

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

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**NÁVRH SYSTÉMU VĚTRÁNÍ MATEŘSKÉ
ŠKOLY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

PAVEL MÁLEK

Vedoucí bakalářské práce: Ing, Miroslav Urban, Ph.D.

2016/2017



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Málek Jméno: Pavel Osobní číslo: 423743
Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov
Studijní program: SI-I Stavební inženýrství
Studijní obor: C - Pozemní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh systému větrání mateřské školy
Název bakalářské práce anglicky: Design of ventilation system in a nursery school
Pokyny pro vypracování:
- Zpracování řešební části zaměřené na větrání škol:
- požadavky na větrání,
- výběr vhodných systémových řešení pro větrání a vytápění zadaného objektu mateřské školy.
Zpracování projektu:
- větrání mateřské školy
- koncepce zdroje tepla a vytápění objektu
Seznam doporučené literatury:
ČSN EN 15665 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov
Bašta, J., Kabele, K., Otopné soustavy teplovodní (sešit projektanta č. 1)
GEBAUER, G. Vzduchotechnika budov
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Miroslav Urban, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce: 24.2.2017 Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

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“.

24.2.17

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

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

Praha, 25. 5. 2017

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Miroslavu Urbanovi, Ph.D. za odborné vedení, poskytnutí materiálů a podnětné rady.

Dále bych chtěl poděkovat firmě VMS projekt, s.r.o. za poskytnutí podkladů pro praktickou část této práce.

Děkuji také rodině a přátelům za podporu při studiu.

A v neposlední řadě děkuji fyzikálním zákonům, bez kterých by to opravdu nešlo.

Anotace:

Cílem této práce je návrh vzduchotechnického systému pro mateřskou školu. V textové části jsou popsány větrací systém, jejich výhody a nevýhody a vhodnost využití pro dané prostory. Dále je popsán postup návrhu pro daný objekt. Projektová část obsahuje vypracovaný projekt pro realizaci vzduchotechnického zařízení pro jednotlivé oblasti objektu.

Klíčová slova: *větrání, přirozené větrání, nucené větrání, koncentrace CO₂, zpětné získávání tepla, tepelná pohoda*

Abstract:

The aim of this thesis is the design of ventilation system for a kindergarten. In the text part ventilation system structure, its advantages and disadvantages and suitability for the premises are described. Next, the design procedure is described. Project part contains the project for the implementation of the ventilation system for particular areas of the building.

Keywords: *ventilation, natural ventilation, forced-air ventilation, CO₂ concentration, heat recovery, thermal comfort*

Obsah

1	Úvod.....	3
2	Teoretická část	4
2.1	Vnitřní prostředí budov	4
2.2	Proč větrat.....	4
2.3	Vliv CO ₂ na lidský organismus.....	4
2.4	Požadavky na větrání.....	5
2.4.1	Množství větraného vzduchu	5
2.4.2	Ohřev přiváděného vzduchu	6
2.4.3	Hlukové limity.....	7
2.4.4	Kvalita přiváděného vzduchu.....	7
2.5	Způsoby větrání.....	8
2.5.1	Přírozené větrání.....	8
2.5.1.1	Přírozené větrání infiltrací (mikroventilací).....	8
2.5.1.2	Přírozené větrání otevíratelnými okny.....	9
2.5.1.3	Přírozené větrání mechanicky otevíratelnými okny	10
2.5.2	Nucené větrání.....	11
2.5.2.1	Nucené větrání podtlakové.....	11
2.5.2.2	Nucené větrání přetlakové.....	12
2.5.2.3	Rovnotlaké větrání.....	12
2.5.2.3.1	Nucené větrání rovnotlaké s lokální parapetní větrací jednotkou.....	12
2.5.2.3.2	Nucené větrání rovnotlaké s lokální větrací jednotkou.....	13
2.5.2.3.3	Nucené větrání rovnotlaké s centrální větrací jednotkou	14
2.5.3	Hybridní.....	15
2.6	Srovnání přírodního a nuceného větrání	16
2.6.1	Srovnání kvality vzduchu	16
2.6.2	Ekonomické srovnání	17
2.7	Závěr.....	19
3	Praktická část.....	20
3.1	Úvod.....	20
3.1.1	Všeobecný popis objektu	20
3.1.2	Konstrukce objektu.....	20
3.1.3	Výběr systému větrání	20
3.2	Projektová část	23
3.2.1	Rozdělení prostorů.....	23
3.3	Třídy a dětské šatny.....	24
3.3.1	Třídy	24
3.3.1.1	Stanovení průtoku vzduchu	24
3.3.1.2	Distribuční prvky	25
3.3.2	Dětské šatny	28
3.3.2.1	Stanovení průtoků vzduchu	28
3.3.2.2	Distribuce vzduchu	28

3.3.3	Třídy a dětská šatna	29
3.3.3.1	Větrací jednotka.....	29
3.3.3.2	Potrubí.....	31
3.3.3.2.1.	Trasa.....	31
3.3.3.2.2.	Tvar a dimenze.....	31
3.3.3.2.3.	Prvky součástí potrubí.....	32
3.3.3.3	Ztráty.....	34
3.3.3.4	Hluk	35
3.4	Přípravna a výdej jídla.....	36
3.4.1	Stanovení průtoků vzduchu.....	36
3.4.2	Distribuce vzduchu	37
3.4.3	Potrubí.....	37
3.4.4	Ventilátory a úprava vzduchu	38
3.5	Sociální zařízení, šatna, prádelna a úklidová místnost.....	39
3.5.1	Stanovení průtoků vzduchu.....	39
3.5.2	Distribuce vzduchu	39
3.5.3	Potrubí.....	40
3.5.4	Ventilátory	41
3.6	Návrh kotle	42
3.6.1	Velikost zásobníku TUV	42
3.6.2	Tepelná ztráta prostupem.....	43
3.6.3	Tepelná ztráta větráním	44
3.6.4	Výkon kotle.....	44
3.6.5	Návrh ostatních prvků kotelny	45
3.7	Závěr.....	46
	Zdroje.....	47
	Seznam příloh	49
	Seznam obrázků	50
	Seznam tabulek	52

1 Úvod

Vše na světě se nějakým způsobem vyvíjí a vylepšuje a i v oblasti stavitelství se prohlubují znalosti do všech směrů. Budovy jsou čím dál sofistikovanější a promyšlenější po všech stránkách. Jedna z posledních větších změn v tomto oboru byla ta, že se budovy daleko více přizpůsobují lidem. To znamená, že se začaly navrhovat tak, abychom jsme se v nich cítili co možná nejlépe. Nicméně v moderním světě jsou peníze často „až“ na prvním místě, a tak se často kvalitní prostředí střetává s finanční náročností.

Problematika větrání budov se po staletí v navrhování neřešila, respektive se řešila přirozeným větráním. To funguje na základě rozdílu tlaků, který je způsoben rozdílem teplot. [1] Také se větrání nemuselo řešit tolik, jelikož objekty neměly tak dokonalou obálku, jakou mají dnes, tudíž vzduch se přirozeně vyměňoval. A proč se tento stav změnil? Důvodem jsou opět peníze, lépe řečeno úspora energie a tím i úspora financí. Pokud v zimě dochází k výměně vzduchu přes obálku budovy, do objektu se sice dostane čerstvý vzduch, ten je ale studený. Aby byla splněna tepelná pohoda, vzduch se musí ohřát dodáním energie, která ovšem něco stojí. Dochází k tomu, že budovy získávají izolačně kvalitnější obálku. Důsledkem toho se do budovy dostává menší množství čerstvého vzduchu a tím dochází ke zhoršení kvality vzduchu uvnitř.

Tímto problémem jsou postiženy především nové či rekonstruované budovy s místnostmi, kde se shromažďuje větší množství lidí. Jeho řešení není vůbec jednoduché. Účinky větrání na lidský organismus nejsou příliš zřejmé a především ne vždy je na tuto problematiku kladen dostatečný důraz. Při řešení větrání je často velmi složité najít vyvážený poměr mezi pohodou lidí v budově a finanční náročností.

Velice zanedbané v tomto ohledu jsou budovy veřejných vzdělávacích institucí (školky a školy). Až v posledních letech se těmto budovám věnuje větší pozornost. Ve třídách a přednáškových místnostech se často nachází velký počet lidí, kteří by měli mít maximální pohodlí a komfort, aby se mohli soustředit na studium. Bohužel často, i kvůli špatně vyřešenému větrání, jsme svědky a účastníci toho, že žáci nedokáží udržet pozornost a nedokáží se plně soustředit.

Myslím si, že větrání škol je stále velmi aktuální a ne příliš řešené v mnoha školách nejen na území celé České republiky. Cílem této práce je seznámit se a rozebrat problematiku větrání škol a školek, navrhnout řešení a následně, na základě teoretické části, vybrat řešení nejvhodnější pro konkrétní objekt.

2 Teoretická část

2.1 Vnitřní prostředí budov

Člověk v budovách tráví naprostou většinu svého času a je důležité, aby tento prostor byl pro něho zdravotně nezávadný a aby se v něm cítil dobře. Abychom mohli vnitřní prostředí budov nějakým způsobem popsat, musíme si celé prostředí rozdělit na faktory, které výsledný vjem ovlivňují. Mezi tyto faktory patří:

- Teplota
- Relativní vlhkost
- Rychlost proudění vzduchu
- Intenzita osvětlení
- Koncentrace škodlivin (CO₂)
- Hluková zátěž
- Prašnost a další [6]

Všechny tyto parametry se dají blíže specifikovat, a abychom zajistili kvalitní vnitřní prostředí budov, všechny musí splňovat určité hodnoty. Pokud se jen jediný z těchto faktorů dostane mimo požadovanou hranici, kvalita vnitřního prostředí se razantně sníží.

2.2 Proč větrat

Pokud se podíváme na faktory ovlivňující kvalitu vnitřního prostředí, zjistíme, že mnoho z nich nějakým způsobem souvisí s větráním. Je tedy jasné, že větrání má pro nás obrovský význam. Bohužel se větrání nevěnuje většinou taková pozornost, jako by si, dle mého názoru, zasloužila.

Je známo, že člověk spotřebuje při dýchání asi 30 litrů kyslíku za hodinu (záleží na činnosti). Zároveň při tom produkuje oxid uhličitý (CO₂), vodní páru a pachy. Abychom se v budovách cítili dobře, musíme zajistit přísun čerstvého vzduchu, a zároveň odvod znečištěného vzduchu (škodlivin a pachů) ven z budovy. [1]

2.3 Vliv CO₂ na lidský organismus

Jedním z hlavních důvodů, proč je pro nás větrání tak důležité, je koncentrace CO₂. Při dýchání každý z nás produkuje oxid uhličitý, který ve větším množství může mít špatný vliv

na lidský organismus. Řadí se mezi skleníkové plyny a podle jeho koncentrace se určuje kvalita ovzduší. Ve venkovním vzduchu v městské zástavbě se pohybuje mezi 400 až 500 ppm (ppm – poměr částic CO₂ v ovzduší na milion). V interiéru, kde se vyskytují lidé, je koncentrace vyšší než v exteriéru. Pokud převyšuje hodnotu v exteriéru o 800 ppm, prostředí se označuje za nekvalitní. Důsledkem zvýšené koncentrace může být únava, ospalost, bolest hlavy, horší schopnost soustředit se a může zapříčinit i zdravotní potíže. [3]

Koncentrace CO ₂	Místo výskytu CO ₂ vliv na člověka
400 - 700 ppm	koncentrace ve venkovním ovzduší
800 až 1 200 ppm	vyhovující koncentrace CO ₂ v obytných prostorách
1 500 ppm	maximální přípustná koncentrace CO ₂ v obytných prostorách
> 1 500 ppm	nastávají příznaky únavy a snižování pozornosti člověka
> 2 500 ppm	ospalost, letargie, bolesti hlavy
> 5 000 ppm	nedoporučuje se delší pobyt

Tab. 1: Koncentrace CO₂ a vliv na člověka [4]

Pokud se žáci nachází v ideálním prostředí, tj. které má kvalitní a nezávadné vnitřní prostředí s dostatkem čerstvého vzduchu a denního světla, jejich schopnost učit se se může zlepšit až o 15%. Navíc se díky tomu může zlepšit i docházka (především díky zdravotní nezávadnosti prostředí) a to až o 17%. [3]

2.4 Požadavky na větrání

2.4.1 Množství větraného vzduchu

Kolik vzduchu by mělo být přiváděno, závisí na mnoha okolnostech. Mezi ně patří kvalita venkovního vzduchu, k čemuž objekt slouží a další, ale především to závisí na počtu osob v místnosti. Každý člověk spotřebovává kyslík a produkuje oxid uhličitý. A právě na koncentraci CO₂ záleží nejvíce u objektů, kde se nachází větší počet osob.

