

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VĚTRÁNÍ MATEŘSKÉ ŠKOLY V ŘÍČANECH  
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracovala:

Tereza Licková

Vedoucí práce:

Ing. Pavla Dvořáková, Ph.D.

2021/2022

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Licková Jméno: Tereza Osobní číslo: 484548  
Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor/specializace: Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Větrání mateřské školy v Říčanech

Název bakalářské práce anglicky: Ventilation system design of kindergarten in Říčany

Pokyny pro vypracování:

Studie na téma: Vnitřní prostředí ve školách.

Vypracujte projekt vzduchotechniky zadaného objektu. Projekt bude obsahovat příslušné půdorysy, řezy a technickou zprávu. Součástí projektu bude výpočet množství větracího vzduchu podle požadavků prostředí, návrh prvků pro přívod a odvod vzduchu, výpočet rozměrů a určení trasy potrubí, návrh vzduchotechnické jednotky.

Seznam doporučené literatury:

Doc. Ing. Karel Papež, CSc. a kolektiv - Energetické a ekologické systémy budov 2

Gebauer G., Horká O., Rubinová O. - Vzduchotechnika, ERA

Vladimír Zmrhal a kol., Větrání škol v souvislostech, Společnost pro techniku prostředí z. s.

V. Zmrhal, F. Drkal: Větrání, 2018

příslušné normy a předpisy

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Pavla Dvořáková, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 23.2.2022 Termín odevzdání BP v IS KOS: 15.5.2022

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

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

23.2.2022

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

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

V Praze dne 15.5.2022

Tereza Licková

## **Poděkování**

V první řadě bych chtěla poděkovat své vedoucí bakalářské práce Ing. Pavle Dvořákové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při konzultacích, které mě vždy posunuly o krok dál. Dále mé díky patří Ateliéru Architektura, s.r.o. za poskytnutí podkladů k projektové části. Děkuji také mateřským školám Urbanova a Waltrovka za povolení provádět na jejich půdě měření. A v neposlední řadě děkuji rodině a přátelům za podporu při studiu.

## **Abstrakt:**

Cílem bakalářské práce je vypracovat projekt vzduchotechniky mateřské školy. V teoretické části se práce zabývá problematikou vnitřního prostředí škol a vyhodnocením měření vnitřního prostředí dvou vybraných mateřských škol.

### **Klíčová slova:**

*vnitřní prostředí, koncentrace CO<sub>2</sub>, přirozené větrání, nucené větrání*

## **Abstract:**

The bachelor's thesis aims to design a kindergarten ventilation system. The theoretical part deals with the issue of the internal environment in schools and the evaluation of measuring the internal environment of two selected kindergartens.

### **Keywords:**

*indoor environment, CO<sub>2</sub> concentration, natural ventilation, forced-air ventilation*

## Obsah

Úvod.....	2
1 Teoretická část.....	3
1.1 Vnitřní prostředí ve školách.....	3
1.1.1 Mikroklimatické podmínky a škodliviny v ovzduší.....	3
1.1.2 Řešení kvality vnitřního prostředí.....	6
1.2 Měření kvality ovzduší v mateřských školách.....	7
1.2.1 Meteostanice a měření.....	8
1.2.2 MŠ Peroutkova.....	8
1.2.3 MŠ Waltrovka.....	13
1.2.4 Vyhodnocení měření Waltrovka vs. Urbanova.....	17
1.3 Závěr.....	20
2 Projektová část.....	21
2.1 Popis objektu.....	21
2.2 Konstrukce objektu.....	21
2.3 Výběr systému větrání.....	21
2.4 Stanovení průtoku vzduchu a výběr distribučních prvků.....	22
2.4.1 Třídy a šatny.....	22
2.4.2 Sociální zařízení, šatna pro zaměstnance.....	22
2.4.3 Úklidové místnosti, sklady.....	23
2.4.4 Ohřev jídla.....	23
2.4.5 Ředitelna, sborovna, kancelář.....	23
2.5 Větrací jednotka.....	23
2.6 Trasa potrubí.....	24
2.7 Tvar a dimenze.....	24
2.8 Tlakové ztráty.....	25
2.9 Prvky na potrubí.....	25
2.10 Závěr.....	26
Seznam použitých tabulek.....	27
Seznam použitých obrázků.....	27
Knižní a elektronické zdroje.....	28

## Úvod

Životnímu prostředí se v současnosti věnuje velká pozornost. Neustále se řeší problematika globálního oteplování a nezadržitelné tání ledovců. S tímto se pojí zvyšování hladiny oceánů a zánik přirozeného prostředí mnoha živočišných druhů. Tato problematika postihuje celý svět a jejím dopadům je věnována velká pozornost.

Na člověka mají také vliv podmínky v jeho bezprostředním okolí. Aniž bychom si to uvědomovali, v budovách trávíme více než polovinu života. Jde o vnitřní prostředí budov, v kterých žijeme, pracujeme, učí se v nich děti, žáci či studenti. Takzvaná Indoor Generation, jak ji nazývá společnost Velux ve své stejnojmenné studii, tráví uvnitř budov až 90 % svého času. Průzkum společnosti YouGov, který je součástí studie odhalil, že zhruba 77 % populace si neuvědomuje, že uvnitř budov může být až pětkrát více znečištěný vzduch než venku. [1] Zvýšená koncentrace CO<sub>2</sub>, prachu nebo škodlivých chemických látek způsobují například únavu či snížení pozornosti. Typickým příkladem budov, kde tyto příznaky mají přímý vliv na celkovou produktivitu jedince, jsou školy.

V této práci je řešena problematika vnitřního prostředí škol. Jsou zde popsány parametry vnitřního prostředí a samotné škodliviny, které se v něm mohou vyskytovat. Následuje vyhodnocení měření oxidu uhličitého, vlhkosti, teploty a hluku ve dvou vybraných mateřských školách. V projektové části je řešen projekt vzduchotechniky zadaného objektu mateřské školy.

# 1 Teoretická část

## 1.1 Vnitřní prostředí ve školách

Za účelem úspory energie se v posledním desetiletí ve školách a školkách významně investovalo do výměny oken a zateplování. Tato skutečnost má ale negativní vliv na kvalitu vnitřního prostředí, která ovlivňuje pohodu člověka, jeho zdraví či produktivitu. [2]

Příčinou špatné kvality vzduchu v nových a rekonstruovaných budovách je nejčastěji nedostatečné větrání. Stává se to nejvíce v zimních měsících, kdy studený vzduch přicházející od oken příliš ochlazuje vnitřní prostředí a přítomné osoby, a proto dochází k předčasnému zavírání oken. Dalším důvodem může být hluk pronikající zvenjšku do třídy a má rušivý vliv na soustředění dětí. Zavřením oken se sice vyřeší problém s hlukem, ale začne narůstat koncentrace oxidu uhličitého, který opět zapříčiní pokles soustředění dětí a pedagogů. Z výše uvedených tvrzení vyplývá, že při nedostatečném větrání se uvnitř budov zvyšuje koncentrace škodlivin, teplota a vlhkost vzduchu, což má negativní vliv na přítomné osoby. [2] [12]

### 1.1.1 Mikroklimatické podmínky a škodliviny v ovzduší

Kvalitu vnitřního prostředí určují základní parametry, jako jsou teplota, relativní vlhkost vzduchu, rychlost proudění vnitřního vzduchu a intenzita osvětlení. Dalšími faktory, které znatelně ovlivňují vnitřní prostředí, jsou koncentrace CO<sub>2</sub>, hluk, prašnost prostředí a proto se hlídá jejich množství.

Typ prostoru	Výsledná teplota			Rychlost proudění $v_a$ [m.s <sup>-1</sup> ]	Relativní vlhkost rh [%]
	$t_{g \text{ min}}$ [°C]	$t_{g \text{ opt}}$ [°C]	$t_{g \text{ max}}$ [°C]		
Učebny, pracovní, 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

Rozdíl výsledné teploty v úrovni hlavy a kotníků nesmí být větší než 3 °C.

Tabulka 1 - Požadavky na tepelný stav prostředí podle platného právního předpisu

#### 1.1.1.1 Teplota a vlhkost

Úprava tepelného a vlhkostního stavu prostředí napomáhá k vytvoření tepelné pohody člověka. Tepelnou pohodou je stav mysli člověka, kdy se cítí dobře při dané kombinaci hodnot teploty a vlhkosti. [2]



Požadavky na tepelný a vlhkostní stav prostředí ve školách jsou definovány ve vyhlášce č. 410/2005 Sb. [6], která stanovuje průměrné hodnoty minimální a maximální výsledné teploty, rychlosti proudění a relativní vlhkosti vzduchu pro vybrané prostory škol (viz. Tabulka 1).

#### 1.1.1.2 Akustika

Akustiku budov ovlivňuje mnoho faktorů. Jako příklad můžeme uvést umístění objektu a jeho stavební či architektonické řešení. Zdroje hluku mohou být přímo v budově nebo z venkovního prostředí. Šířit se může vzduchem či konstrukcí. Nežádoucí zvuk má neblahé účinky na soustředění žáka. [2]

Budova	Typ prostoru	Ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{Aeq,nT}$ [dB(A)]		
		I	II	III
Školy	Učebny	≤ 30	≤ 34	≤ 38
	Tělocvičny	≤ 35	≤ 40	≤ 45
Obecné	Strojovny, Chodby	≤ 35	≤ 40	≤ 45
	WC	≤ 35	≤ 45	≤ 55

Tabulka 2- Vybrané příklady návrhových ekvivalentních hladin akustického tlaku

Zdroj hluku uvnitř může představovat vzduchotechnická jednotka, přesněji řečeno ventilátor. Pro zmírnění hluku je vhodné těsně za ventilátor umístit tlumič hluku. Dalšími zdroji jsou distribuční prvky pro přívod i odvod vzduchu, různé elektrické spotřebiče aj. Hluk se může šířit i z přilehlé komunikace, proto je vhodné uvažovat při výpočtech nižší hodnotu akustického tlaku. Rozmezí hodnot můžeme pozorovat v tabulce 2. [3] [5]

#### 1.1.1.3 Osvětlení

Úroveň a kvalita denního osvětlení ve školách významně ovlivňuje mladší věkové skupiny a děti předškolního věku, u nichž se zrak stále vyvíjí a ovlivňuje jejich rozvoj. Osvětlení má vliv na pracovní výkon žáků, nejen na únavu očí, ale i na celkovou únavu. Pokud není dodržena správná kvalita denního osvětlení, může docházet ke vzniku zrakových vad. [2]

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 stísněných podmínkách historických center měst	24	45

Tabulka 3 - Požadované nejnižší hodnoty činitele denní osvětlenosti roviny zasklení okna

