletu a u sprchy je množství odváděného vzduchu stanoveno na  $150 \text{ m}^3/\text{hod}$ . Výpočet potřeby vzduchu pro jednotlivé místnosti je v tabulce v příloze Výpočtová část.

Typ prostoru	Množství vzduchu [m <sup>3</sup> .hod <sup>-1</sup> ]
Učebny	20-30 na 1 žáka
Tělocvičny	20-90 na 1 žáka*
Šatny	20 na 1 žáka
Umývárny	30 na 1 umyvadlo
Sprchy	150-200 na 1 sprchu
Záchody	50 na 1 kabinu, 25 na 1 pisoár

Tabulka 8 Množství vzduchu v mateřské škole (vyhláška č. 343/2009 Sb.)

## 11.2. Výpočet tlakových ztrát v potrubí

Tlakové ztráty v potrubí se dělí na dvě složky. Jde o tlakové ztráty třením, kdy se proudící vzduch tře o vnitřní stěnu potrubí a dále jsou to místní ztráty vřazenými odpory, které vznikají při změnách na potrubí. Jde o různé odbočky, rozbočky, redukce, ale i tlumiče nebo kolena. Velká tlaková ztráta vzniká na samotném koncovém prvku, který přivádí, nebo odvádí vzduch z místností.


Výpočet tlakových ztrát je proveden na nejdelších cestách. Ztráta je vypočítána na přívodním a odvodním potrubí pro hlavní jednotku i kuchyňskou jednotku.

Pro výpočet ztrát byl využit program qpro dostupný na stránkách [www.qpro.cz](http://www.qpro.cz). Celý výpočet je v příloze Výpočtová část.

**VÝPOČET MÍSTNÍCH ODPORŮ PŘI ZMĚNĚ PRŮŘEZU**

Výběr výpočtu pro standardní typy tvarovek:

---



Vstupní profil index 1      Výstupní profil index 2

Rozměr A (nebo průměr D):   mm

Rozměr B (nebo 0 pro kruh):   mm

Průměrná rychlost (w<sub>1</sub> a w<sub>2</sub>):   m/s

Souměrnost přechodu:  Souměrný  Nesouměrný

---

Délka přechodu:  mm

Průtok vzduchu:  m<sup>3</sup>/h

Hustota vzduchu:  kg/m<sup>3</sup>

Součinitel místního odporu:  (-)

Tlaková ztráta - výsledek:  Pa

! Informace o výpočtu: Rozměr B1 byl nastaven na základní hodnotu 0 mm - kruhový profil potrubí. Rozměr B2 byl nastaven na základní hodnotu 0 mm - kruhový profil potrubí. Pro další výpočet je možné pokračovat úpravou zadání.

Obrázek 18 Výpočet místních ztrát pomocí programu qpro (qpro, nedatováno)

## 12. Závěr

Z provedeného rozboru je zřejmé, že pro mateřské školy a obecně školní objekty je ideální použití nuceného rovnotlakého větrání k udržení dobré kvality vnitřního vzduchu. Pro konkrétní mateřskou školu, řešenou v této práci, byl vybrán nucený rovnotlaký systém se dvěma jednotkami umístěnými na střeše. Na tuto variantu byla zpracována projektová dokumentace pro stavební povolení.

Během této práce jsem se dozvěděl spoustu nových, zajímavých a také důležitých informací. Prohloubil jsem si znalosti několika počítačových softwarů a také jsem se naučil používat program Atrea pro návrh vzduchotechnických jednotek. Také jsem měl příležitost zúčastnit se jednoho dne na stavbě mateřské školy se skupinou vzduchotechniků, kde se osazovala větrací digestoř ve školní kuchyni. Od nich jsem se také dozvěděl cenné informace z **oboru** realizace a servisu vzduchotechnických systémů.