Pro objekty sloužící ke vzdělání je tedy koncentrace CO₂ na prvním místě. Samozřejmě produkce tohoto plynu není u všech lidí stejná. Mění se například vzhledem k věku osob nebo činnosti osob. Menší děti produkují méně CO₂ a čím klidnější činnosti lidé provádějí, tím také méně produkují tento plyn. Platí úměra čím větší produkce CO₂, tím větší objem větraného vzduchu musí být.

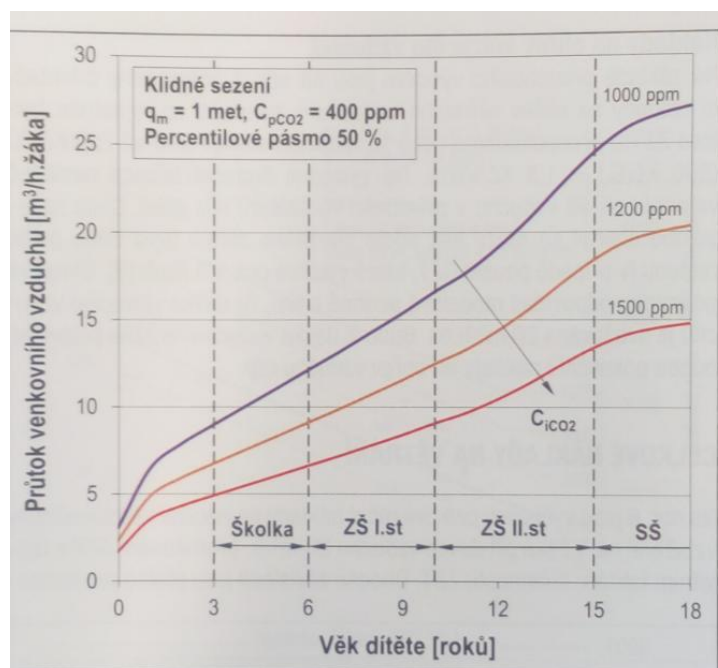
Vyhláška č. 343/2009 Sb. [7] udává, že do učeben má být přiváděno 20-30 m³/h na jednoho žáka. Tato vyhláška však nebere v úvahu věk žáka. Pokud není venkovní vzduch znečištěn, je možné přivádět i méně vzduchu na žáka. Vše je ale závislé na koncentraci CO₂.

V následující tabulce uvedené v Metodických pokynech pro návrh větrání škol však vidíme minimální množství přiváděného vzduchu na žáka, kde je brán ohled na věk.

Množství venkovního vzduchu [m ³ /h.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

Tab. 2: Minimální množství venkovního vzduchu [4]

Podle ČSN EN 15 251 je přípustná koncentrace CO₂ 1200 ppm. Stejně tak to určuje i rakouská vyhláška, ale například v Německu mají tuto hodnotu nižší a to 1000 ppm. Lze připustit sice i vyšší koncentraci, ale ta nesmí přesáhnout 1500 ppm. Následující graf znázorňuje závislost větraného vzduchu na věku dítěte a požadované koncentraci CO₂. Jasně z něj vyplývá, že čím je dítě starší a čím menší koncentrace CO₂ se snažíme dosáhnout, tím objem větraného vzduchu musí být větší. Graf je znázorněn pro oblast, kde je koncentrace CO₂ v exteriéru 400 ppm. [5]



Obr. 1: Průtok venkovního vzduchu na žáka na základě bilance CO₂ ve vnitřním prostředí učebny [5]

2.4.2 Ohřev přiváděného vzduchu

Přiváděný vzduch je sice čerstvý, ale zato studený. Aby byla zachována tepelná pohoda v objektu, je nutné dokázat tento vzduch ohřát na požadovanou hodnotu. Znamená to zajistit

dostatečný výkon zdrojů tepla a jejich regulační schopnosti, aby mohli reagovat na změnu počtu osob v místnostech, na změnu venkovních klimatických podmínek a na změnu doby užívání během dne, či roku.

- U větrání přirozeného, hybridního a nuceného podtlakového je nutné ohřev přiváděného vzduchu zajistit pomocí otopných soustav. Tento požadavek velmi výrazně ovlivní návrh výkonů otopných soustav.
- U nuceného rovnotlakého větrání lze využít tepla, které obsahuje odváděný vzduch, pomocí zpětného získávání tepla. To zaručuje předeřev přiváděného vzduchu, ale nemusí stačit k dosažení požadované teploty. Následný dohřev tedy mají na starosti buď otopné soustavy v místnostech, nebo ohřívače umístěné ve vzduchotechnických jednotkách. [4]

2.4.3 Hlukové limity

Při nuceném či hybridním větrání jsou použity ventilátory, které emitují hluk. Ten může velmi narušit pohodu, kterou se snažíme v objektu zaručit. S ohledem na to se musí vhodně volit umístění ventilátorů (vzduchotechnických jednotek), aby hluk v učebnách nepřekročil stanovené limity.

Dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací je maximální hladina akustického tlaku A v učebnách 45 dB. V Metodickém pokynu pro návrh větrání škol je doporučeno tuto hodnotu snížit na 30-40 dB, které jsou uvedeny v normě ČSN EN 15 251. Aby byly zaručeny tyto hodnoty, doporučuje se ventilátory umístit mimo prostor tříd. Samozřejmě pokud bude splněn tento požadavek, ventilátor lze umístit i přímo do třídy. [5]

2.4.4 Kvalita přiváděného vzduchu

Předpokladem pro účinné větrání je kvalitní přiváděný vzduch. Pokud bychom nezajistili kvalitu přiváděného vzduchu, větrání by ztrácelo smysl.

Přirozené, hybridní a nucené podtlakové větrání potřebují co nejkvalitnější vzduch v exteriéru, protože ho nelze nijak upravit. Ne všude tedy lze větrat těmito způsoby. Pokud se doloží, že vzduch v oblasti je dostatečně kvalitní, je možné použít jeden z těchto typů větrání, v souladu s vyhláškou č. 410/2005 Sb. ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb. Tam, kde to kvalita vnějšího vzduchu nepovolí, je nutné navrhnout vzduchotechnickou jednotkou, kde lze vzduch

zkvalitnit. Tím se myslí vyčistit od škodlivin. Pomocí filtrů lze vyčistit vzduch od pevných i od některých chemických složek. [4]

2.5 Způsoby větrání

Abychom mohli zvolit správný typ větrání pro daný objekt, je nutné seznámit se se všemi alespoň základními typy větrání.

2.5.1 Přírozené větrání

V minulosti jediný způsob větrání. Kvůli tomuto typu větrání se někdy měnil i vnější pohled na objekt. Některé architektonické prvky (např. věžičky) byly za tímto účelem vystavovány. Díky těmto prvkům vznikl dostatečný tlakový rozdíl a objekt byl lépe provětráván. [1] Nyní je pravděpodobně stále nejpoužívanější, ale vzhledem ke snaze snížit energie na vytápění tím, že se budova uzavírá (utěšňuje), tento způsob větrání již není většinou nejvhodnější a u nově navrhovaných budov se s tímto druhem výměny vzduchu setkáváme o něco méně, než tomu bylo zvykem.

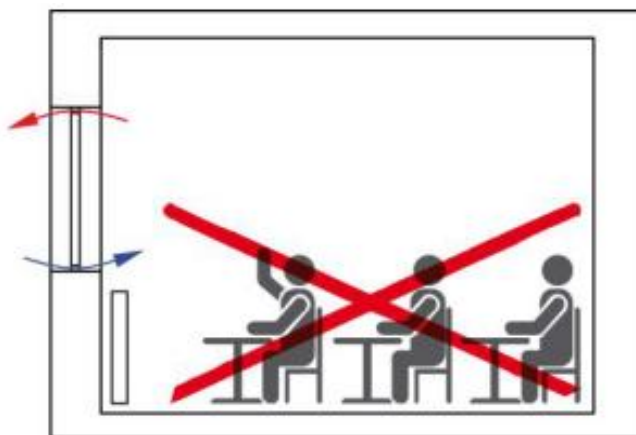
Přírozené větrání je takové, které je vyvoláno účinkem přírodních sil. Jde o rozdíly tlaků, které jsou způsobeny rozdílem teplot nebo dynamickým účinkem větru. [2] Velkou roli hraje kvalita vnějšího prostředí. Přiváděný vzduch není možné nijak upravovat, tudíž jestliže venkovní vzduch je nekvalitní, tento způsob větrání není vhodný.

2.5.1.1 Přírozené větrání infilrací (mikroventilací)

Jedná se o nekontrolovatelné proudění vzduchu netěsnostmi oken, dveří a celého obvodového pláště. V současné době se okna i ostatní části vnější obálky budovy vyznačují maximální těsností, aby se minimalizovaly tepelné ztráty objektu. Z tohoto důvodu se přírozené větrání infilrací dostává do ústraní.

- Pro vzdělávací objekty:

Přírozené větrání infilrací se nedoporučuje. Tímto způsobem nelze zajistit dostatečnou výměnu vzduchu v prostorách, kde se nachází větší počet osob. Zároveň nelze využít zpětné získávání tepla, tudíž tepelné ztráty musí být vyrovnány pomocí otopných soustav, což je velmi neekonomické a moderní budovy se těmto tepelným ztrátám snaží zabránit.



Obr. 2: Schéma přirozeného větrání infilrací (mikroventilací) [4]

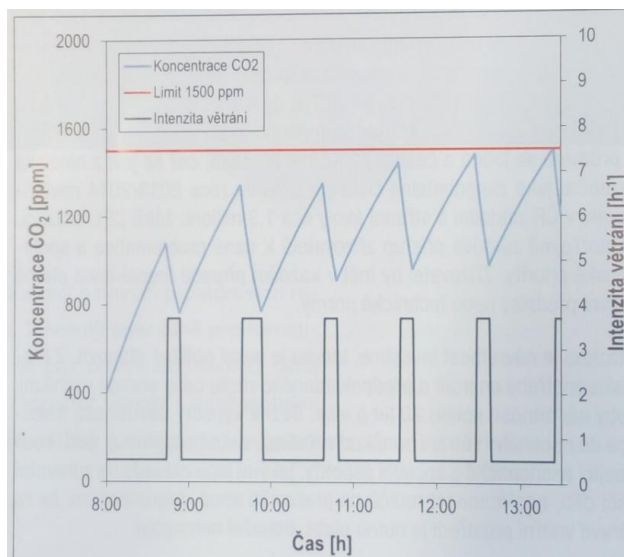
2.5.1.2 Přirozené větrání otevíratelnými okny

Jedná se o nejzákladnější typ větrání. Dochází k němu při krátkodobém otevírání oken nebo dveří. Během doby, kdy dochází k výměně vzduchu, dochází také ke ztrátě tepla. Dalším problémem mohou být velké výkyvy teploty, což zhoršuje tepelnou pohodu.