#### 1.1.1.4 Pachy a vůně (odéry)

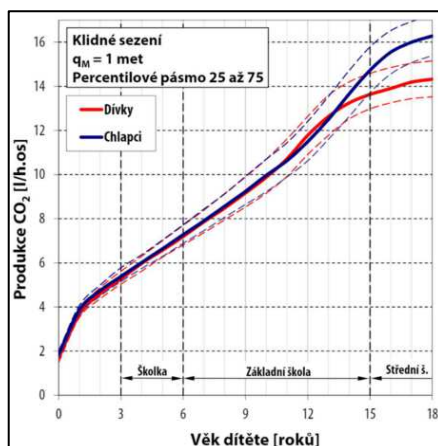
Odérové mikroklima je složka prostředí, která je tvořena odéry. Jsou to toky látek v ovzduší, které působí na člověka v interiéru budov. Jedná se o odérové látky, plynné složky v ovzduší, které jedinec vnímá jako příjemné (vůně) nebo nepříjemné (zápachy). Jsou to látky produkované samotným člověkem, jeho činností, stavební konstrukcí nebo zařizovacími předměty. Přítomnost pachů může zásadně ovlivnit jeho charakter. Kvůli této skutečnosti je pachům přisuzován velký vliv na tvorbu nálady. [4] Samotné pachy většinou zdraví člověka neohrožují, ale mohou vyvolat psychický stres, snížit soustředění a jiné diskomfortní stavy. Často bývají hlavním důvodem větrání. [2]

#### 1.1.1.5 Bakterie a plísň v prostředí

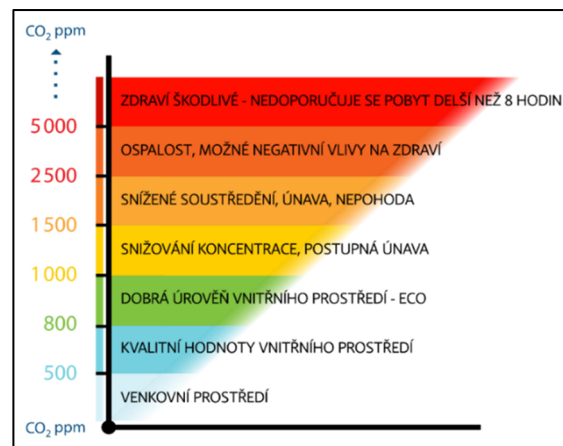
Velkou část kvality ovzduší uvnitř budov ovlivňuje mimo jiné nášlapná vrstva podlahy. Tím se dostávají do popředí problémů koberce, v kterých se může skrývat řada bakterií, plísní, či kvasinek. Tyto škodliviny mohou u dětí zhoršovat průběh onemocnění, jako třeba astma a alergie. Čištění a údržba koberců, by tudíž měla být důležitou složkou při úklidu. Nejlepší možností by samozřejmě bylo žádný koberec nenavrhnout. V mateřských školách, kde děti tráví většinu času hraním si právě na zemi, je ale z důvodu tepelného komfortu dětí koberec volbou nejčastější. Alternativou může být například podlahová krytina, která je napůl kobercem a napůl vinylovou podlahou. Objevuje se jak v hernách mateřských školek a družinách, tak i v kancelářských prostorech. Odpadá zde problém usazování škodlivin ve vlasu koberce. [5]

#### 1.1.1.6 Koncentrace oxidu uhličitého

Vydechnutý vzduch člověka obsahuje průměrně 16 %  $\text{CO}_2$ . Produkce metabolického  $\text{CO}_2$  závisí na hmotnosti, výšce a fyzické aktivitě člověka. Například hodnota vydechnutého  $\text{CO}_2$  člověka při lehké činnosti činí 19 l/h, naopak při těžké práci může dosahovat až hodnoty 77 l/h. Produkce se liší také v závislosti na věku. U dětí od 3. roku života po 18. rok dochází



Obrázek 1- produkce  $\text{CO}_2$  v závislosti na věku



Obrázek 2 - působení koncentrace oxidu uhličitého na člověka

k postupnému nárůstu hodnot od 2 do 16 l/h/os (obr. 1). Kolem 15 let se hodnoty začnou lišit i v závislosti na pohlaví.

Reakce jedinců na jeho zvýšenou koncentraci může být odlišná. Na obrázku 2 v grafu pozorujeme hranice koncentrace oxidu uhličitého, které ovlivňují naše jednání. V České republice jsou vyhláškou č. 268/2009 Sb. stanoveny hodnoty maximální přípustné koncentrace CO<sub>2</sub> v obytných místnostech na 1500 ppm. Doporučená hodnota by však neměla překročit 1000 ppm. Jednotka koncentrace ppm (Parts Per Million = 1/1 000 000) znamená počet jednotek z milionu. Děti stejně jako dospělí reagují na zvýšenou koncentraci změnou chování. Dospělí většinou pociťují otupělost, únavu, bolest hlavy, ospalost, malátnost, prodloužení reakčních časů apod. Chování dětí se může projevovat nepozorností, nesoustředěností, ospalým dojmem, bolestí hlavy.

Vhodným krokem pro zajištění kvality vzduchu je sledovat koncentrace oxidu uhličitého ve vnitřním ovzduší pomocí běžně dostupných měřících zařízení. Pokud dojde k překročení limitních hodnot zahájíme přirozené větrání nebo se o větrání postará vzduchotechnika. [12]

### 1.1.2 Řešení kvality vnitřního prostředí

Na kvalitu vnitřního prostředí má zásadní vliv větrání, tudíž je základním prostředkem k zajištění jeho požadované kvality. Znečišťující látky nelze z prostoru kompletně odstranit, lze je však ředit. Proto se používá celkové větrání s přívodem a odvodem vzduchu. Nejideálnějším řešením zohledňujícím energetickou náročnost i kvalitu vnitřního prostředí je plnohodnotná vzduchotechnika. Další možností mohou být různé automatické systémy otevírání oken. Základním prostředkem je výše zmíněné pravidelné přirozené větrání. [12]

## 1.2 Měření kvality ovzduší v mateřských školách

V rámci této bakalářské práce byly vybrány dvě mateřské školy, MŠ Peroutkova a MŠ Waltrovka. Obě budovy se nacházejí v městské části Praha 5. Hlavním rozdílem je stáří budov a způsob jejich větrání. V každé z nich byla do dvou tříd nainstalována sada pro měření parametrů vnitřního prostředí. Měření probíhalo po dobu 2 týdnů v každé školce. Naměřené hodnoty by měly být ovlivněny rozdílným konstrukčním provedením a denním provozem budov. Tímto měřením byla nejprve vyhodnocena data k jednotlivým mateřským školám zvlášť a následně byla porovnána. Rozdíly mezi jednotlivými budovami jsou uvedeny v kapitole 1.2.4.



Obrázek 3 - Budova MŠ Peroutkova



Obrázek 4 - Budova MŠ Waltrovka

### 1.2.1 Meteostanice a měření

Pro měření byla použita zapůjčená meteostanice Netatmo se čtyřmi měřicími moduly (obr. 5). Hlavní modul (meteostanice), který komunikuje se zbylými čtyřmi, měří nejvíce parametrů. Měřenými parametry jsou: teplota, relativní vlhkost vzduchu, koncentrace oxidu uhličitého, hluk a atmosférický tlak. Tři moduly pro vnitřní měření sbírají data o teplotě, relativní vlhkosti vzduchu a koncentraci CO<sub>2</sub>. Jeden pro měření v exteriéru měří relativní vlhkost vzduchu a teplotu. Moduly mezi sebou komunikují pomocí internetového připojení. Hlavní modul data posílá do aplikace, z které se dají následně stáhnout ve formátu XLS.



Obrázek 5 - Meteostanice

Modul zaznamenává data zhruba každých 5 minut. V MŠ Peroutkova bylo měřeno od 16.3.2022 do 30.3.2022. a v MŠ Waltrovka sada měřila následující 2 týdny od 30.3.2022 do 13.4.2022. Výstupem měření jsou data, která jsou zpracována do podoby grafů.

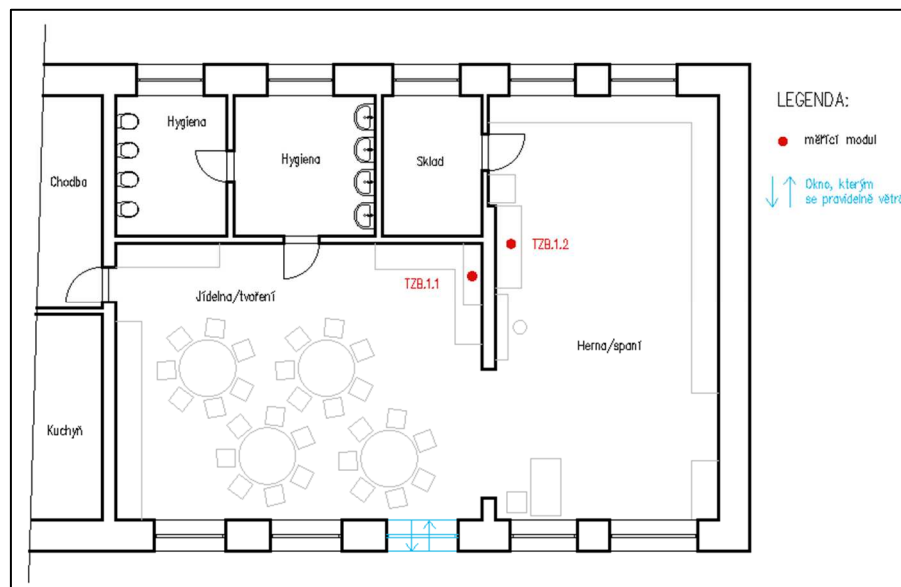
### 1.2.2 MŠ Peroutkova

Jedná se o zděnou třípodlažní budovu z roku 1965. V druhém a třetím podlaží školky jsou čtyři plně vybavené třídy, každá s vlastním sociálním zařízením. V prvním podlaží jsou šatny, ředitelna a kuchyně. Suterén poskytuje technické zázemí. V létě roku 2013 byla celá budova zateplena. V roce 2015 došlo ke kompletní výměně podlah.

Provoz mateřské školy je od 7:00 do 17:00 hodin. V každé třídě je kapacita 26 dětí, o které pečují 2 učitelky. V budově je využíváno přirozeného větrání otvíravými okny. Vzduchotechnická jednotka je použita pouze k odvětrání kuchyně. Měření probíhalo ve dvou třídách nad sebou ve východní části budovy. Třída Sovičky se nachází v prvním patře a třída Lišky ve druhém patře.