## 13. Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 Koncentrace CO <sub>2</sub> ve vnitřním prostředí (Pasivní domy, 2020).....	13
Obrázek 2 Infiltrace vzduchu (Hospodářská komora ČR, 2017).....	14
Obrázek 3 Aerace (Cifrinec, 2010) .....	15
Obrázek 4 Zimní provoz šachtového ventilačního systému (Short, 2007)....	16
Obrázek 5 Provětrávání (Hospodářská komora ČR, 2017).....	17
Obrázek 6 Nucené podtlakové větrání (Hospodářská komora ČR, 2017) .....	18
Obrázek 7 Přetlakové větrání (Hospodářská komora ČR, 2017) .....	19
Obrázek 8 Rovnotlaké lokální větrání (Hospodářská komora ČR, 2017).....	20
Obrázek 9 Rovnotlaké centrální větrání (Hospodářská komora ČR, 2017) ....	21
Obrázek 10 Centrální vzduchotechnická jednotka s rekuperací (Atrea, nedatováno).....	23
Obrázek 11 Lokální vzduchotechnická jednotka s rekuperací (Švec, 2018) .	24
Obrázek 12 Generel 2.np první varianta .....	27
Obrázek 13 Generel 1.np první varianta .....	27
Obrázek 14 Generel 1.np druhá varianta .....	29
Obrázek 15 Generel 1.np třetí varianta .....	30
Obrázek 16 Generel střecha čtvrtá varianta .....	31
Obrázek 17 Generel 1.np čtvrtá varianta.....	31
Obrázek 18 Výpočet místních ztrát pomocí programu qpro (qpro).....	36
Tabulka 1 Požadované akustické hodnoty konstrukcí (ČSN 73 0532).....	10
Tabulka 2 Požadovaný činitel denní osvětlenosti (ČSN 73 0580-1) .....	10
Tabulka 3 Teploty ve školních místnostech (vyhláška č. 343/2009 Sb.).....	11
Tabulka 4 Limitní koncentrace škodlivin v interiéru (Vyhláška č.6/2003 Sb.)	12
Tabulka 5 Potřeba vzduchu ve školských objektech (Operační program Životní prostředí, 2019).....	12
Tabulka 6 Koncentrace oxidu uhličitého (Bohuslávek, 2018).....	13
Tabulka 7 Vyhodnocení variant nuceného rovnotlakého systému.....	34
Tabulka 8 Množství vzduchu v mateřské škole (vyhláška č. 343/2009 Sb.) ..	36

## 14. Bibliografie

- Areejkais. (4. 4 2018). Načteno z Natural ventilation: [online] [23.4.2021]  
<https://areejkais.wordpress.com/2018/03/04/natural-ventilation/>
- Atrea. (nedatováno). Načteno z Co je to rekuperace: [online] [23.4.2021]  
<https://www.atrea.cz/cz/co-je-to-rekuperace>
- Bc. Tomáš Kops. (14. 1 2019). *Fizická aktivita a kvalita prostředí*. Načteno z TZB info: [online] [23.4.2021] <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/18512-fyzicka-aktivita-a-kvalita-vnitriho-prostredi>
- ČSN 73 0532. (nedatováno). [online] [23.4.2021]
- ČSN 73 0580-1. (nedatováno). [online] [23.4.2021]
- doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. (2014). *Větrání rodinných a bytových domů*. Praha: Grada Publishing, a.s. ISBN 978-80-247-4573-2
- doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. (2017). *Větrání škol v souvislostech*. Praha: Společnost pro techniku prostřecí. ISBN 978-80-02-02718-8
- Hospodářská komora ČR. (10. 10 2017). *Ministerstvo průmyslu a obchodu*. Načteno z Koncept větrání – pravidlo správné praxe: [online] [23.4.2021] [https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/stavebni-vyrobky/koncept-vetrani-\\_\\_-pravidlo-spravne-praxe--232516/](https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/stavebni-vyrobky/koncept-vetrani-__-pravidlo-spravne-praxe--232516/)
- Ing. Daniel Adamovský, Ph.D. (nedatováno). *Katedra technických zařízení budov ČVUT*. Načteno z Technické zařízení budov 2: [online] [23.4.2021]  
<http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tb2/prednasky/125tb2-03.pdf?dt=1616107383>
- Ing. Daniel Adamovský, Ph.D. (nedatováno). *TZB FSV CVUT*. Načteno z Technické zařízení budov 2: [online] [23.4.2021]  
<http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tb2/prednasky/125tb2-02.pdf?dt=1616107359>

- Ing. Ivan Cifrinec, Ph.D., MBA. (26. 5 2010). *TZB info*. Načteno z Větrání bytových domů - Základy teorie větrání: [online] [23.4.2021] <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani>
- Ing. Miroslav Čermák. (27. 11 2020). *TZB info*. Načteno z Denní osvětlení ve školách: [online] [23.4.2021] <https://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/21513-denni-osvetleni-ve-skolach-dle-csn-en-17037>
- Ing. Olga Rubinová, Ph.D., Ing. Ondřej Šikula. (26. 9 2005). *TZB info*. Načteno z Bytové větrání trochu jinak: [online] [23.4.2021] <https://www.tzb-info.cz/2743-bytove-vetrani-trochu-jinak>
- Ing. Olga Rubinová, Ph.D. (17. 1 2011). *TZB info*. Načteno z Je přirozené větrání úsporné větrání?: [online] [23.4.2021] <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/7075-je-prirozene-vetrani-usporne-vetrani>
- Ing. Petr Bohuslávka. (10. 9 2018). *TZB info*. Načteno z Výsledky měření koncentrace CO<sub>2</sub> v ložnici: [online] [23.4.2021] <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/17867-vysledky-mereni-koncentrace-co2-v-loznici>
- Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D., Ing. Jiří Petlach. (17. 10 2011). *TZB info*. Načteno z Systémy větrání obytných budov: [online] [23.4.2021] <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>
- Ing. Zuzana Mathauserová. (25. 2 2013). *TZB info*. Načteno z Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb: [online] [23.4.2021] <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>
- Katedra technických zařízení budov ČVUT.* (nedatováno). Načteno z Projekční podklady a pomůcky: [online] [23.4.2021] <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=45>