- Pro vzdělávací objekty:

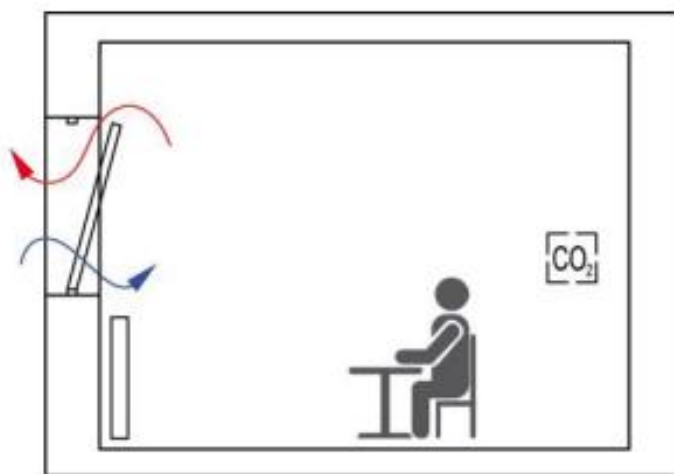
Tento způsob větrání je pravděpodobně nejběžnější na školách v ČR. Svou účinností převyšuje větrání infilrací, ale je závislý na několika faktorech (na rozdílu teplot a tlaků a na účincích větru). Také při výměně vzduchu otevíratelnými okny dochází k velké tepelné ztrátě, která musí být kompenzována energií z otopných soustav.

Často se okny větrá tak, že během vyučovací hodiny jsou okna zavřená a větrání probíhat pouze o přestávkách, kdy se v učebně nenacházejí žádní žáci. Tímto se předchází tepelnému diskomfortu v blízkosti oken během doby větrání. Nicméně z grafu (Obr. 3) je patrné, že koncentrace CO_2 je při tomto druhu větrání velmi závislá na době trvání přestávky. Pokud po přestávce neklesne koncentrace CO_2 minimálně na stejnou úroveň, jako byla před předcházející vyučovací hodinou, na konci dne během vyučování může dojít k překročení limitní koncentrace CO_2 z důvodu postupného navyšování.



Obr. 3: Průběh koncentrace CO₂ v učebně při intenzivním větrání o přestávkách s limitní koncentrací 1500 ppm [5]

Přirozené větrání otevíratelnými okny se nedoporučuje pro klasické třídy. Je možné takto přivádět vzduch do tříd s velmi malým počtem osob. Například do tříd uměleckých škol, kde je výuka individuální, do kabinetů atd.



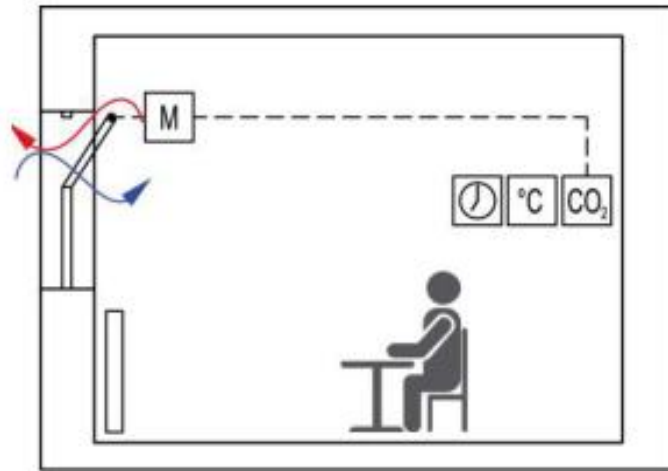
Obr. 4: Schéma přirozeného větrání otevíratelnými okny [4]

2.5.1.3 Přirozené větrání mechanicky otevíratelnými okny

Stejný způsob výměny vzduchu jako u provětrávání otevíratelnými okny. Rozdíl je v tom, že tento typ větrání je automatický. V místnostech jsou čidla s kontrolou koncentrace CO₂ a s kontrolou teploty. Na základě těchto parametrů se okna automaticky otevírají či zavírají. Čas a doba otevření oken lze také nastavit dle časového plánu.

- Pro vzdělávací objekty:

Totožné využití jako u provětrání otevíratelnými okny s nevýhodou hlučnosti zařízení během otevírání/zavírání oken.



Obr. 5: Schéma přirozeného větrání mechanicky otevíratelnými okny [4]

2.5.2 Nucené větrání

Tento typ větrání se vyznačuje tím, že je potřeba dodání energie, aby k výměně vzduchu došlo. Jde o mechanickou výměnu vnitřního znehodnoceného za venkovní vzduch. Ke znehodnocení vzduchu může dojít zvýšenou koncentrací škodlivin, pachem, či teplem. Vzduch může být ventilátorem popoháněn oběma směry (do interiéru i exteriéru), nebo jen jedním. Pokud jde o jednosměrný režim, jedná se o podtlakový, nebo přetlakový systém. Jinak jde o systém rovnotlaký. [2]

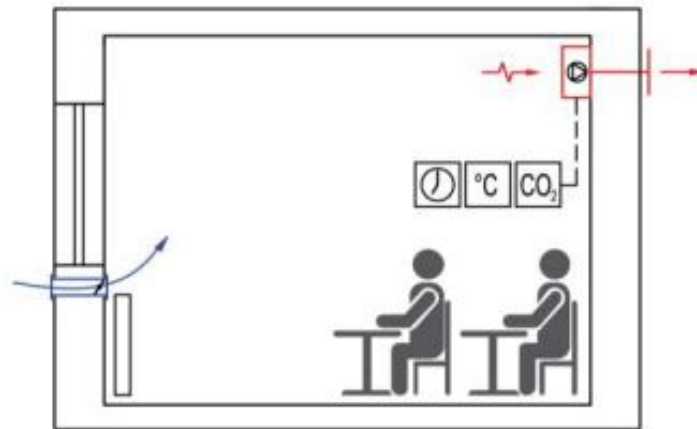
2.5.2.1 Nucené větrání podtlakové

Varianta, kde je ventilátor použit jen pro jeden směr proudění a to pro odvod vzduchu. V místnosti vznikne podtlak, který se vyrovná přívodem vzduchu okenními nebo parapetními štěrbinami. Znehodnocený vzduch je nuceně odváděn do exteriéru buď za obvodovou stěnu, nebo na střechu. Spouští se ručně, nebo automaticky na základě časového plánu, naměřené hodnoty koncentrace škodlivin, či naměřené teploty.

- Pro vzdělávací objekty:

Při podtlakovém větrání není možné využití zpětného získávání tepla, tudíž teplo musí být dodáno otopnými soustavami, což je ekonomicky náročné. Navíc energii spotřebuje také ventilátor, který odvádí znehodnocený vzduch. Vzduch proudí do místnosti studený, což může způsobit tepelnou nepohodu u otvorů pro přívod vzduchu. Ventilátor také produkuje hluk, který může narušit pohodu v interiéru, což se dá minimalizovat vhodným umístěním

ventilátoru (vně větrané místnosti). Stejně jako u přirozeného větrání je podtlakové velmi závislé na kvalitě venkovního vzduchu. Přiváděný vzduch se nedá upravovat, tudíž přesně takový vzduch, který se nachází v exteriéru, je přiváděn i do interiéru.



Obr. 6: Schéma nuceného větrání podtlakového [4]

2.5.2.2 Nucené větrání přetlakové

Přetlakové větrání funguje podobně jako větrání podtlakové, jen je vzduch do místnosti nuceně přiváděn. Vzduch díky přetlaku proudí ven, nejrůznějšími štěrbinami, mřížkami atd.

- Pro vzdělávací objekty:

Pro větrání klasických prostorů se nepoužívá. Používá se například v nemocnicích na operačních sálech, kde je nutné zamezit proudění nekvalitního a znečištěného vzduchu.

2.5.2.3 Rovnotlaké větrání

Ventilátor je navržen jak pro přívod, tak odvod vzduchu. Pokud oba proudy vzduchu procházejí vzduchotechnickou jednotkou, je možné využít tepla z odváděného vzduchu k ohřátí studeného přiváděného vzduchu. Toto předávání tepla probíhá v tepelných výměnících. Díky využití zpětného získávání tepla klesají energie, které by byly potřeba pro zachování tepelné pohody v místnosti. Další vlastností rovnotlakých systémů je možnost upravit přiváděný vzduch, tudíž kvalita vzduchu v exteriéru není tak důležitá, jako u předešlých typů větrání, kdy přiváděný vzduch nemohl být nijak upraven.

2.5.2.3.1. Nucené větrání rovnotlaké s lokální parapetní větrací jednotkou

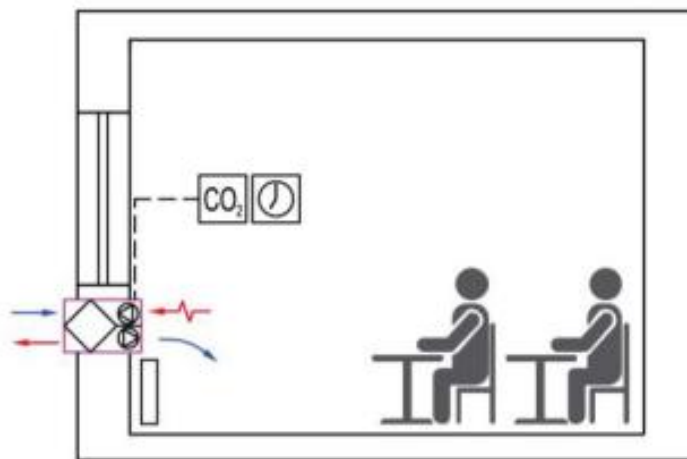
Tyto jednotky se nacházejí pod okny v parapetu. Využívají zpětného získávání tepla, ale jeho účinnost není příliš velká. Dále tyto jednotky mají omezenou možnost filtrace přiváděného vzduchu. Také disponují menším výkonem, tudíž je většinou zapotřebí umístit

více jednotek. Provoz jednotky funguje na základě časového plánu v kombinaci s čidlem koncentrace CO₂ a měřičem teploty.

- Pro vzdělávací objekty:

Jelikož jednotky disponují výměníkem tepla, přiváděný vzduch má vyšší teplotu než exteriérový, tudíž lokální nepohoda v důsledku proudění chladného vzduchu je minimalizována a díky výměníkům se snižují tepelné ztráty. Nicméně výměníky nemají vysokou účinnost a tepelné ztráty se tak musí doplňovat pomocí otopné soustavy. Jednotky emitují hluk, čímž vnitřní pohoda může být narušena. Další nevýhodou těchto jednotek je to, že nedokáže rovnoměrně provětrat celý prostor místnosti.

I pro tento způsob platí, že se doporučuje tam, kde se vyskytuje menší počet osob. Navíc vzhledem k omezené filtraci vzduchu záleží na kvalitě venkovního vzduchu.