Denní režim:

- **7.00 - 8.15 hod.** scházení dětí ve třídách
- 8.30 hod. ranní cvičení, hygiena, dopolední svačina
- 9.00 hod. komunitní kruh, společné přivítání
- 9.15 - 10.00 hod. činnosti v centrech aktivit
- 10.00 - 10.15 hod. příprava na pobyt venku
- 10.15. - 11.35 hod. pobyt venku (školní zahrada, vycházky)
- 11.45 hod. oběd
- **12.15 - 12.30 hod.** vyzvedávání dětí po obědě
- 12.45 - 14.20 hod. odpočinek po obědě podle potřeb dětí
- 14.30 - 15.00 hod. odpolední svačina
- **od 14.45 hod.** odpolední vyzvedávání dětí
- 15.00 - 16.50 hod. odpolední činnosti ve třídě nebo na školní zahradě
- 17.00 hod. konec provozu mateřské školy uzamykání objektu



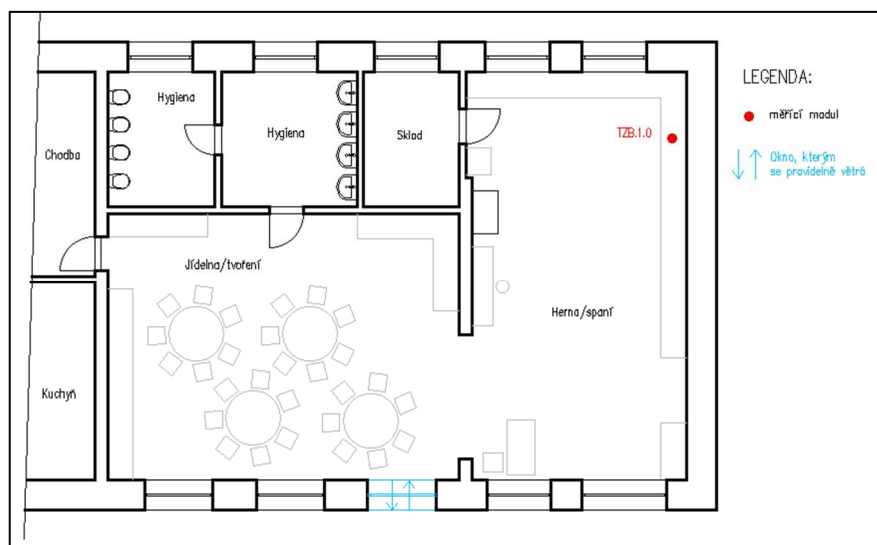
Obrázek 6- Půdorys třídy Lišky se zakreslením měřícího modulu



Obrázek 7- Umístění modulu TZB1.2



Obrázek 8 - Umístění modulu TZB1.1



Obrázek 9 - Půdorys třídy Sovičky se zakreslením modulu



Obrázek 10- Umístění modulu TZB1.0

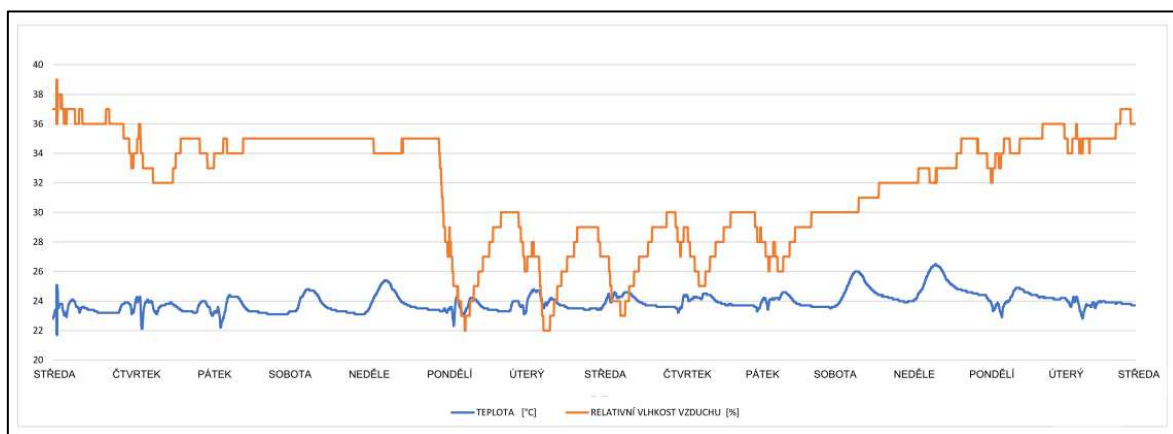


Obrázek 11 - Jídelna Sovičky

### 1.2.2.1 Vyhodnocení měření ve třídě SOVIČKY

Tato třída se nachází v druhém patře školky s okny orientovanými převážně na jih. Měření zde probíhalo v herně a za oknem směrem na severní zahradu. Umístění modulů je ukázáno na obrázcích 9 a 10. Pravidelné větrání je zajištěno oknem v jídelně, které je orientované na jih a vyznačené na obrázku 11. V následujících grafech můžeme pozorovat průběh parametrů vnitřního prostředí po dobu 14 dní.

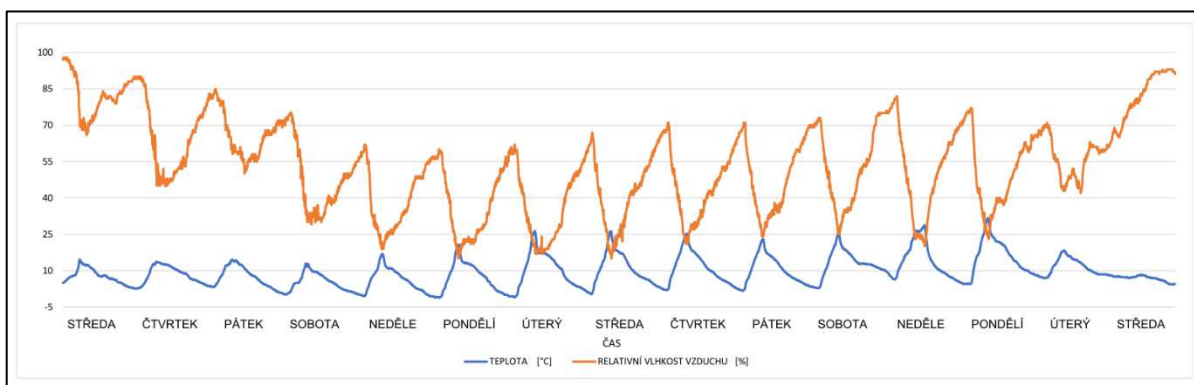
V grafu teploty a vlhkosti (obr. 12) je během všedních dní viditelný pokles křivky, který se periodicky opakuje. V tento čas od 10:00 do 12:00 hodin děti bývají venku a probíhá větrání třídy. Když byly instalovány moduly, bylo deštivé počasí trvající až do pátku, tudíž vysoká vlhkost venkovního vzduchu. Hodnoty uvnitř se pohybovaly mezi 33 a 37 %. Přes víkend se počasí vylepšilo, tím se snížila i hodnota vlhkosti venkovního vzduchu (obr. 13). Tuto změnu modul ve třídě zaznamenal až v okamžiku, kdy po víkendu přišel první zaměstnanec v 6:30 do práce a otevřel okna (obr. 12). Tím se vlhkost vzduchu uvnitř rychle snížila.



Obrázek 12 – Graf závislosti teploty a rel. vlhkosti vzduchu ve třídě Sovičky

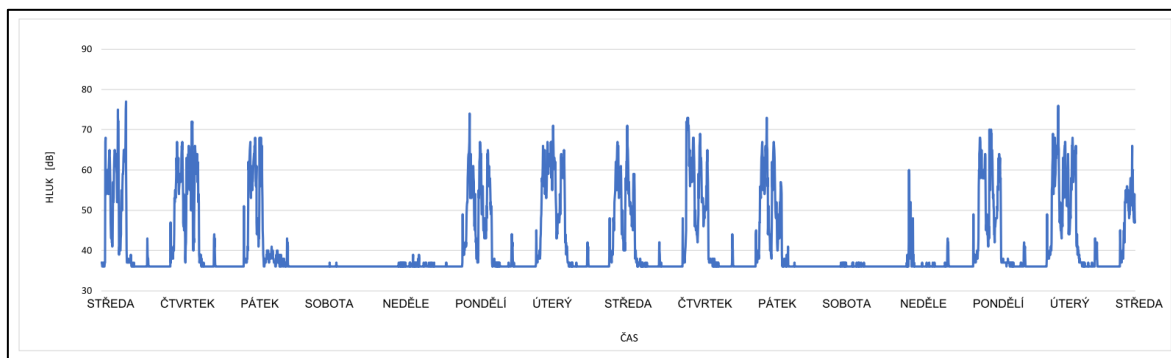


V křivce teploty si můžeme všimnout jejího postupného nárůstu v průběhu celých 14 dní. Tento nárůst koresponduje s nárůstem venkovní teploty vzduchu (obr. 13). Důvodem může být časté přirozené větrání okny.



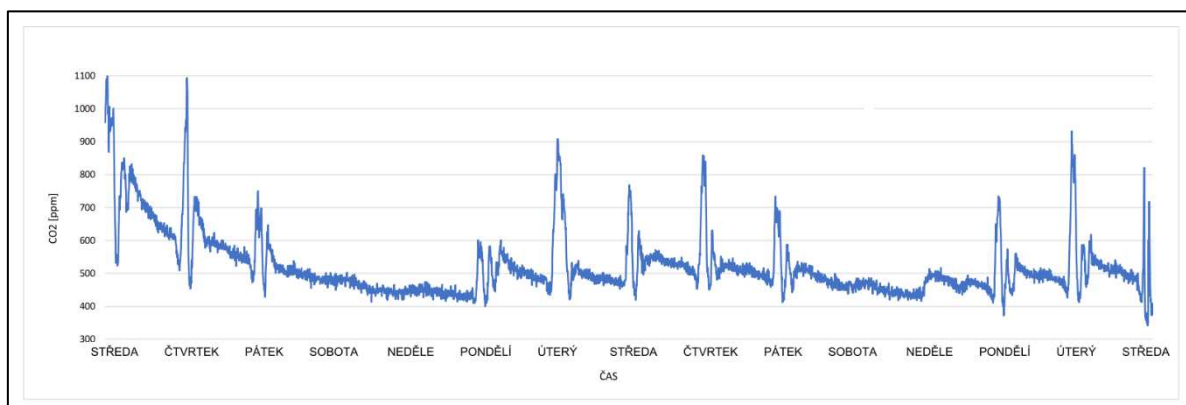
Obrázek 13 - Graf závislosti teploty a rel. vlhkosti vzduchu na čase v exteriéru

Většina parametrů vnitřního prostředí narůstá, čím déle a čím více je dětí ve třídě. Tento trend pozorujeme nejvýrazněji na křivkách hluku (Obr. 13) a koncentrace oxidu uhličitého (Obr. 14). Křivka koncentrace oxidu uhličitého nám oproti hluku nejlépe přiblíží, kdy bylo ve třídě nejvíce dětí. Hluk sledujeme každý den téměř stejný. V pondělí a v pátek, kdy rodiče děti mohou vzít například na prodloužený víkend nebo do školky přivést později či dříve, pozorujeme menší nárůst koncentrace CO<sub>2</sub>.