- Ing. Zuzana Mathauserová. (23. 10 2006). *TZB info*. Načteno z Přirozené větrání, infiltrace a exfiltrace: [online] [23.4.2021] <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3608-prirozene-vetrani-infiltrace-a-exfiltrace>
- Ing. Zuzana Mathauserová. (23. 10 2006). *TZB info*. Načteno z Přirozené větrání, infiltrace a exfiltrace: [online] [23.4.2021] <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3608-prirozene-vetrani-infiltrace-a-exfiltrace>
- Multi-VAC spol. s.r.o. (18. 9 2020). *TZB info*. Načteno z Větrání rodinných a bytových domů - proč se jím zabývat?: [online] [23.4.2021] <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/21155-vetrani-rodinnych-a-bytovych-domu-proc-se-jim-zabyvat>
- Operační program Životní prostředí*. (2. 5 2019). Načteno z Metodický pokyn pro návrh větrání škol - PO 5: [online] [23.4.2021] <https://www.opzp.cz/dokumenty/detail/?id=1906>
- Pasivní domy*. (18. 9 2020). Načteno z Víte co doma dýcháte: [online] [23.4.2021] <https://www.pasivnidomy.cz/vite-co-doma-dychate-zmerte-si-bezplatne-koncentraci-co2/t4750>
- prof. Ing. Martin Jiránek, CSc. (nedatováno). *Požární bezpečnost a zdravotní nezávadnost budov*. Načteno z [online] [23.4.2021] <https://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=people&id=21>
- qpro*. (nedatováno). Načteno z Vvýpočet tlakových ztrát místním odporem: [online] [23.4.2021] <https://www.qpro.cz/Tlakova-ztrata-mistnimi-odpory>
- Short, C. A. (3. 2 2007). *Tandfonline*. Načteno z Design strategy for low-energy ventilation: [online] [23.4.2021] <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09613210410001679875>

- Martin Švec (1. 7 2018). *Ventilátory*. Načteno z Lokální rekuperace a kde ji použít?: [online] [23.4.2021] <https://www.ventilatory.cz/lokalni-rekuperace-a-kde-ji-pouzit-x31233>
- Vyhláška č. 268/2009 Sb. (nedatováno). [online] [23.4.2021]
- vyhláška č. 343/2009 Sb. (nedatováno). [online] [23.4.2021]
- Vyhláška č.6/2003 Sb. (nedatováno). [online] [23.4.2021]
- W. F. de Gids, prof. Ing. Miroslav Jícha, CSc. (17. 2 2014). *TZB info*. Načteno z Hybridní ventilace – 1. část: [online] [23.4.2021] <https://vetrani.tzb-info.cz/uspory-energie-vetrani-klimatizace/10866-hybridni-ventilace-1-cast>
- W. F. de Gids, prof. Ing. Miroslav Jícha, CSc. (24. 2 2014). *TZB info*. Načteno z Hybridní ventilace – 2. část: [online] [23.4.2021] <https://vetrani.tzb-info.cz/10887-hybridni-ventilace-2-cast>
- Meltem Wärmerückgewinnung. (2. 4 2020). *TZB info*. Načteno z Větrání s rekuperací – lokální či centrální?: [online] [23.4.2021] <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/20463-vetrani-s-rekuperaci-lokalni-ci-centralni>
- Ministerstvo zdravotnictví (29. 3 2021). *Ministerstvo zdravotnictví České republiky*. Načteno z Vyjádření k opatřením omezujícím mobilitu obyvatel: [online] [23.4.2021] <https://www.mzcr.cz/tiskove-centrum-mz/vyjadreni-k-opatrenim-omezujicim-mobilitu-obyvatel-aktualni-vystupy-analyz-dat-operatoru-s-aktualizaci-k-21-3-2021/>