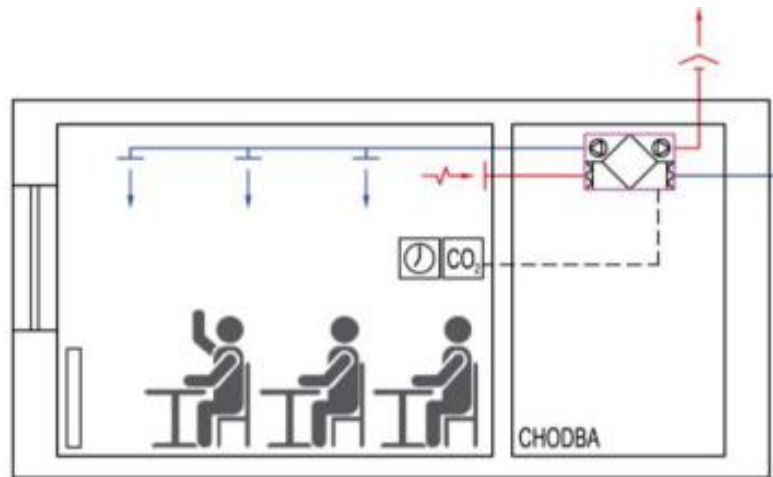
Obr. 7: Schéma nuceného větrání rovnotlakého s lokální parapetní větrací jednotkou [4]

2.5.2.3.2. Nucené větrání rovnotlaké s lokální větrací jednotkou

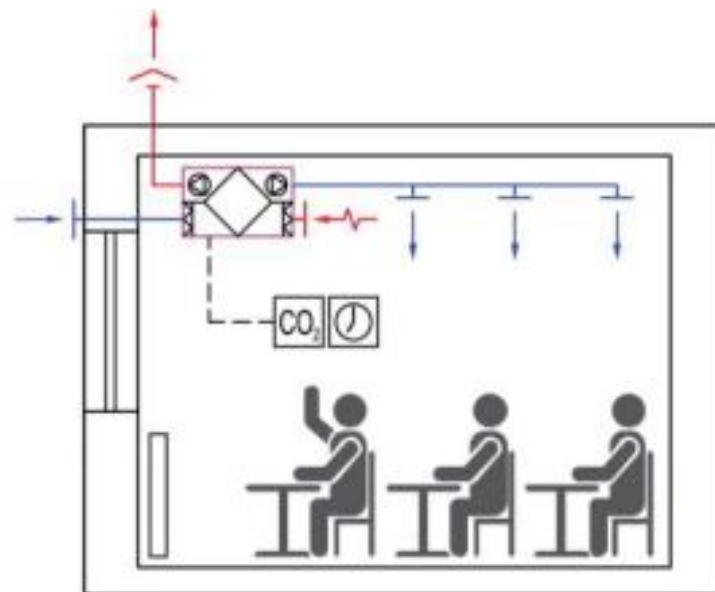
Jde o jednotku, která se nachází přímo v provětrávané místnosti, nebo v její blízkosti. Disponuje účinným výměníkem i kvalitními filtry. Stejně jako lokální parapetní jednotka funguje na základě časového plánu s přihlédnutím na koncentraci CO₂ a na teplotu v místnosti.

- Pro vzdělávací objekty:

Účinný výměník velmi snižuje tepelné ztráty, díky tomu se stává velmi ekonomickým, na druhou stranu pro jeho provoz musíme určitou energii vynaložit. Zbylé tepelné ztráty jsou nahrazeny pomocí ohřívače v jednotce, nebo pomocí otopných soustav. Čerstvý vzduch je distribuován rovnoměrně po celé místnosti, čímž překonává všechny výše zmíněné typy větrání. Jelikož se jednotka nachází přímo v místnosti, či v její blízkosti, musí se dbát na hluchost, která lze snížit pomocí tlumičů hluku. Nevýhodou je také vyšší pořizovací cena.



Obr. 8: Schéma nuceného větrání rovnotlakého s lokální větrací jednotkou umístěnou mimo větranou místnost [4]



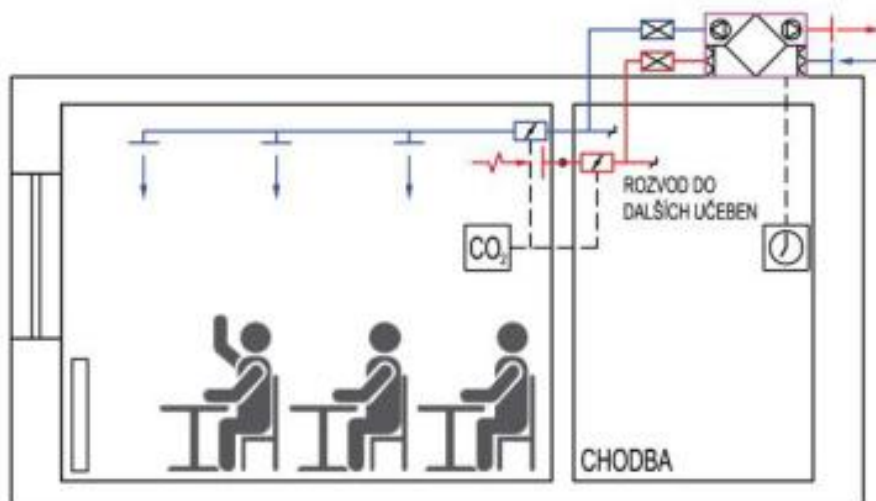
Obr. 9: Schéma nuceného větrání rovnotlakého s lokální větrací jednotkou umístěnou přímo ve větrané místnosti [4]

2.5.2.3.3. Nucené větrání rovnotlaké s centrální větrací jednotkou

V tomto případě se jedná o centrální systém vzduchotechniky, tudíž jednotka má za úkol větrat ve více místnostech. Jednotka se většinou nachází v technické místnosti, či na střeše. Disponuje vším, co může mít i lokální jednotka. Liší se především ve výkonu. Provoz funguje dle časového plánu s tím, že se průtoky regulují automaticky na základě koncentrace CO_2 a teploty v místnostech.

- Pro vzdělávací objekty:

Vhodnost pro vzdělávací objekty je podobná jako u předcházejícího typu větrání. Rozdílné je to, že slouží pro více učeben najednou. Jednotka bývá velmi hlučná a musí být zabráněno šíření hluku jak do vnitřního, tak do venkovního prostředí, ale nenachází se v prostorách učeben.



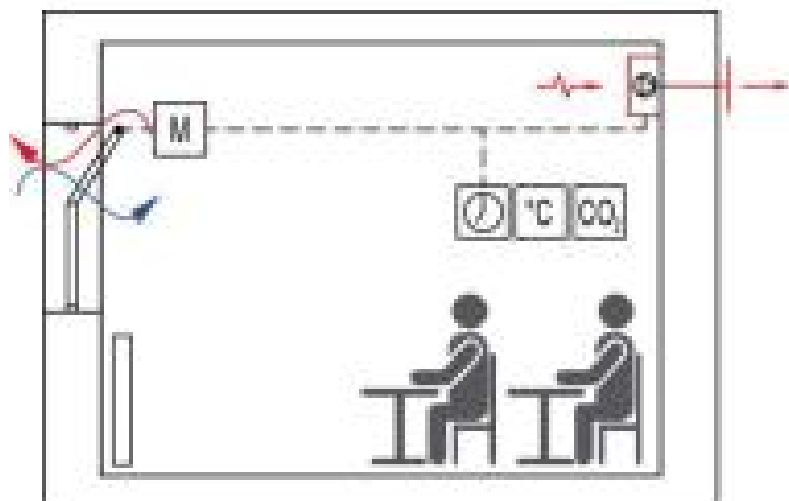
Obr. 10: Schéma nuceného větrání rovnotlakého s centrální větrací jednotkou [4]

2.5.3 Hybridní

Hybridní větrání je kombinací přirozeného a nuceného větrání. Přirozené větrání je primární a funguje stejně jako provětrávání mechanicky otevíratelnými okny. S tím souvisí všechny výhody i nevýhody. Rozdíl přichází ve chvíli, kdy koncentrace CO₂ stoupne, i když je místnost větrána přirozeně. V ten moment se zapne ventilátor, který odvádí znehodnocený vzduch a systém začne fungovat jako nucený podtlakový. Tímto způsobem je relativně snadno zabezpečena výměna vzduchu bez větších stavebních zásahů (vhodná pro rekonstrukce).

- Pro vzdělávací objekty:

V tomto systému nelze využít zpětné získávání tepla, tudíž provoz je velmi energeticky náročný. Pro provoz ve školách je vhodnější než samotné přirozené větrání, jelikož lze lépe docílit požadované kvality vzduchu, nicméně nevýhody, jako například lokální diskomfort v blízkosti oken, jsou stejné jako u přirozeného větrání. Navíc je zapotřebí pohlídat limitní hlučnost ventilátoru stejně jako u podtlakového větrání.



Obr. 11: Schéma hybridního větrání [4]

2.6 Srovnání přirozeného a nuceného větrání

Mezi těmito typy větrání jsou jasné rozdíly v principu, díky kterému fungují. Tyto principy jsou vypsány výše. Ještě je nezbytné srovnat účinnosti obou typů větrání a popsat kvalitu vnitřního prostředí při jejich provozu. Další srovnání se bude týkat finanční náročnosti přirozeného a nuceného větrání.

2.6.1 Srovnání kvality vzduchu

Co se týče účinnosti větrání a kvality vzduchu, nucené větrání má v tomto ohledu jednoznačně navrch. Účinnost nuceného větrání je závislá jen na dimenzi navržené vzduchotechniky. Průtoky vzduchu se většinou dají regulovat a tím dosáhnout nejkvalitnějšího možného prostředí za nejnižší možnou cenu. Další důležitou výhodou nuceného větrání je to, že přiváděný vzduch lze upravit. Ať už jde o tepelnou úpravu, úpravu vlhkosti, nebo zbavení vzduchu některých škodlivin pomocí filtrů. Díky těmto faktům a předpokladu správného návrhu a pravidelné údržby lze zaručit kvalitu vnitřního vzduchu.

Přirozené větrání má jistě i své výhody, ale v účinnosti a kvalitě vzduchu je příliš hledat nemůžeme. U moderních izolovaných budov (kde není větráno infiltrací) se většinou o větrání musí starat sami uživatelé. Ne vždy se ale uživatelé dokáží postarat o své pohodlí, tedy o kvalitní vzduch v interiéru. Ať už je to dáno nevědomostí, zapomnětlivostí, nebo jinou lidskou vlastností, lidský faktor je v tomto velmi důležitý, ale zdaleka ne tak spolehlivý. Lze uživatele ušetřit této starosti díky mechanicky otevíratelným oknům, kdy jsou řízena na základě časového plánu a napojena na čidla v místnostech. Nicméně i když je o okna

postaráno a otevírají se tehdy, kdy se otevírat mají, dostatečné větrání nemusí být zaručeno. Přírozené větrání, jak již bylo zmíněno, funguje díky rozdílu tlaků a působení větru. Občas nastává situace, kdy okna v místnosti jsou otevřena, ale k výměně vzduchu nedochází vůbec, nebo jen málo. Nastává zvýšení koncentrace CO₂ a vzduch v místnosti se stává nekvalitním. Další nevýhoda přírodního větrání je bezesporu v tom, že přiváděný vzduch nelze nijak upravit. Pokud je venkovní vzduch znehodnocen, není možné ho zkvalitnit a větrání se tímto může stát kontraproduktivní, jestliže si do objektu přivádíme vzduch, který je méně kvalitní než vzduch odváděný. Navíc v zimě může být narušen tepelný komfort z důvodu proudění studeného přiváděného vzduchu v blízkosti oken.

2.6.2 Ekonomické srovnání

Z ekonomického hlediska je problematika o něco složitější a ne tak jednoznačná. Je to zapříčiněno velkým množstvím okolností, na kterých je finanční náročnost jednotlivých typů větrání závislá. Dalším důvodem je to, že není úplně jednoznačné, co vše a jakým způsobem lze započítat do ekonomické náročnosti jednotlivých systémů. Například pokud bude v objektu nekvalitní a zdravotně závadné prostředí, může to mít vliv na zdravotní a sociální aspekty uživatelů a jejich blízkých (např. rodičů). A tyto aspekty není možné jednoznačně vyčíslit, a zároveň není možné jednoznačně určit, kam až mohou zasahovat. Nicméně se pokusím shrnout alespoň jednoznačné náklady, které jednotlivé typy větrání vyžadují.