Obrázek 14 - Graf závislosti hluku na čase

V grafu koncentrace CO<sub>2</sub> (Obr. 15) pozorujeme špičky hodnot v rozmezí maximálně 600-1100 ppm. Hodnoty ani jednou za dobu 14 dní nepřekročily limit 1500 ppm. Dokonce se pohybují kolem doporučené hodnoty 1000 ppm. Můžeme tedy s klidem konstatovat, že ve třídě dochází k dostatečně pravidelnému přirozenému větrání.



Obrázek 15 - Graf závislosti koncentrace CO<sub>2</sub> na čase

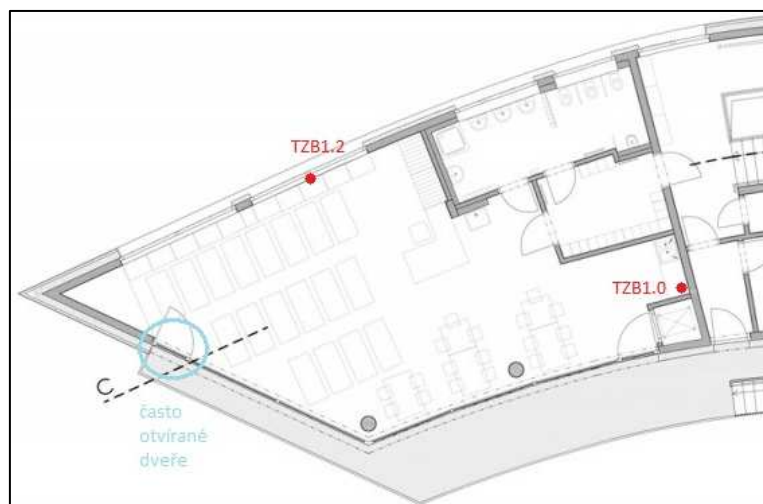
### 1.2.3 MŠ Waltrovka

Druhým sledovaným objektem je dvoupodlažní železobetonový monolitický skelet s monolitickými železobetonovými obvodovými stěnami a stropy. Stavba byla dokončena v březnu roku 2020. Ve školce se nacházejí čtyři třídy. Každá třída má vlastní zázemí: šatnu a sociální zařízení. Jednotlivé třídy tak lze provozovat nezávisle na sobě. Dvě třídy a kuchyně se nachází v prvním podlaží a další dvě třídy v druhém podlaží. [9]

Provoz mateřské školy je od 6:30 do 17:00 hodin. V každé třídě je kapacita 18 dětí a 2 učitelky. Po 14. hodině dochází podle služeb ke spojování tříd. V budově se nachází centrální vzduchotechnická jednotka s rekuperací. Přívodní prvky v obytných místnostech jsou textilní výústky. V rámci celé budovy je instalováno podlahové vytápění. Je zde možnost nezávislého odděleného provozu jednotlivých oddělení MŠ. V severní části budovy jsou fixní okna. Větrání je umožněno pouze směrem na jih na zahradu otvíravými okny. Měření probíhalo v západní části budovy Červené třídě (1.NP) a v Modré třídě (2.NP). [9]

Denní režim:

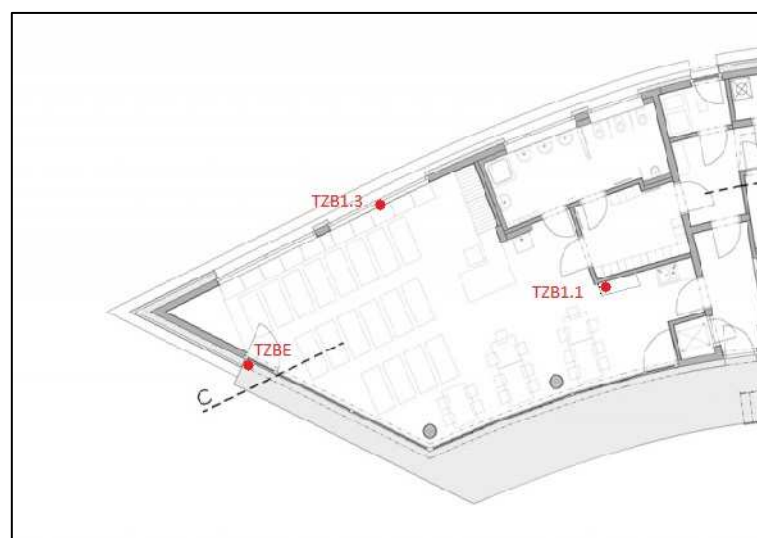
- **6,30 – 8,15 hod.**      **příchod dětí**
- 9,00 – 10,00 hod.      svačina, dopolední činnosti
- 10,00 – 12,00 hod.      pobyt venku
- 12,00 – 12,30 hod.      oběd
- **12,30 – 12,45 hod.**      **vyzvedávání dětí po obědě**
- 13,00 – 14,30 hod.      odpočívání, relaxační činnosti
- 14,30 – 15,00 hod.      odpolední svačina
- **15,00 – 17,00 hod.**      **odpolední činnosti, pobyt venku, vyzvedávání odpoledne**
- 17:00 hod.              konec provozu [9]



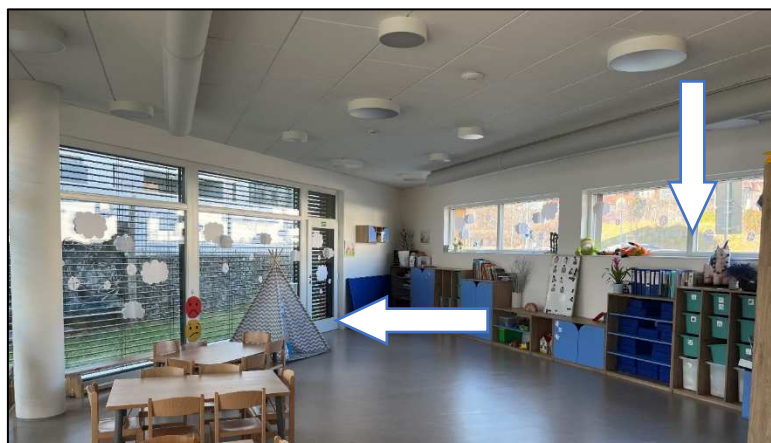
Obrázek 16- Půdorys červené třídy



Obrázek 17 - Umístění modulu TZB1.2



Obrázek 18 – Půdorys Modré třídy



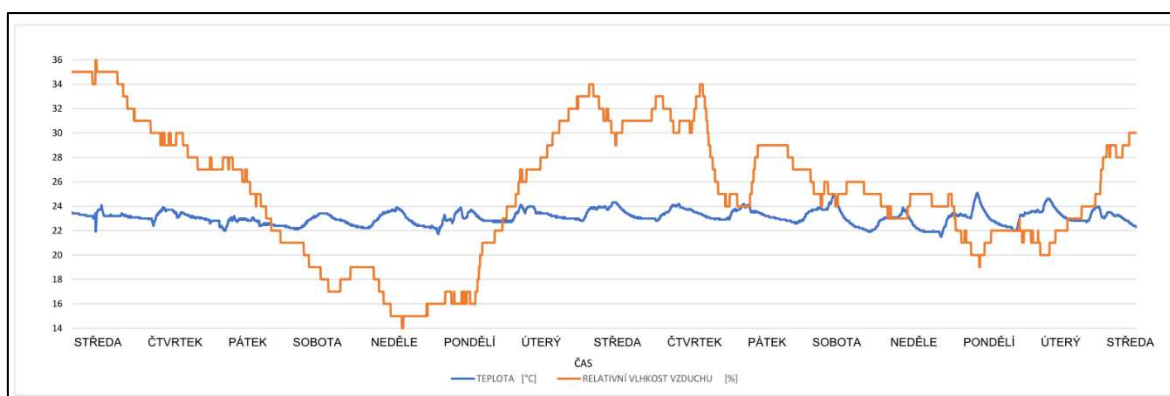
Obrázek 19 - Umístění modulů TZB1.3 a TZBE (za dveřmi)

### 1.2.3.1 Vyhodnocení měření v Červené třídě

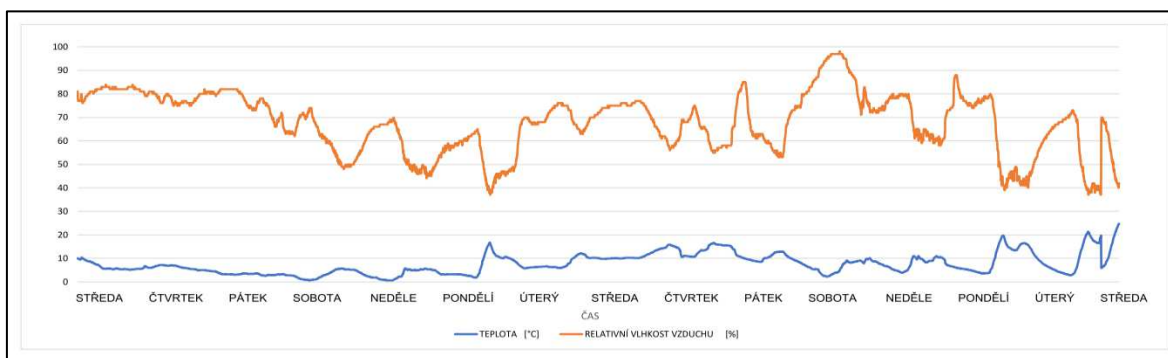
Tato třída se nachází v prvním patře školky. Na severní straně jsou neotevíratelná okna, u kterých byl umístěn měřicí modul (obr.19). Na straně jižní se nachází balkon s otevíratelnými balkonovými dveřmi (obr. 19). Větrání je zde zajištěno centrálně vzduchotechnickou jednotkou.

Vychovatelky si v této třídě stěžují na kvalitu vzduchu, kterou přisuzují nesprávné funkci VZT jednotky. Z tohoto důvodu často větrají balkonovými dveřmi. Tato skutečnost může zásadně ovlivnit průběh měření a jistým způsobem zkreslit výsledky. Celkový komfort ve třídě závisí na mnoha aspektech a to např. výhledu z okna, atmosféře ve skupině dětí, hluku či osvětlení. Nedá se tudíž s jistotou určit, co je příčina problému.

V následujících grafech můžeme pozorovat průběh parametrů vnitřního prostředí po dobu 14 dní. Pokud se objeví znatelné odchylky od trendu, můžeme konstatovat, že jednotka nefunguje správně.