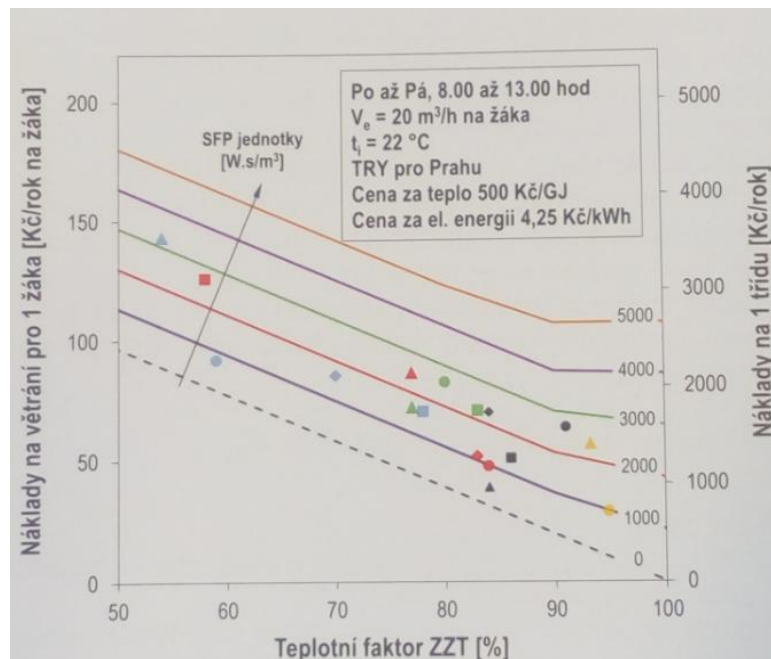
Pořizovací cena na vzduchotechnické zařízení hraje pravděpodobně velmi důležitou roli při rozhodování investorů, zda pořídít toto zařízení, nebo se spolehnout na přírozené větrání. Pokud přírozené větrání je vyhodnoceno z hlediska zákona jako dostačující, často se investoři brání použití vzduchotechniky. Jde o větší investici, kterou investoři často nepodpoří. Také provoz nuceného větrání něco stojí. K ventilátorům musí být přiváděna energie, aby se vzduch v zařízení dal do pohybu. Nicméně výhodou nuceného větrání je to, že teplo, které odchází se vzduchem, lze využít. Pomocí zpětného získávání tepla dojde k předání tepla přiváděnému vzduchu. Tím jsou sníženy náklady na vytápění, jelikož přiváděný vzduch, který projde výměníkem, má vyšší teplotu než vzduch, který výměníkem neprojde (přírozené větrání).

U přírodního větrání sice náklady pořizovací a náklady na provoz jsou nulové, nebo velmi zanedbatelné. Nicméně, jak již bylo několikrát zmíněno, se znehodnoceným vzduchem odchází také teplo, které musí být nahrazeno. Aby byla zachována tepelná pohoda, je nutné dodat teplo do objektu, což je velmi finančně náročné. To, co člověk ušetří na pořizovacích a

provozních nákladech u přirozeného větrání, hned investuje do vytápění, aby byl zaručen tepelný komfort.

V zimním období často dochází k tomu, že se větrá méně přirozeným větráním. Během toho do objektu proudí studený vzduch a to je velmi diskomfortní. Člověk často dává přednost tepelné pohodě před kvalitním vzduchem a tak dochází k tomu, že se lidé „dobrovolně dusí“. Z ekonomického hlediska to znamená, že výdaje na vytápění jsou sice sníženy, ale odnáší to kvalita vzduchu a s tím související zdraví osob.

V časopisu *Vytápění, větrání, instalace* byl pro vzorový příklad vypočítán náklad na ohřev a dopravu vzduchu při nuceném větrání (není zahrnutý servis, údržba, obsluha). Počítáno bylo s využitím zpětného získávání tepla a s objemem vzduchu 20 m³/h pro jednoho žáka. Tyto náklady jsou velmi závislé na výběru zařízení. Avšak průměrná částka na jednoho žáka na jeden rok činí 71 Kč pro ohřev a dopravu vzduchu, což není dle mého nijak závratná částka.



Obr. 12: Celkové náklady na větrání pro jednoho žáka (body z grafu reprezentují analyzované větrací jednotky – bez bližší specifikace) [5]

Nevýhoda a pravděpodobným důvodem, proč není vzduchotechnika v nových budovách samozřejmostí, je pořizovací náklad. Normové požadavky se však zpřísňují, tudíž se vzduchotechnika v některých případech instalovat musí. Nicméně energetická náročnost, která je snižována díky zpětnému získávání tepla, zaručuje postupné vrácení nákladů. Pouze z hlediska spotřeby energie se investice do vzduchotechniky vrátí a to většinou po době, která

se odhaduje na 20-30 let. Sice v tom není započítán servis, údržba a obsluha, ale také v tom nejsou započítány zdravotní a sociální aspekty, které by hovořily pro nucené větrání. [5]

2.7 Závěr

Vzhledem k neustálému zlepšení izolačních vlastností všech objektů, aby se minimalizovaly tepelné ztráty, se větrání stává důležitějším než kdy jindy. I normy, které se vztahují k větrání, se zpřísňují a mají větší a větší požadavky. Přirozené větrání infiltrací již nehraje významnou roli, jelikož je často nevyhovující, a tak se na řadu dostávají systémy s nuceným větráním, aby kvalita vnitřního vzduchu byla zaručena. Sice zatím nucené větrání není samozřejmostí, ale věřím, že za pár let se naprostá většina nových budov bude navrhovat se vzduchotechnickými systémy.

Správně navržené nucené větrání by měl zaručit kvalitní vzduch v objektu. Odvádí znehodnocený vzduch do exteriéru a do objektu přivádí vzduch čerstvý, který může být upravován (rovnotlaké větrání). Ať už jde o tepelné úpravy, úpravy vlhkosti, či vyčištění a zkvalitnění vzduchu, všechny tyto postupy spějí k tomu, aby se v budovách jejich uživatelé cítili co možná nejlépe. Důležitým faktorem pro návrh vzduchotechniky by měla být především zdravotní nezávadnost vnitřního prostředí.

Ačkoliv vstupní investice do vzduchotechnického zařízení není zanedbatelná, během své životnosti by se investice měla navrátit. Doba, kdy se investice vyplatí, se odhaduje na 20-30 let, nicméně náklady na řešení zdravotních problémů, které mohou nastat důsledkem nekvalitního větrání, mohou velmi promluvit do celkové sumarizace nákladů. Avšak je velmi složité započítat tyto náklady, jelikož k hodnotě nákladů pravděpodobně nelze exaktně dospět.

Podle mého názoru by hlavním motivem pro návrh vzduchotechniky měl být zdravotní aspekt. Je neoddiskutovatelné, že nucené větrání spíše zaručí kvalitní vnitřní prostředí objektu. Předpokladem je samozřejmě to, že probíhá pravidelná údržba vzduchotechnického systému a měnění zanesených filtrů. Přirozené větrání není tak nezávislé a nedokáže tedy zaručit dostatečné větrání a kvalitní vnitřní prostředí za každých podmínek tak, jako to dokáže větrání nucené.

3 Praktická část

3.1 Úvod

3.1.1 Všeobecný popis objektu

V projektové části je navrhována vzduchotechniku pro školku. Mateřská škola je jednopodlažní budova a nachází se v Říčanech u Prahy. Kapacita školky je 50 dětí, které jsou rozděleny do čtyř učeben. Každé dvě třídy mají společné hygienické zázemí pro děti. Součástí objektu jsou i dětské šatny. Zázemí pro personál se skládá z šaten, ředitelny, jednacích místností a hygienického zázemí. V přípravně jídel se počítá s plochou pro příjem, přípravu a výdej jídel. Nutností je i mycí zóna. Součástí provozu je prádelna, sklad prádla, úklidová místnost a sklad, který je přístupný zvenku. Zvenku je přístupné i jedno WC. Součástí objektu jsou i terasy, které jsou zastřešeny a které slouží jako přechodová zóna mezi vnitřním a vnějším prostředím.

3.1.2 Konstrukce objektu

Celý objekt je založen na pilotách o průměru 600 a 900 mm. Přes piloty jsou navrženy prahy, přes které bude realizována základová deska tloušťky 200 mm. Svislé konstrukce tvoří zděné stěny, které jsou doplněny železobetonovými a ocelovými sloupy. Vodorovné konstrukce nad 1.NP je tvořena z dutinových prefabrikovaných panelů tloušťky 250 mm, nebo z železobetonových desek. Zastřešení objektu je navrženo pomocí ploché střechy.

Zateplení střešní konstrukce je tvořeno spádovými klíny z polystyrenu EPS 100 o minimální tloušťce 180 mm. Obvodový plášť bude zateplen kontaktním zateplovacím systémem z pěnového polystyrenu tloušťky 140 mm.

3.1.3 Výběr systému větrání

Studenti vysokých, středních i základních škol a děti z mateřských škol, všichni představují budoucnost. Naším úkolem je připravit jim ty nejlepší podmínky, aby se mohli plně soustředit na svůj rozvoj. Významným faktorem, který hraje roli při navrhování vzduchotechniky, je samozřejmě zdraví této budoucí elity. Pokud nebudou mít zajištěné zdravé prostředí, může docházet k malým i větším zdravotním komplikacím, které se s nimi mohou vléci i do

budoucná. Zdraví uživatelů by mělo být jedno z nejdůležitějších faktorů pro návrh vzdělávacích budov.

Pro třídy ve vybraném objektu budou porovnány dvě možnosti návrhu větrání, ze kterých bude vybrán vhodnější typ. Jako nejzajímavější pro srovnání bylo vybráno hybridní větrání a nucené větrání rovnotlaké s centrální jednotkou. Pro výběr těchto dvou typů bylo dospěno následujícím způsobem.

Přirozené větrání, ať už jakéhokoli typu, nezaručí dostatečnou výměnu vzduchu v objektu. Čímž se výběr ztenčil na nucené typy větrání a hybridní větrání. U nuceného větrání se druhy liší především umístěním jednotky. Pokud by se jednalo o rekonstrukce škol, lokální jednotka by byla, vzhledem k menšímu zásahu do stávajících objektů, pravděpodobně vhodnějším typem. Jelikož projekt je řešen jako novostavba, vhodnější typ větrání bude s centrální jednotkou. Navíc lokální jednotka spíše nevyhoví na hlukové limity v učebnách. Dalším typem větrání jsem tedy zvolil větrání hybridní, jelikož porovnání dvou typů nucených větrání není příliš zajímavé a rozdíly by byly jen nepatrné.

Hybridní větrání se spoléhá na přirozené větrání do té doby, kdy tento způsob větrání není dostačující. Pokud koncentrace CO_2 přesáhne určitou hranici, větrání se změní na nucené podtlakové větrání. Ventilátor odvádí znehodnocený vzduch a podtlakem je do místnosti přiváděn vzduch čerstvý. Jelikož se v objektu nacházejí čtyři třídy, každá by musela být vybavena čidlem pro koncentraci CO_2 a teplotu. Tato čidla by byla připojena na řídicí jednotky, které by ovládaly jak otevíratelnost oken, tak funkci ventilátorů.

Výhodou tohoto způsobu větrání je bezesporu jednoduchost. Návrh, servis, údržba i provoz je daleko jednodušší než u nuceného větrání. Ruku v ruce s tím jde i finanční nenáročnost provozu. Dostatečný odvod znehodnoceného vzduchu by měl být zaručen, pokud bude navržen dostatečně výkonný ventilátor.