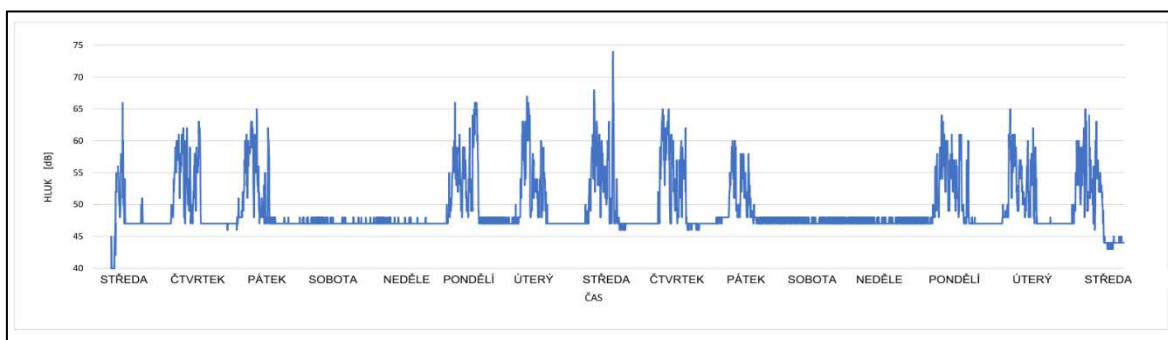


Obrázek 20 - Graf závislosti teplota a rel. vlhkosti vzduchu v interiéru

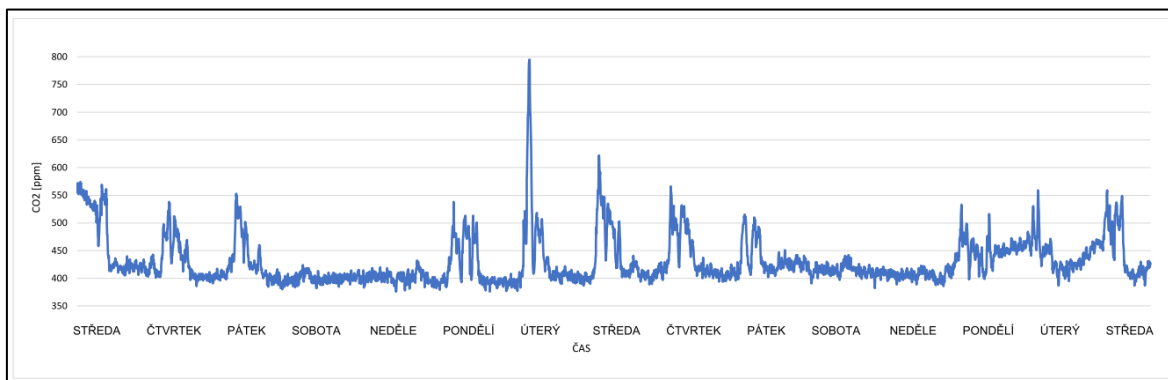


Obrázek 21 - Graf závislosti teploty a rel. vlhkosti vzduchu v exteriéru

Teplota ve třídě se nejčastěji pohybuje v rozmezí 22 až 24 °C (obr. 20), což nejsou nadprůměrné hodnoty, které by vykazovaly problémy se vzduchotechnikou. Nejvyšších hodnot je pravidelně dosahováno před 19. hodinou.



Obrázek 22 - Graf závislosti hluku na čase



Obrázek 23- Graf závislosti koncentrace CO2 na čase

V grafu hluku opět pozorujeme téměř periodickou křivku po dobu celého měření. Dochází zde k jednomu zásadnímu výkyvu na začátku a uprostřed grafu, který mohl být způsoben křikem dítěte.

Graf koncentrace CO<sub>2</sub> vykazuje také abnormalitu v úterý kolem 15:30. Zde je ale tento výkyv opodstatněný přítomností většího množství osob ve třídě. Ve třídě probíhala akce, kdy bylo spojeno více oddělení a hrálo se divadlo. Výkyvy koncentrace korespondují s režimem školky v celém období měření. Přes víkend téměř konstantní hodnoty bez přítomnosti dětí, během dne opakující se trend nárůstů a poklesů podle přítomnosti dětí.

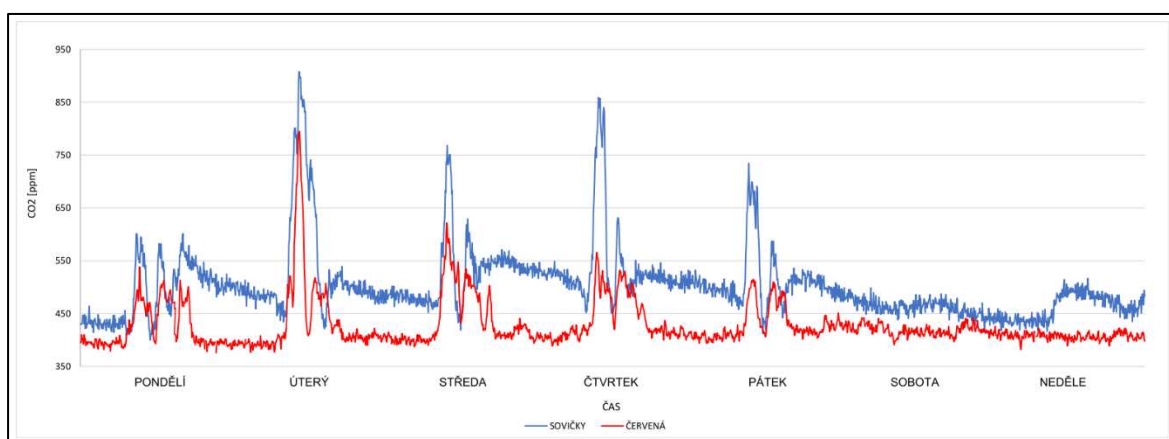
#### 1.2.4 Vyhodnocení měření Waltrovka vs. Urbanova

Měřicí moduly v Modré třídě a ve třídě Lišky neměřily správně. Některé hodnoty vůbec nebyly zaznamenány, proto se nedají použít kompletně k vyhodnocení. Srovnání týdenního měření dvou školek tudíž bude probíhat pouze u třídy Červené a třídy Sovičky. Na obr. 23 můžeme pozorovat průběhy koncentrací CO<sub>2</sub> ve dvou učebnách mateřské školy. Každá třída je umístěna v jiné mateřské škole s jinými parametry viz. Tabulka 4.

Název třídy	Stáří budovy	Větrání	Průměrný počet dětí při měření/max.	Okna
Sovičky	1965	Přirozené	22/26	otevíratelná
Lišky	1965	Přirozené	24/26	otevíratelná
Červená	2020	Nucené	16/18	pevná
Modrá	2020	Nucené	15/18	pevná

Tabulka 4- Parametry měřených tříd

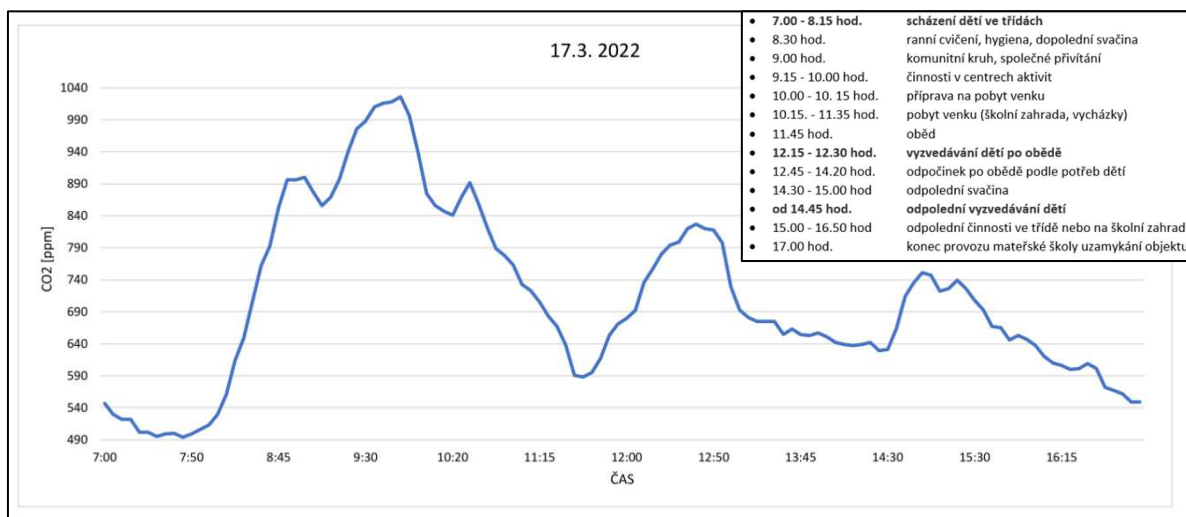
Červená třída je vybavena nuceným větráním z centrální jednotky s rekuperací tepla. Z uvedených průběhů koncentrací lze pozorovat, že ani maximální hodnoty zdaleka nedosahují přípustné koncentrace 1500 ppm. Uvedené hodnoty závisí na docházce dětí, která je nepravidelná z důvodu jejich nemocnosti a časových možností rodičů. Nízké hodnoty jsou z důvodu nízké produkce CO<sub>2</sub> dětí a denního režimu mateřské školy. Hodnoty ve třídě Sovičky jsou také velmi příznivé, a to z důvodu pravidelného a častého větrání, o které se stará paní školnice. Kapacita tříd se liší, i z toho důvodu může být způsobena dlouhodobě vyšší koncentrace CO<sub>2</sub> ve třídě Sovičky. Při bližším prozkoumání grafu je zřejmé, že vzduchotechnika v Červené třídě dokáže udržovat hodnoty v menším rozsahu, s menšími extrémy oproti třídě Sovičky s přirozeným větráním.



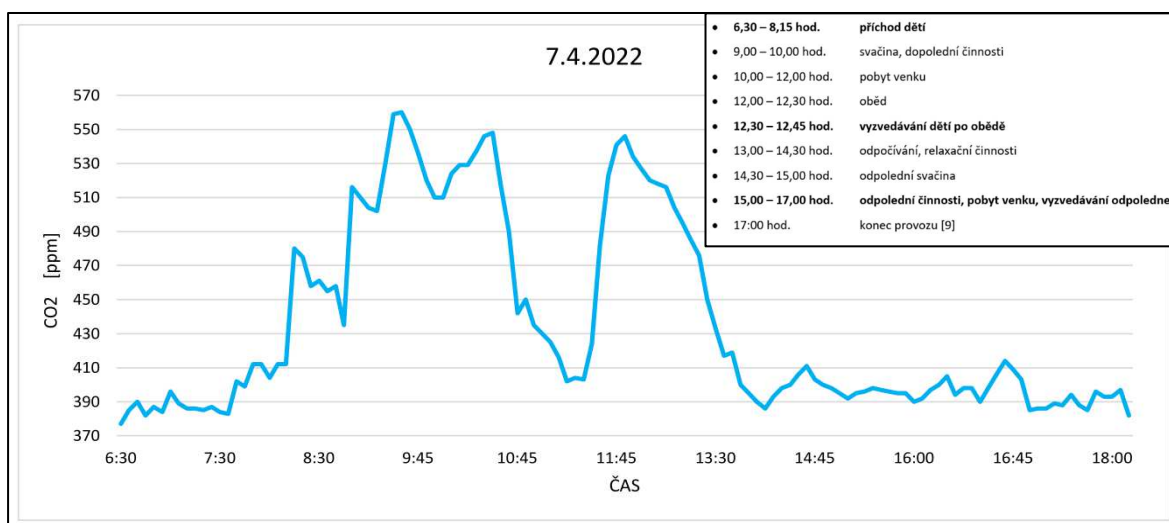
Obrázek 24 - Graf koncentrace CO<sub>2</sub> v Červené třídě a třídě Sovičky v závislosti na čase

### 1.2.4.1 Vyhodnocení v závislosti na denním režimu MŠ

Díky dennímu režimu mateřských škol, kdy děti tráví co nejvíce času venku, se může využít této doby k přirozenému větrání tříd. Na obr. 25 můžeme sledovat změny koncentrací v závislosti na denním režimu. Nárůst koncentrace začíná příchodem dětí do školky kolem 7:30. Tento nárůst pokračuje až do 10:00, kdy končí dopolední činnosti uvnitř budovy. Kolem 10:00 dochází ke zlomu a prudkému poklesu koncentrace až do 11:45. V této době jsou děti venku a může tak docházet k přirozenému větrání tříd. Ve 12:00 se děti vrací dovnitř na oběd, tím znovu dochází k nárůstu. Ve 13:00 začíná odpolední klid. Po 14:30 se zahajují odpolední činnosti, děti si začínají hrát a koncentrace opět roste. Po 15:00 začíná odpolední vyzvedávání dětí, klesá počet dětí, tudíž i koncentrace CO<sub>2</sub>.

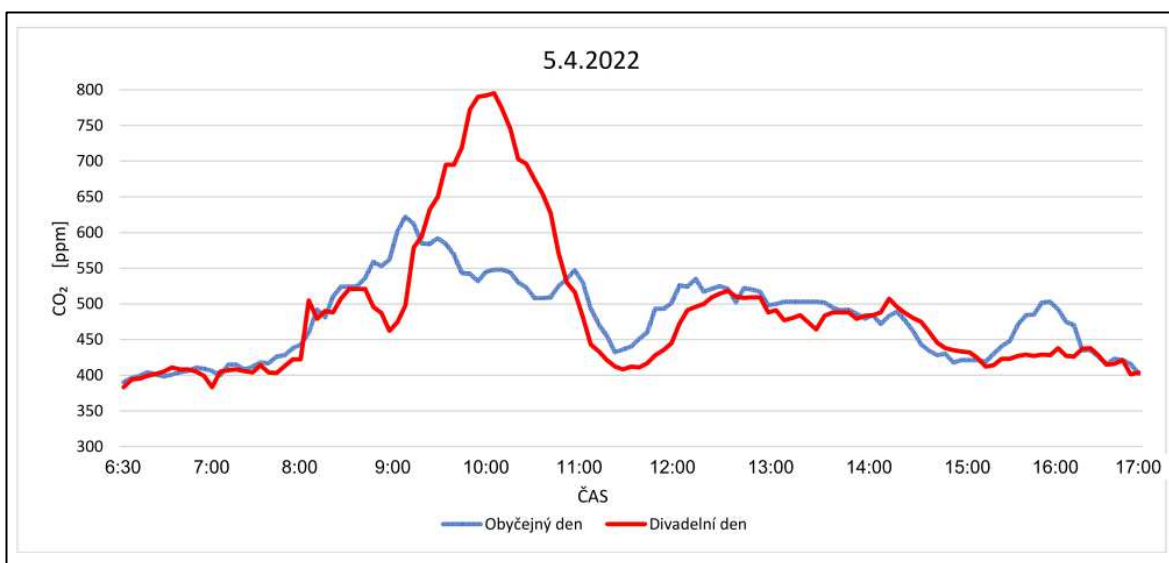


Obrázek 25- Graf závislosti koncentrace CO<sub>2</sub> na denním režimu MŠ (třída Lišky)

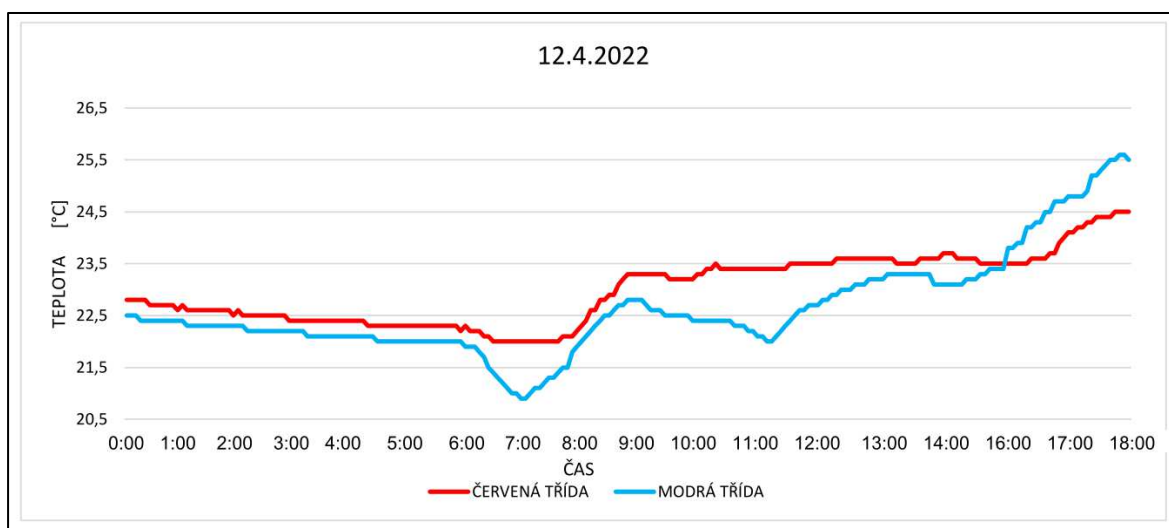


Obrázek 26- Graf závislosti koncentrace CO<sub>2</sub> na denním režimu MŠ (Modrá třída)

Největší rozdíl mezi průběhy koncentrace CO<sub>2</sub> ve třídách je v rozsahu jejích hodnot. V Modré třídě se pohybují v rozmezí 380–560 ppm. Ve třídě Lišky ve vyšší části grafu v rozmezí 490-1000 ppm. Způsobuje to počet dětí ve třídě. Dne 17.3.2022 ve třídě Lišky bylo 25/26 dětí. Oproti tomu v Modré třídě dne 17.4.2022 bylo pouhých 12/18 dětí. Jak bylo již zmíněno dříve, dne 5.4. se pořádalo v červené třídě divadelní představení. Bylo zde 25 dětí a 3 učitelky, což je o 9 osob více, než v normální den. Nyní můžeme průběh hodnot sledovat podrobněji na časovém úseku jednoho dne ve dnech divadla a v obyčejný den (Obr. 27). Jednoznačně lze z grafu vyčíst, že divadelní představení trvalo v dopoledních hodinách od 9:00 do 10:00, poté děti šly ven na zahradu.



Obrázek 27 - Graf koncentrace CO<sub>2</sub> v závislosti na čase při změně denního režimu



Obrázek 28- Graf porovnání teplot v Červené a Modré třídě



#### 1.2.4.2 Měření teploty

Porovnány byly hodnoty teplot ve třídě Modré a ve třídě Červené v časovém období od půlnoci do 18:00 dne 12.4.2022. Můžeme sledovat, že v Červené třídě se teplota téměř po celou dobu pohybuje nad hodnotami teploty v třídě Modré (Obr. 28). Jedním z důvodů může být umístění třídy. Červená třída se nachází ihned pod střechou, během slunného dne se střecha rozpálí a třídu zahřívá. Špičky, které vytváří modrá křivka jsou v časech před příchodem dětí a v období, kdy se děti nachází zpravidla venku. Z tohoto průběhu vyplývá, že pravděpodobně docházelo k přirozenému větrání okny.

### 1.3 Závěr

Komunikace s mateřskými školami byla výborná. Na všech potřebných krocích se šlo domluvit bez větších prodlev a měření tak mohlo začít téměř okamžitě. Měření koncentrace oxidu uhličitého v modré třídě vykazovalo chyby. Modul byl nejvzdálenější od meteostanice a výpadky signálu pravděpodobně způsobily výpadky ve snímání dat. Hodnoty v dlouhodobém měřítku nebylo možné použít. Hodnoty venkovní teploty u MŠ Urbanova byly získány od majitele sousední parcely, který měří na své zahradě. Venkovní modul ve školce byl špatně umístěn a hodnoty nebylo možné použít. Data zbylých modulů odpovídaly trendům, a tudíž z nich vyvozené závěry jsou relevantní.

Předpoklad, že naměřené hodnoty budou ovlivněny rozdílným konstrukčním provedením a denním provozem budov byl splněn, a to hned v několika bodech. Zprv se potvrdilo, že třída větraná vzduchotechnickou jednotkou vykazuje menší výkyvy hodnot koncentrace oxidu uhličitého než třída využívající přirozené větrání. Dále bylo možné zřetelně pozorovat, jak se naměřené hodnoty odvíjí od počtu dětí ve třídě. Čím více dětí ve třídě, tím více většina parametrů roste. Vnitřní prostředí tříd využívajících přirozené větrání bezprostředně závisí na venkovních podmínkách.

Kvalita vnitřního prostředí má velký význam pro naše zdraví, tím více pro zdraví dětí. Ve školských zařízeních považuji za důležité toto prostředí zajistit, i když z vlastních zkušeností vím, že se to často neděje. Jedině plnohodnotný vzduchotechnický systém dokáže udržet vnitřní podmínky na kvalitní úrovni po celý rok.

## 2 Projektová část



Obrázek 29 – Vizualizace objektu řešené mateřské školy

### 2.1 Popis objektu

V projektové části je navrhována vzduchotechnika pro mateřskou školu v Říčanech u Prahy. Budova je dvoupodlažní. V každém podlaží se nachází dvě učebny s vlastním sociálním zařízením a šatnou. Kapacita jedné třídy je 28 dětí. Kapacita mateřské školy tedy činí 112 dětí. Zázemí pro personál kuchyně je v přízemí. Šatna a sociální zařízení pro ostatní zaměstnance se nachází v druhém podlaží, kde je také ředitelna, kancelář hospodářky a sborovna. V budově najdeme výdejnu jídla, do které je hotové jídlo dováženo. Následně je odtud vydáváno do tříd. Do tříd v druhém podlaží je vydáváno pomocí jídelních výtahů. Součástí provozu je sklad čistého a špinavého prádla. Z venku je přístupné jedno WC. Hlavní místností celé mateřské školy je centrální hala se schodištěm.