Mezi nevýhody hybridního větrání jednoznačně patří nevyužití tepla, které je odváděno se znehodnoceným vzduchem. Zpětné získávání tepla lze aplikovat jen u nuceného rovnotlakého větrání. Tím se výhoda finanční nenáročnosti provozu eliminuje, jelikož náklady na vytápění jsou daleko vyšší, než při využití zpětného získávání tepla. Další významnou nevýhodou může být hluk, který produkuje ventilátor pro odvod vzduchu. Dále v blízkosti oken může proudit velmi studený vzduch, který je přiváděn, tudíž může být narušena tepelná pohoda interiéru. Zároveň ve školce mohou být problémem automaticky otevíratelná okna, jednak vzhledem k bezpečnosti dětí, aby nemohly vypadnout z oken, a také vzhledem k vniknutí cizích osob do objektu.

Jako druhá možnost větrání bylo tedy zvoleno nucené rovnotlaké větrání s centrální jednotkou. Znamená to, že pro všechny čtyři třídy bude navržena jen jedna jednotka, která se postará o výměnu vzduchu. Prostory tříd jsou nuceně odvětrávány pomocí ventilátoru, jehož výkon je řízen na základě časového plánu s přihlédnutím k momentálnímu stavu ve třídách, který je zjišťován pomocí čidel ve třídách.

Mezi výhody tohoto typu nuceného větrání patří využitelnost zpětného získávání tepla. Tím se výrazně sníží energie pro vytápění. Tento způsob větrání je nezávislý na podmínkách v exteriéru a přiváděný vzduch si dokáže upravit do požadovaného stavu. Ať už úpravou teploty, vlhkosti či kvality. Kvalitu lze upravit za využití filtrů. Navíc vzduch je možné distribuovat rovnoměrně do celého prostoru, což podporuje pohodu vnitřního prostředí.

Jako každý systém má i tento nějaké nevýhody. Mezi nejvýznamnější patří pořizovací náklady. Také náklady na provoz, servis a údržbu jsou výrazně vyšší než u hybridního větrání. S tím souvisí i náročnost údržby a servisu. Další nevýhodou může být hluk, který ventilátor emituje. Je nutné centrální jednotku vhodně umístit nejen kvůli hluku, ale také s přihlédnutím na přístupnost pro údržbu.

Po důkladnějším srovnání hybridního větrání a nuceného rovnotlakého větrání s centrální jednotkou je jasné, že každý typ má své výhody i nevýhody. Jako největší rozdíl, který hovoří pro hybridní větrání, vidím především v pořizovacích nákladech. Na druhou stranu pro nucené větrání hovoří, dle mého názoru, důležitější fakta. Především by pomocí rovnotlakého větrání mělo být docíleno kvalitnější vnitřní prostředí.

Vzhledem k tomu, že jde o prostory určené ke vzdělání a výchově dětí, nejdůležitějšími faktory by měly být kvalita a zdravotní nezávadnost vnitřního prostředí, což nejlépe zaručí nucené rovnotlaké větrání, pro které bylo nakonec navrženo. I když se do tohoto typu větrání musí ze začátku investovat více financí, neznamená to, že tento způsob větrání není ekonomicky výhodný. Návratnost, díky zpětnému získávání tepla, se udává většinou 20-30 let, což může i ekonomicky hovořit pro zvolení nuceného větrání.

3.2 Projektová část

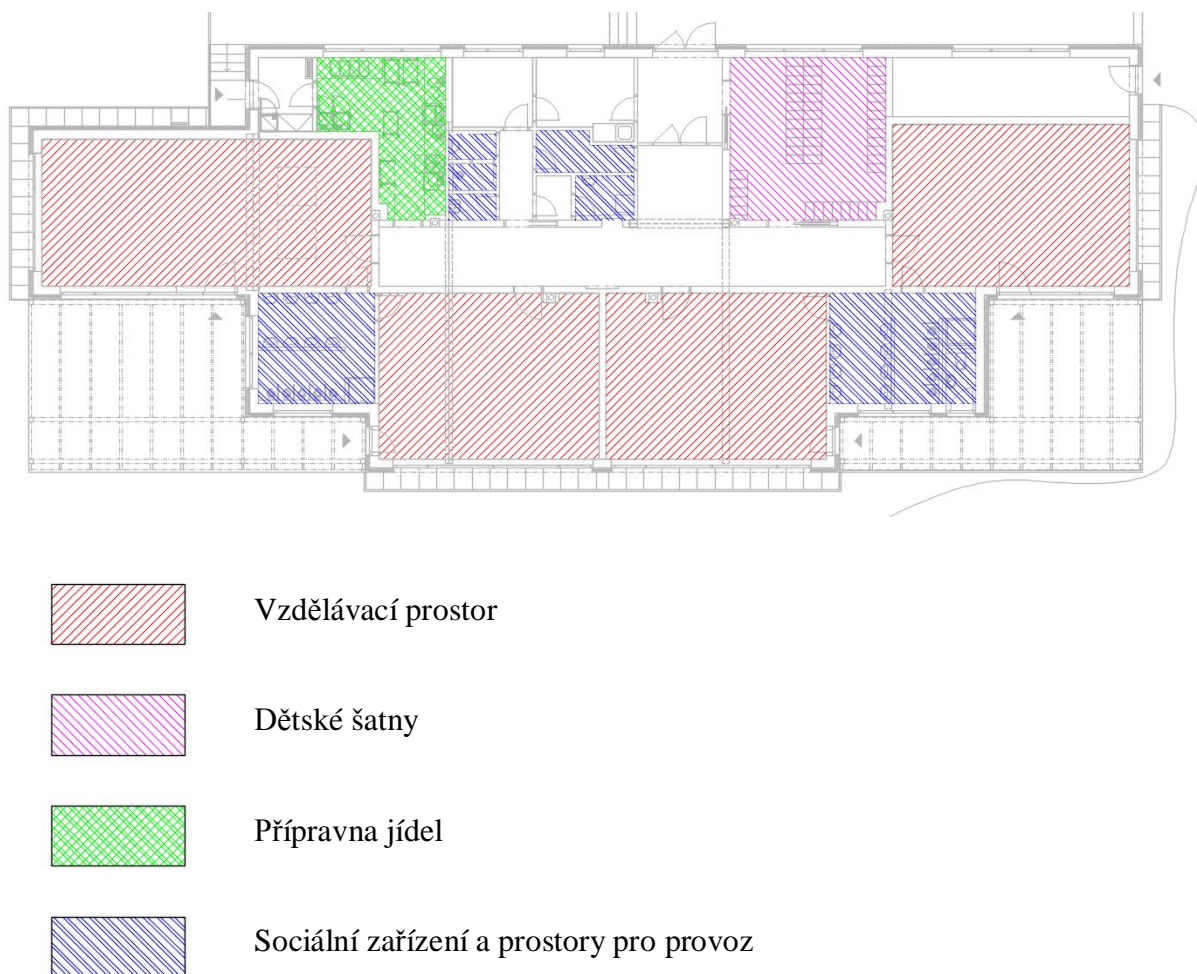


Obr. 13: Vizualizace mateřské školy – řešený objekt [8]

3.2.1 Rozdělení prostorů

Prostory školky je potřeba rozdělit z hlediska větrání do několika zón. Každá zóna je odlišná z hlediska využívání, čímž se velmi mění i požadavek na větrání daného prostoru.

- a) Vzdělávací prostor – místnosti, kde se shromažďují děti po delší časový úsek
- b) Dětské šatny – prostor se skřínkami pro uskladňování oblečení, obuvi atd.
- c) Přípravna jídel – neslouží k vaření jídel, ale jen k distribuci
- d) Sociální zařízení a prostory pro provoz – WC pro děti i personál, prádelna, šatna personálu, úklidová místnost
- e) Ostatní prostory – prostory, které jsou větrány přirozeně okny



Obr. 14: Schéma rozdělení prostorů

3.3 Třídy a dětské šatny

3.3.1 Třídy

V objektu se nacházejí čtyři třídy, které jsou navrženy na 12 a 13 dětí (dohromady 50 dětí v objektu). Tyto prostory jsou navrženy jako větrané pomocí nuceného rovnotlakého centrálního systému. Znamená to, že do každé třídy přivedeme i odvedeme stejné množství vzduchu, které pochází jednou větrací jednotkou.

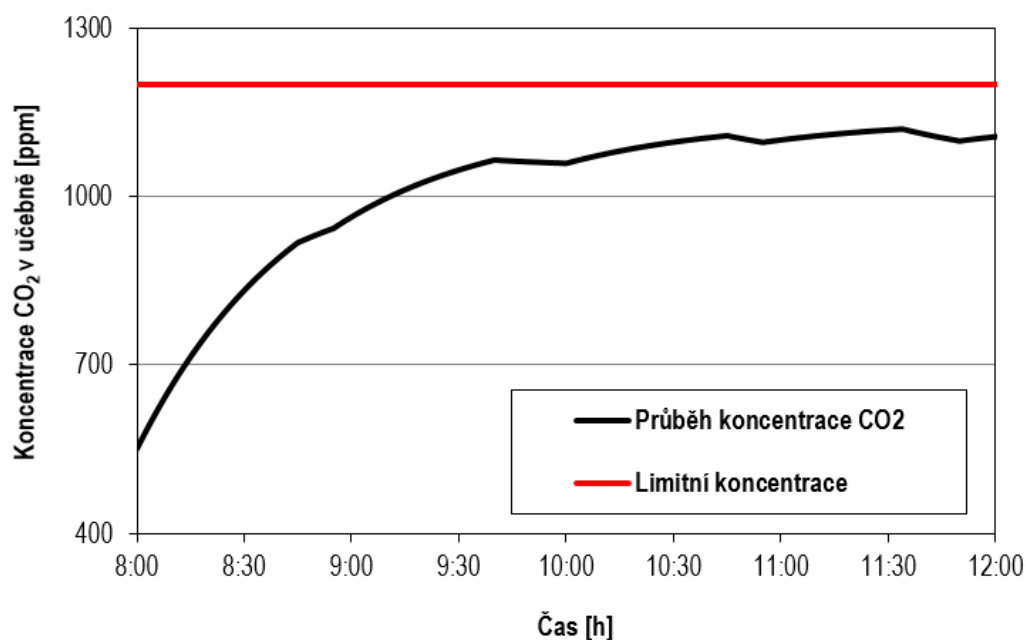
3.3.1.1 Stanovení průtoku vzduchu

Koncentrace CO_2 je v těchto prostorách nejzásadnější pro návrh větrání. Součástí metodického pokynu pro návrh větrání škol je výpočet množství přiváděného vzduchu na základě bilance CO_2 . Do výpočtu je nutné uvést vstupní údaje jako například počet žáků a

vyučujících, objem učebny a koncentrace CO₂ ve venkovním prostředí. Výpočet uvažuje s věkem dítěte a jeho produkcí CO₂. Čím mladší žák, tím méně vyprodukuje oxidu uhličitého.

Výpočet uvažuje průběh vyučování jen do 12:00, což ovšem i pro mateřskou školu postačuje. Děti jsou většinou ve školce od rána a od oběda jsou rodiči vyzvedávány. Kritický čas je uvažován v poledne. V návrhu jsem uvažoval stálý průtok, a aby byla maximální koncentrace oxidu uhličitého splněna i za horších podmínek, návrh průtoků jsem lehce předimenzoval.

Výstupem tohoto výpočtu je graf znázorňující koncentraci CO₂ na čase. V grafu je také znázorněna hranice maximální koncentrace CO₂. Při správně navrženém průtoku větrání by průběh koncentrace neměl překročit limitní koncentraci, ale zároveň by neměl být příliš předimenzován. To se projeví tím, že se křivka znázorňující průběh koncentrace nepřiblíží k limitní koncentraci.