### 2.2 Konstrukce objektu

Na hlavní zděný objekt, ve kterém jsou umístěny provozy, zázemí, kanceláře a vstupy se napojují ocelové konstrukce částí jednotlivých tříd. Vyzdění je provedeno z keramických tvárnic. Centrální místnost má také ocelovou konstrukci. Stropní konstrukce se skládá z ocelových profilů HEB, které poskytují nosnou ocelovou konstrukci stropním panelům. Uliční fasáda školky bude částečně řešena jako vertikální zeleň, zbytek bude omítnut. Plochá střecha bude řešena jako extenzivní zelená střecha.

### 2.3 Výběr systému větrání

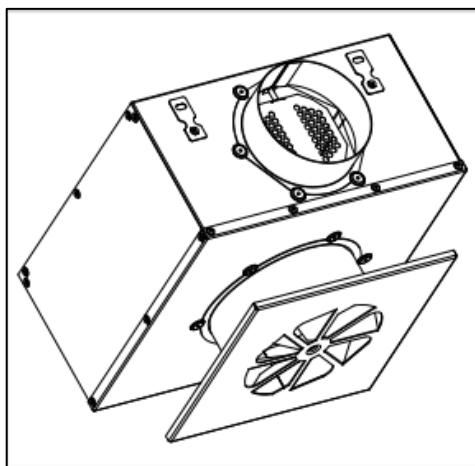
Navržen je rovnotlaký centrální systém nuceného větrání. Celkem do prostor přivedeme i odvedeme stejné množství vzduchu, které prochází jednou větrací jednotkou. Distribuční prvky

v celém objektu jsou propojeny s větrací jednotkou jedním systémem přívodního a odvodního potrubí.

## 2.4 Stanovení průtoku vzduchu a výběr distribučních prvků

### 2.4.1 Třídy a šatny

Výchozím, a tudíž nejvyšším parametrem pro stanovení průtoku vzduchu ve třídách bylo stanovení množství vzduchu podle počtu osob. Na jednu osobu, v našem případě dítě, připadá 25 m<sup>3</sup>/h. Důležitým parametrem, na který se také hledělo při návrhu, byla koncentrace CO<sub>2</sub>.



Obrázek 30 – Vířivý anemostat s pevnými lamelami MANDÍK VAPM

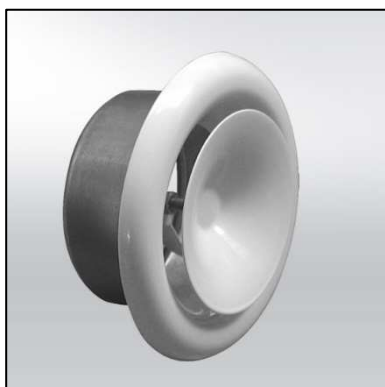
V tomto případě ale nebyla hodnotou převládající. Stanovení hodnoty v šatnách závisí na počtu skříňek s hodnotou 20 m<sup>3</sup>/h na jednu skříňku. Přísun vzduchu do místnosti se sociálními zařízeními je zajištěn z tříd a šaten dveřní mřížkou s navrženou průtočnou plochou.

Při výběru distribučních elementů se jako nejvhodnější ukázaly anemostaty s vířivým výtokem vzduchu (Obr. 30) a to jak pro přívod, tak pro odvod vzduchu. Hlavním důvodem volby těchto výustí bylo využití podhledu, který se nachází ve všech prostorách budovy. Alternativou byly textilní rukávy, zejména z hlediska hlukových poměrů. Kvůli existujícímu podhledu byla ale tato volba vyřazena. Vířivé anemostaty zajišťují intenzivnější promíchání vzduchu se stávajícím vzduchem než například mřížky. V šatnách budou navrženy také vířivé anemostaty. Konkrétně se jedná o vířivý anemostat s pevnými lamelami s difuzorem pro snížení hlučnosti. Ve třídě byl z důvodu hlukových parametrů zvolen větší počet přívodních prvků.

### 2.4.2 Sociální zařízení, šatna pro zaměstnance

Třídy a šatna pro zaměstnance mají své sociální zařízení. Jedno WC v přízemí je přístupné pouze zvenku. Každý zařizovací předmět má určité množství odváděného vzduchu. Pro záchodovou mísu a výlevku je to 50 m<sup>3</sup>/h, pro umyvadlo 30 m<sup>3</sup>/h a sprchu 150 m<sup>3</sup>/h.

Přívod vzduchu bude zajištěn mřížkami ve dveřích (Obr. 32). Odvodní prvky představují talířové ventily (Obr. 31) a vířivé anemostaty (Obr. 30). Místnost přístupná zvenku bude mít přívod vzduchu prostupem ve zdi přes stěnovou mřížku.



Obrázek 31 - Talířový ventil MANDÍK TVOM



Obrázek 32 – Dveřní mřížka DME ELEKTRODESIGN

#### 2.4.3 Úklidové místnosti, sklady

Z důvodu nízké potřeby vzduchu ve skladech pod 30 m<sup>3</sup>/h slouží k přívodu bezprahové dveře. U úklidových místností je třeba nasát z chodby 50 m<sup>3</sup>/h, zde poslouží již dveřní mřížka (Obr.32). Jako odvodní prvky byly navrženy talířové ventily (Obr. 31).

#### 2.4.4 Ohřev jídla

K odvodu vzduchu v místnosti byla navržena digestoř. Jako návrhový parametr byla použita návrhová hodnota 150 m<sup>3</sup>/h pro kuchyně z národní přílohy Z1 k ČSN EN 15665 [22]. Vzduch bude nasáván z vedlejší místnosti přes stěnovou mřížku. Maximální odtah byl zvolen s rezervou kvůli vznikajícím ztrátám na trase odvodního potrubí a to 352 m<sup>3</sup>/h.

#### 2.4.5 Ředitelna, sborovna, kancelář

Pro přívod i odvod vzduchu byly navrženy talířové ventily. Jelikož v každé s těchto místností se počítá s přítomností jedné osoby, prvky jsou navrženy na hodnotu objemu vzduchu 50 m<sup>3</sup>/h jak pro odvod, tak pro přívod vzduchu.

### 2.5 Větrací jednotka

Vzduchotechnická jednotka upravuje vzduch na vyhovující stav vnitřního prostředí. Musí vytvořit dostatečný tlak v systému, aby se vzduch dostal ke všem distribučním prvkům v potřebném množství. Skládá se ze základních prvků, kterými jsou ventilátor, výměník zpětného zisku tepla a filtry. Pro celou školku byla navržena parapetní centrální vzduchotechnická jednotka ve strojovně VZT v 1.NP objektu. Jednotka byla navržena pomocí návrhového softwaru od výrobce ATREA. Výstup z programu je součástí výpočtové dokumentace.

## 2.6 Trasa potrubí

Potrubí je vedeno téměř v celé své délce zavěšené v podhledu. V 2.NP na části ochozu je potrubí přiznané. Zavěšení je provedeno systémem kotevních šroubů s upevňovacím prvkem s tlumičem vibrací. Rozvody jsou navrženy tak, aby docházelo k co nejmenšímu množství křížení. Dochází tím ke vzniku dispozičních problémů v podhledu a ke vzniku nechtěných tlakových ztrát. Z důvodu křížení potrubí, muselo dojít v některých částech objektu k lokálnímu snížení podhledu. Jedná se o část chodby před každou třídou v přízemí budovy. Tímto zásahem nedošlo k překročení minimální dovolené světlé výšky 2500 mm dle Vyhlášky č. 268/2009 Sb. [15] Do vyšších podlaží je potrubí vedeno dvěma instalačními šachtami. Jedna je umístěná v technické místnosti a druhá se nachází u výdeje jídla, místnosti 1.07. Skrz vodorovné a svislé konstrukce je potrubí vedeno prostupy. Schéma trasy potrubí je součástí výkresové dokumentace.

## 2.7 Tvar a dimenze

Na hlavní rozvody a rozvody větších dimenzí bylo navrženo čtyřhranné pozinkované potrubí, které v koncových částech trasy přechází do potrubí kruhového. Tyto produkty jsou od výrobce Lindab. Kruhové potrubí je sice hydraulicky výhodné, ale prostorově rozměrné. V místech křížení by se z důvodu určené výšky podhledu potrubí nevyhnula, proto je z většiny navrženo potrubí čtyřhranné. Největší rozměr je 600x400 mm a nejmenší 200x100 mm. U potrubí kruhového je to potom nejvíce průměr 200 mm a nejméně průměr 150 mm. Návrh obsahu průřezů byl proveden na základě objemových průtoků v jednotlivých úsecích a zvolené rychlosti. Následně byly zvoleny rozměry AxB, podle kterých byly spočteny skutečné rychlosti a skutečné plochy průřezů.

V potrubním systému je použito také flexo potrubí s akustickou tepelnou izolací Sonosystem od výrobce Systemair. Výhodou tohoto typu potrubí je nejen jeho flexibilita, ale i akustické parametry. Tímto potrubím jsou napojeny distribuční prvky ve třídách, sociálních zařízeních a šatnách, hlavně z důvodu tlumení hluku a jednoduchosti montáže. [21] Ve zbylých místnostech, bez větších požadavků na akustické parametry, bylo k napojení distribučních prvků použito potrubí Alusystem od stejného výrobce. Tyto flexo hadice jsou vyrobené z lehkého laminátu do vzduchových rozvodů bez zvláštních požadavků.

## 2.8 Tlakové ztráty

Tlakové ztráty v potrubí se dělí na tlakové ztráty třením proudícího vzduchu o vnitřní stěnu potrubí a místní ztráty vřazenými odpory vnikajícími při změnách na potrubí, jako jsou například kolena, odbočky, redukce nebo tlumiče. Podstatná tlaková ztráta vzniká i na přívodním či odvodním prvku.



Obrázek 33 – Program pro výpočet tlakových ztrát v potrubí

Tlakové ztráty vřazenými odpory byly vypočteny pomocí online výpočetního programu na webové stránce [www.qpro.cz](http://www.qpro.cz). (Obr. 33). Z výpočtů je patrné, že největší podíl na tlakových ztrátách mají distribuční prvky a další prvky, u kterých dochází k místním ztrátám. Ztráty třením nejsou tak zásadní, ale ve výpočtu se nemohou zanedbat. Kompletní výpočet tlakových ztrát je v příloze výpočtová dokumentace.

Pro daný objekt byla zvolena jako kritická cesta u přívodního potrubí trasa s největší tlakovou ztrátou do místnosti 2.05 (třída v 2.NP) s hodnotou 290,55 Pa. U potrubí odvodního byla největší tlaková ztráta na trase do místnosti 1.07 (třída v 1.NP) s hodnotou 217,89 Pa. Tyto hodnoty byly použity k návrhu vzduchotechnické jednotky, konkrétně pro návrh jejího ventilátoru. Zakreslení schémat tras s číslováním úseků je součástí výkresové dokumentace.