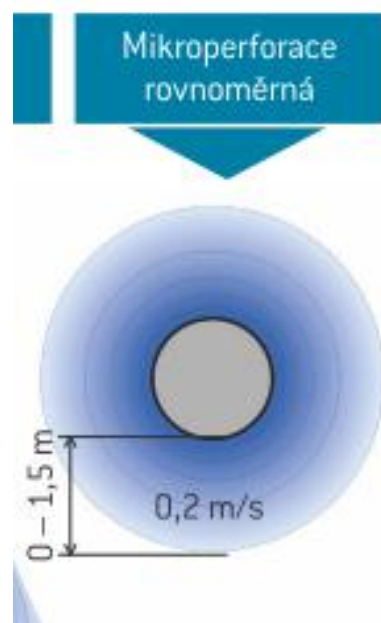
Obr. 15: Příklad grafu průběhu koncentrace CO₂ v závislosti na čase (místnost 1.07)

3.3.1.2 Distribuční prvky

Pro celkovou pohodu v místnostech je velmi důležité, jakým způsobem se vzduch do místnosti distribuuje. Je mnoho typů distribučních prvků, ale vylučovací metodou jsem výběr omezil. Mezi nejvhodnější distribuční prvky jsem zařadil anemostaty, klasické obdélníkové mřížky zabudované v podhledu, či přímo ve viditelném potrubí a textilní výústky.

Kvůli anemostatům by se musel vybudovat podhled, který by velmi snížil světlostou výšku v celém prostoru učeben. Při výběru mřížek, by muselo být potrubí buď viditelné, nebo skryté do sníženého podhledu, který by ovšem nemusel být v celém prostoru učebny. Nicméně jako nejhodnější varianta se zdají být textilní výústky.

Výhod mají hned několik. Textilní výústka propouští vzduch celým svým povrchem (při distribuci mikroperforací), tudíž je zaručeno celkové provětrání místnosti a nehrozí, že by v některých místech mohl vzniknout průvan jako u předešlých variant. S tím souvisí i hluk, který textilní výústky neemitují. Mezi další výhody patří i to, že se nemusí zhotovovat podhled. Textilní rukáv může být i velmi zajímavý designerský doplněk interiéru, jelikož může být zhotoven v různých barvách i s různými vzory, čehož v mateřské škole lze velmi snadno využít.



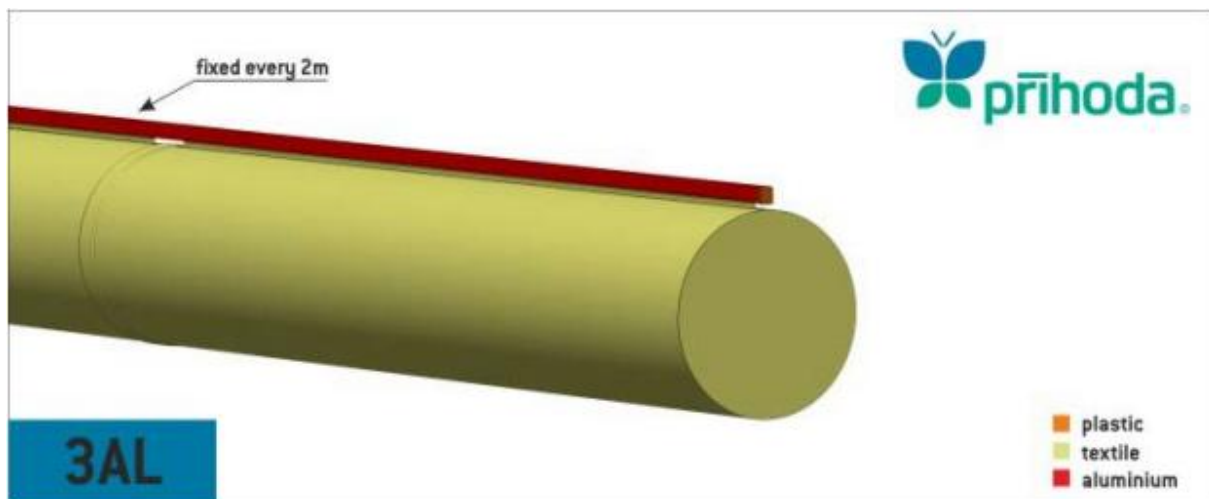
Obr. 16: Schéma distribuování vzduchu mikroperforovanou textilní výústkou [9]

Pro přívod vzduchu byly tedy navrženy textilní výústky, které distribuují vzduch mikroperforací, aby bylo zamezeno vzniku průvanu zapříčiněné přiváděným vzduchem. Kruhový rukávec je navržen o průměru 200 mm. U krajních tříd (místnost 1.07 a 1.15) je vybudován částečně podhled, který zakrývá potrubí distribuující vzduch do textilních výústek. Přejechod mezi čtyřhranným potrubím 200x200 mm a kruhovou výústkou je zajištěn pomocí přechodu WOUT (vnější křídla), které je dodávkou textilního rukávce od firmy PŘÍHODA s.r.o.



Obr. 17: Tvarovka pro spojení čtyřhranného potrubí a textilní kruhové výústky [9]

Součástí dodávky textilní výústky jsou i montážní prvky. Což budou hliníkové profily umístěny přímo nad rukávem, jejich spojky, napínače umístěné v hliníkových profilech a připojovací pásy.



Obr. 18: Schéma navržené textilní výústky s nosným profilem [10]

Pro odvod vzduchu jsou v každé třídě navrženy tři obdélníkové mřížky o rozměru 200x100 mm. Potrubí, které odvádí znehodnocený vzduch, je skryté v podhledu, který je vybudován jen v oblasti, kde je potrubí vedeno. Snahou je co nejméně zmenšit prostor kvůli vzduchotechnice. Mřížky se nachází v opačné části místnosti než textilní výústky, aby nebyl odváděn čerstvý vzduch, ale ten znehodnocený.



Obr. 19: Mřížka pro distribuci vzduchu (pro přívod i odvod vzduchu) – Lindab AD [11]

3.3.2 Dětské šatny

Součástí objektu jsou i dětské šatny. V místnosti má každé dítě svou skříňku, což znamená, že se zde nachází 50 skříněk. Vzduch v tomto prostoru bude vyměňován pomocí stejné jednotky jako vzduch ve třídách. Znamená to, že distribuční prvky jsou napojeny na stejné potrubí, které slouží také pro přívod a odvod vzduchu do/ze tříd, budou napojeny další distribuční prvky, které zajistí distribuci a odvod vzduchu z prostoru dětských šaten.

3.3.2.1 Stanovení průtoků vzduchu

Odváděný vzduch je přímo závislý na počtu skříněk. Na jednu skříňku je požadováno 20 m³/h odváděného vzduchu. Jednoduchým výpočtem je patrné, že celkový požadovaný odvod vzduchu je 1000 m³/h.

Přiváděný vzduch je řešen částečně nuceně a částečně přirozeně. 750 m³/h je přiváděno pomocí vzduchotechniky, zbylých 250 m³/h je nasáváno z okolních místností, především z hlavní chodby díky instalované mřížce ve dveřích, podřezanými dveřmi, či bezprahovými dveřmi.

3.3.2.2 Distribuce vzduchu

Jako distribuční prvek byl pro šatny zvolen anemostat s vířivým výtokem vzduchu. Vzhledem k nedostatku místa v podhledu byl navrhnout jediný anemostat s přípojovací skříní s vodorovným napojením a s regulační klapkou. Aby nedocházelo k průvanu v místnosti, byl

navrhnout anemostat o rozměru 825x825 mm. Při návrhu tohoto anemostatu bude vzduch v kontrolním bodě proudit rychlostí 0,22 m/s, což je vzhledem k účelu místnosti přijatelná hodnota.



Obr. 20: Anemostat s vířivým výtokem vzduchu a připojovací skříň – MANDÍK VVDM [12]

Pro odvod vzduchu jsou navrženy dva stejné anemostaty. Typ distribučních prvků je stejný jako pro přívod, jen rozměr je jiný. Jelikož je odváděn jedním anemostatem menší objem vzduchu, není nutné navrhovat tak velké prvky. Pro odvod vzduchu jsou tedy navrženy anemostaty o rozměrech 500x500 mm s připojovací skříň s vodorovným napojením.

3.3.3 Třídy a dětská šatna

3.3.3.1 Větrací jednotka

Jednotka má za úkol upravit vzduch do požadovaného stavu, který je vyhovující pro vnitřní prostředí. Zároveň musí v potrubí zaručit dostatečný tlak, aby se vzduch dostal ke všem distribučním prvkům v dostatečném množství.

Zařízení disponuje několika základními prvky, které zajišťují funkci jednotky.

- ventilátor – zajištění tlaku pro přívodní i odvodní potrubí
- výměník – zpětné získávání tepla
- vodní ohřívač – dohřev vzduchu na požadovanou teplotu
- filtry – zlepšení kvality vzduchu

Pro daný objekt byla navržena větrací jednotka DUPLEX 1500 Multi, která zajistí dostatečný průtok vzduchu.

Další důležitou věcí, která se týká jednotky, je její poloha. Jelikož objekt nedisponuje přímo technickou místností, jednotka by měla být umístěna tak, aby co nejméně bránila

v provozu a svým hlukem neovlivňovala pohodu v místnostech, ve kterých je nutné zajistit dobré podmínky pro užívání. Jednotka byla umístěna do skladu, který je zpřístupněn z venku. Vzhledem k rozměrům jednotky nebylo možné ji umístit pod strop, tudíž byla umístěna ve vertikální poloze jako jednotka parapetní. Při návrhu umístění jednotky je nezbytné zajistit nejen prostor pro jednotku, ale také prostor kolem ní. Tím se myslí manipulační prostor, aby se daly otevřít dvířka jednotky a aby jednotka byla přístupná.

Pro ovládání provozu jednotky byla navržena digitální regulace RD5, kterou je možné nastavit na týdenní režim a zároveň může být doplněn o čidla CO₂ pro autonomní spínání a dalšími čidly. Digitální ovládač zároveň upozorňuje na poruchy. Díky tomuto ovládači lze jednotku ovládat i přes internet.

Návrh jednotky byl proveden pomocí návrhového programu jednotek DUPLEX, kam byly dosazeny vstupní údaje a požadavky na jednotku a na základě těchto údajů byl proveden návrh jednotky a všech prvků, které jednotka obsahuje.

Důležitým opatřením pro bezpečný provoz jednotky je ochrana jednotky, především výměníku, před mrazem. Byl navržen termostat, který v případě zjištění námrazy ve výměníku zajistí opatření, například v podobě vypnutí ventilátorů.