## 2.9 Prvky na potrubí

Aby systém větracího potrubí správně fungoval, musí rozvod obsahovat speciální prvky. Tyto prvky zajišťují zejména správnou distribuci vzduchu, tzn. regulují průtok, dále tlumí hluk nebo mají ochrannou funkci např. proti šíření požáru skrz požární úseky.

Prvním prvkem jak na přívodním, tak na odvodním potrubí ihned na fasádě je protidešťová žaluzie. Chrání rozvod proti vniknutí dešťových kapek a sítkou také proti vniknutí drobného ptactva a hmyzu. [21] Obdobný prvek se nachází i na potrubí odvádějící vzduch z digestoře.

Proudění požadovaného množství větracího vzduchu ke každému distribučnímu prvku zajišťují regulační klapky. Z důvodů velkého větvení je vhodné navrhnout za každou odbočku regulační klapku k vyrovnání tlakového rozdílu. V odborném rozsahu bakalářské práce za účelem vyzkoušet si proces návrhu, byl proveden návrh regulačních klapek pouze za rozbočkami od hlavních tras potrubí. Umístění je dle technického listu v dostatečné vzdálenosti od rozbočky, oblouků nebo redukcí. Mezi vedlejšími větvemi jsou regulační klapky ve výkresech zakresleny pouze bez označení. Kompletní návrh včetně návrhu natočení lamel klapek je v příloze pod názvem výpočtová dokumentace.

Z hlediska hlukových poměrů emituje největší množství hluku vzduchotechnická jednotka. Samotné potrubí se také podílí na jeho tvorbě, konstrukčním provedením je však množství tohoto hluku minimalizováno. Byl proveden návrh tlumiče hluku před ventilátorem na přívodním a za ventilátorem na odvodním potrubí vzduchotechnické jednotky. Tento návrh byl proveden za účelem zjištění orientační hodnoty jeho vyvozené tlakové ztráty pro návrh regulačních klapek. Zásadní je zajištění vhodných podmínek ve třídách. Tlumiče budou umístěny i před každou třídou. Jistá hluková rezerva vzniká ve flexibilním potrubí u připojení na distribuční elementy a u připojení potrubí na větrací jednotku pomocí pružných manžet. Do venkovního prostředí jednotka emituje hodnotu 96 dB akustického výkonu u výtlačku a 70 dB u sání. Tyto hodnoty přesahují denní limit pro hluk 50 dB. Je proto nutné navrhnout protihlukové opatření v podobě tlumičů hluku. Tento návrh nebyl z hlediska odborného rozsahu bakalářské práce proveden, tlumiče jsou ale ve výkresech zakresleny.

## 2.10 Závěr

Všechny kroky v návrhu systému větrání vychází z normových požadavků. Návrh byl zhotoven s ohledem na účel budovy. Zejména aby se vypořádal s odvodem škodlivých látek nebezpečných pro lidský organismus a přiváděl do místností dostatek čerstvého vzduchu v požadované kvalitě. Systém by měl zajistit zdravé vnitřní prostředí, splňující požadovaná kritéria, pro všechny přítomné osoby.

## Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 – Požadavky na tepelný stav prostředí podle platného právního předpisu [6]

Tabulka 2 – Vybrané příklady návrhových ekvivalentních hladin akustického tlaku [23]

Tabulka 3 – Požadované nejnižší hodnoty činitele denní osvětlenosti roviny zasklení okna [13]

Tabulka 4 – Parametry měřených tříd [autor]

## Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 – Produkce CO<sub>2</sub> v závislosti na věku [5]

Obrázek 2 – Působení koncentrace oxidu uhličitého na člověka [7]

Obrázek 3 – Budova MŠ Peroutkova [10]

Obrázek 4 – Budova MŠ Waltrovka [8]

Obrázek 5 – Meteostanice [autor]

Obrázek 6 – Půdorys třídy Lišky se zakreslením měřicího modulu [autor]

Obrázek 7 – Umístění modulu TZB1.2 [autor]

Obrázek 8 – Umístění modulu TZB1.1 [autor]

Obrázek 9 – Půdorys třídy Sovičky se zakreslením modulu [autor]

Obrázek 10 – Umístění modulu TZB1.0 [autor]

Obrázek 11 – Jídelna Sovičky [autor]

Obrázek 12 – Graf závislosti teploty a rel. vlhkosti vzduchu ve třídě Sovičky [autor]

Obrázek 13 – Graf závislosti teploty a rel. vlhkosti vzduchu na čase v exteriéru [autor]

Obrázek 14 – Graf závislosti hluku na čase [autor]

Obrázek 15 – Graf závislosti koncentrace CO<sub>2</sub> na čase [autor]

Obrázek 16 – Půdorys červené třídy [autor]

Obrázek 17 – Umístění modulu TZB1.2 [autor]

Obrázek 18 – Půdorys modré třídy [9]

Obrázek 19 – Umístění modulu TZB1.3 A TZBE (za dveřmi) [10]

Obrázek 20 – Graf závislosti teploty a rel. vlhkosti vzduchu v interiéru [autor]

Obrázek 21 – Graf závislosti teploty a rel. vlhkosti vzduchu v exteriéru [autor]

Obrázek 22 – Graf závislosti hluku na čase [autor]

Obrázek 23 – Graf závislosti koncentrace CO<sub>2</sub> na čase [autor]

Obrázek 24 – Graf koncentrace CO<sub>2</sub> v Červené třídě a třídě Sovičky v závislosti na čase [autor]

Obrázek 25 – Graf závislosti koncentrace CO<sub>2</sub> na denním režimu MŠ (třída Lišky) [autor]

Obrázek 26 – Graf závislosti koncentrace CO<sub>2</sub> na denním režimu MŠ (Modrá třída) [autor]

Obrázek 27 – Graf koncentrace CO<sub>2</sub> v závislosti na čase při změně denního režimu [autor]



- Obrázek 28 – Graf porovnání teplot v Červené a Modré třídě [autor]  
 Obrázek 29 – Vizualizace objektu řešené mateřské školy [11]  
 Obrázek 30 – Vířivý anemostat s pevnými lamelami MANDÍK VAPM [17]  
 Obrázek 31 – Talířový ventil MANDÍK TVOM [18]  
 Obrázek 32 – Dveřní mřížka DME ELEKTRODESIGN [19]  
 Obrázek 33 – Program pro výpočet tlakových ztrát v potrubí [20]

## Knižní a elektronické zdroje

- [1] Pro zdravější budoucnost je potřeba změnit přístup k modernímu stavitelství, *tzbinfo* [online]. VELUX Česká republika, s.r.o., 2.6.2018- [vid. 2022-03-20]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitni-prostredi/17435-pro-zdravejsi-budoucnost-je-potreba-zmenit-pristup-k-modernimu-stavitelstvi>
- [2] ZMRHAL, Vladimír a kolektiv. *Větrání škol v souvislostech*. Společnost pro techniku prostředí, 2017. ISBN 978-80-02-02718-8
- [3] HOULÍK, Jakub. *Větrání mateřské školy ve Stříbře* [online]. Praha 6, 16.5.2021, [vid. 2022-05-02], Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/96138>
- [4] PAPEŽ, Karel a kolektiv. *Energetické a ekologické systémy budov 2: vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení*. České vysoké učení technické v Praze, Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03622-8
- [5] Podlahy ve školství, *Dobré podlahy*, [online]. Dostupné z: <file:///C:/Users/HP1/Downloads/BP/podlahy%20do%20%C5%A1kolstv%C3%AD.pdf>
- [6] Vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, *TZB-info* [online], [vid. 2022-03-18]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-410-2005-sb-o-hygienickych-pozadavcich-na-prostory-a-provoz-zarizeni-a-provozoven-pro-vychovu-a-vzdelavani-deti-a-mladistvych>
- [7] Oxid uhličitý, *Protronix* [online], [vid. 2022-04-14]. Dostupné z: <https://www.cidla.cz/odborne-vyrazy/co2-oxid-uhlicity/>
- [8] fotogalerie, *MŠ Peroutkova* [online], [vid. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://www.msperoutkova.cz/moderni-jizni-zahrada-s140CZ>
- [9] *MŠ Waltrovka*, *archiweb* [online], [vid. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/matrska-skola-waltrovka>
- [10] *Den otevřených dveří MŠ Waltrovka*, *MŠ Waltrovka- Informace pro rodiče* [online], [vid. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://sites.google.com/a/tyrsova.cz/ms-waltrovka---informace-pro-rodice/>
- [11] *Mateřská škola a sportovní hala Větrník*, *Architektura s.r.o.* [online], [vid. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://archi.cz/projekty/matrska-skolka-a-sportovni-hala-vetrnik/>

- [12] Větrání škol, TZB info [online], 6.1.2016, [vid. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/13662-vetrani-skol>
- [13] ČSN 73 0580-3. (nedatováno). [online], [vid. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://csnonlinefirmy.agentura-cas.cz/Vysledky.aspx>
- [14] ČSN 73 0532. (nedatováno). [online], [vid. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://csnonlinefirmy.agentura-cas.cz/Vysledky.aspx>
- [15] Vyhláška č. 268/2009 Sb. (nedatováno). [online], [vid. 2022-05-02]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268#cast2>
- [16] Pomocné tabulky, K125 FSv ČVUT, výukové materiály [online], [vid. 2022-05-02]. Dostupné z: [http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/62/du1\\_pomocne-tabulky.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/62/du1_pomocne-tabulky.pdf)
- [17] Technická dokumentace VAPM, MANDÍK [online]. Dostupné z: [https://www.mandik.cz/getattachment/6f16a916-7110-4413-9a77-c2f6b91cbf9d/010\\_00\\_cz\\_VAPM.aspx](https://www.mandik.cz/getattachment/6f16a916-7110-4413-9a77-c2f6b91cbf9d/010_00_cz_VAPM.aspx)
- [18] Technická dokumentace TVOM, MANDÍK [online]. Dostupné z: <https://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/dyzy-a-ventily/tvom/-/tvpm>
- [19] Katalogový list dveřní mřížky DME, ELEKTRODESIGN [online]. Dostupné z: <https://www.elektrodesign.cz/web/cs/uplny-sortiment/produkty/prislusenstvi-distribucni-elementy/mrizky/dverni-mrizky/dverni-mrizky-dme>
- [20] Výpočet tlakových ztrát, Technika prostředí [online]. Dostupné z: <https://www.qpro.cz/Tlakova-ztrata-mistnimi-odpory-Strana-2>
- [21] MÁLEK, Pavel. Návrh systému větrání mateřské školy [online]. Praha 6, 28.5.2017, [vid. 2022-05-06], Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/69284>
- [22] Požadavky na větrání obytných budov, národní příloha Z1 k ČSN EN 15665 [online], [vid. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://csnonlinefirmy.agentura-cas.cz/Vysledky.aspx>
- [23] ČSN EN 16798-1 (127027). (nedatováno). [online], [vid. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://csnonlinefirmy.agentura-cas.cz/Vysledky.aspx>