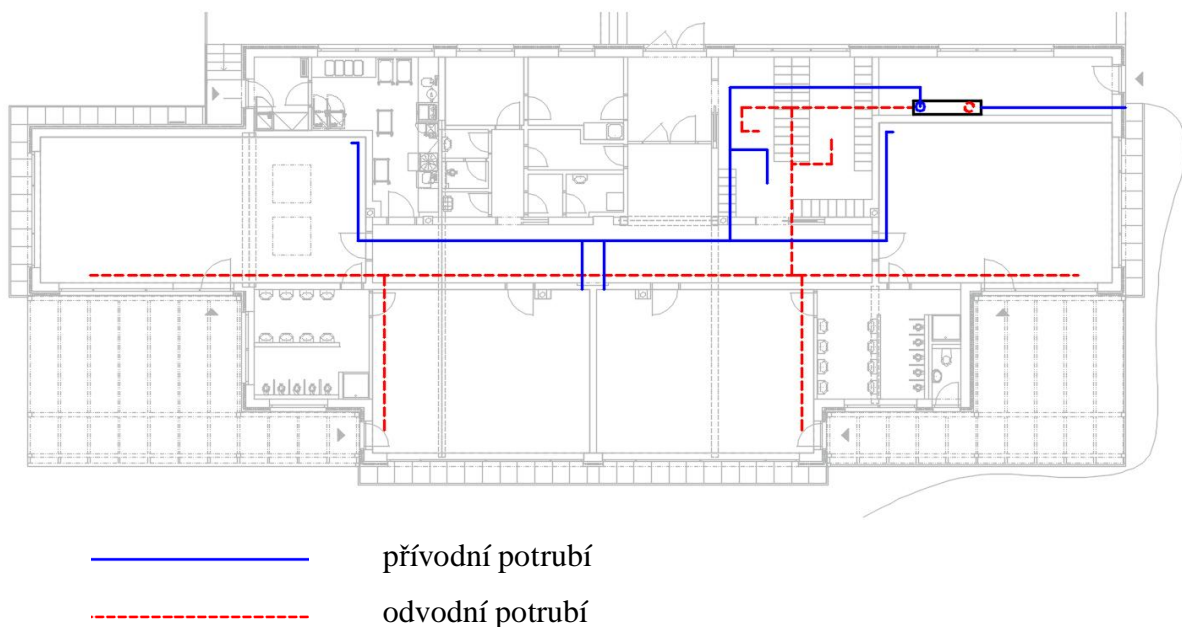
Obr. 21: Ilustrační obrázek větrací jednotky DUPLEX [13]

3.3.3.2 Potrubí

3.3.3.2.1. Trasa

Společně s distribučními prvky bylo nutné navrhnout trasy potrubí. Byl brán ohled na to, jakými místnostmi je potrubí vedeno (kvůli hluku), kde a jaká potrubí se kříží (kvůli výšce podhledu), jaké prvky musí být v potrubí zabudovány a především bylo nutné propojit distribuční prvky s větrací jednotkou.

Trasa byla vedena převážně chodbou a šatnou až k jednotce. Přívod vzduchu do větrací jednotky z exteriéru byl zvolen skrz obvodovou zeď a odvod vzduchu bude vyveden na střechu. Koncové prvky potrubí pro přívod a odvod vzduchu musí být v dostatečné vzdálenosti od sebe, aby odváděný znehodnocený vzduch nemohl být opětovně přiváděn. Tím by nedocházelo k přívodu čerstvého vzduchu a větrání by se tak stalo nefunkční.



Obr. 22: Schéma trasy potrubí pro odvětrání tříd a dětských šaten

3.3.3.2.2. Tvar a dimenze

Existují potrubí kruhová a čtyřhranná. Kruhová potrubí jsou hydraulicky velmi výhodná, takže ztráty třením jsou minimalizovány, nicméně zabírají velmi mnoho prostoru. Pro místa, kde se snažíme potrubím zabrat co nejméně prostoru, je vhodnější čtyřhranné potrubí. Pokud poměr rozměrů je menší než 1:4, potrubí je i z hlediska hydrauliky únosné.

V objektu bylo navrženo pro hlavní větrací větev pozinkované čtyřhranné potrubí s maximálním rozměrem 500x300 mm a minimálním 200x200 mm. Vzduchotechnické

rozvody budou zakryty podhledem, tudíž byl minimalizovaný vertikální rozměr a bylo navrženo čtyřhranné potrubí. Vzhledem ke křížení některých větví i tak dochází ke znatelnému snížení úrovně podhledu. Kdyby bylo navrženo potrubí kruhové, úroveň podhledu by byla ještě nižší.

Dimenze potrubí byly navrženy podle objemových průtoků v jednotlivých úsecích. Na základě zvolené (ideální) rychlosti byly vypočítány odpovídající obsahy průřezů, díky kterým byly zvoleny rozměry $A \times B$. Skutečné plochy průřezů a rychlosti byly dopočítané a měly by se přibližovat „ideálním“ hodnotám. Výška potrubí je ve většině sítě 200 mm. Potrubí, které je v úsecích blízko jednotky, bylo nutné zvýšit, aby byl zachován poměr stran 1:4 a zároveň rychlost proudění vzduchu odpovídala zvolené rychlosti. Výška tohoto potrubí byla tedy změněna o 100 mm na 300 mm.

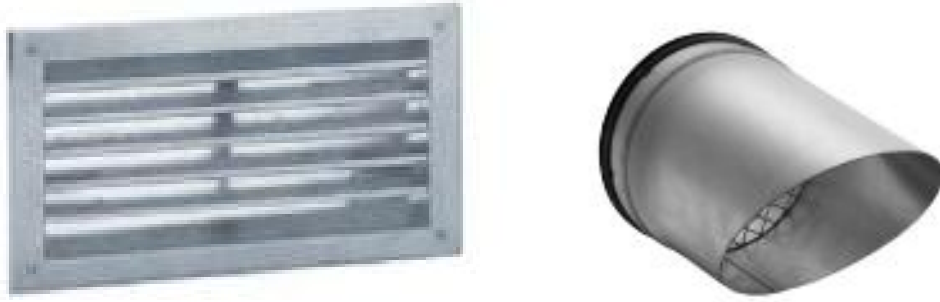
Napojení čtyřhranného pozinkovaného potrubí přímo na jednotku by bylo velmi pracné. Na tomto místě jsou navrženy flexibilní hadice Sonosystem o průměru 315 mm. Jejich výhodou není jen ve flexibilitě, díky které napojení pozinkovaného potrubí k jednotce bude velmi snadné, ale také v akustických vlastnostech. Hadice Sonosystem jsou obaleny izolací tloušťky 25 mm, která tlumí hluk šířící se potrubím. Pomocí stejné technologie budou napojeny i anemostaty v prostoru šaten z důvodů jednoduchosti montáže, ušetření prostoru a tlumení hluku.

3.3.3.2.3. Prvky součástí potrubí

Pro správnou funkci rozvodu vzduchu je nezbytné potrubí opatřit dalšími prvky, které mají na starost bezpečnost a správnou distribuci vzduchu.

Na přívodním potrubí hned na fasádě je nezbytné umístit protidešťovou žaluzii. Jak z názvu vyplývá, chrání rozvod proti dešti. Prvek je vybaven i sítkou, která slouží k ochraně proti vniknutí drobného ptactva.

Podobný prvek se samozřejmě musí nacházet i na potrubí, které odvádí vzduch na střeche. Tento prvek musí být také opatřen sítkou proti vniknutí drobného ptactva. Navržen je prvek od značky Lindab, AVU o průměru 315 mm, který je na kruhové potrubí napojen ve vodorovném směru tak, aby se do potrubí nedostávala voda.



Obr. 23: a) Protidešťová žaluzie – Elektrodesign IWG [14] b) Koncový prvek pro odvodní potrubí – Lindab AVU [11]

Aby se ke každému distribučnímu elementu dostal požadovaný objem vzduchu, je nutné umístit do potrubí regulační klapky. V šatnách je regulační klapka součástí dodávky anemostatu, nicméně pro třídy, kde se nachází textilní rukávce, je potřeba regulační klapky navrhnout. Klapky jsou umístěny na úseky, které míří již přímo k distribučním prvkům. Jsou umístěny dle technického listu v dostatečné vzdálenosti za rozbočky, či od oblouků, aby bylo rovnoměrně rozloženo proudění vzduchu v celém průřezu regulátoru. Potrubí v těchto úsecích je o rozměrech 200x200 mm, čímž je dán i rozměr klapky. Navrženy jsou čtyři klapky od firmy MANDÍK, RPMC-V. Regulátor pro navrženou regulační klapku je doporučen NMV-D3-MP, který obsahuje čidla tlaku, regulátor a servopohon.



Obr. 24: Regulační klapka – MANDÍK RPMC-V [12]

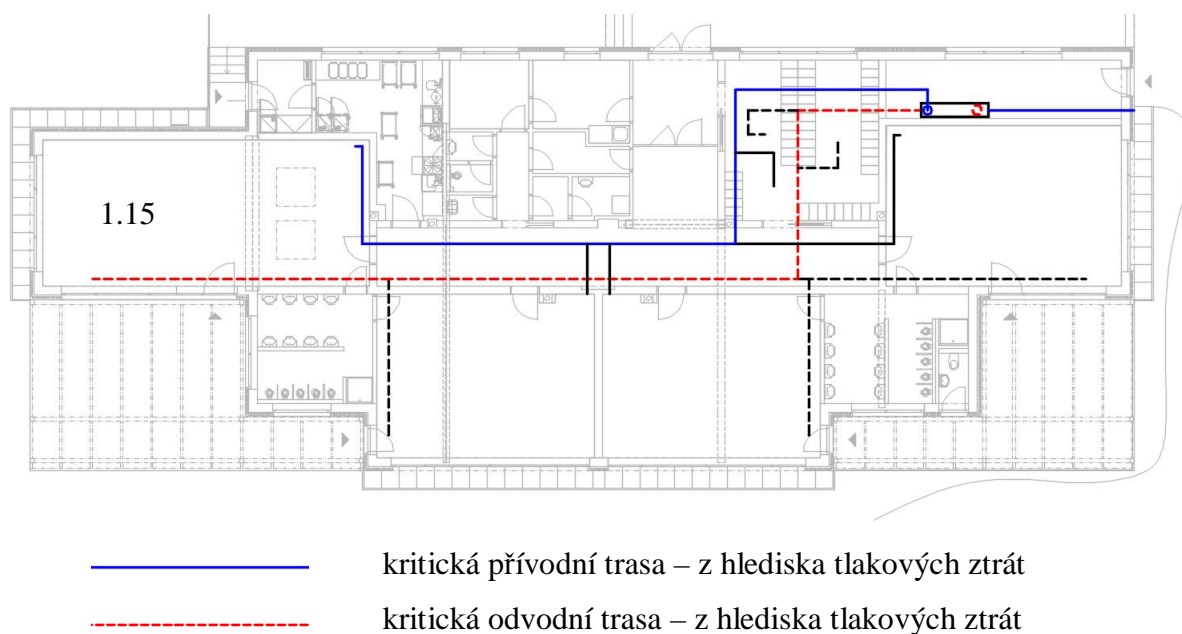
3.3.3.3 Ztráty

Proudění vzduchu potrubím funguje na základě tlaku, který určuje ventilátor a jeho výkon. Abychom mohli navrhnout vhodný ventilátor, je nutné spočítat velikost tlaku, která je nutná pro zajištění dostatečného proudění vzduchu ke všem distribučním prvkům. V jednotce se nacházejí dva ventilátory, jeden pro přívod, druhý pro odvod. Je tedy nutné spočítat tlakové ztráty pro oba směry.

Ztráty se dělí na ztráty třením a místní ztráty. Ztráta třením vzniká v celém průřezu potrubí a na celé délce potrubí. Při proudění tekutin v uzavřeném prostoru (potrubí) vždy vzniká třecí síla, která proudění zpomaluje a tím vzniká ztráta třením. Proudění bylo uvažováno jako turbulentní, od toho se odvíjel následný výpočet.

Místní ztráty jsou vyvolány změnami v potrubí. Jde o změny průřezu, směru, průtoku a tak dále. Musíme tedy zjistit tlakovou ztrátu místní pro protidešťovou žaluzii, konfuzory, difuzory, kolena, rozbočky, regulační klapky, výfuky a pro distribuční prvky. Byly spočítány součinitele vřazených odporů, ze kterých se dopočítaly přímo tlakové ztráty.

Pro daný objekt byla zvolena jako nejkritičtější (z hlediska tlakových ztrát) přívodní i odvodní trasa do/z místnosti 1.15. Pro přívodní potrubí jsou celkové ztráty 139,7 Pa a pro potrubí odvodné 50,1 Pa. Z těchto hodnot se vychází při návrhu ventilátorů do větrací jednotky, kam byly dosazeny tyto hodnoty s rezervou.



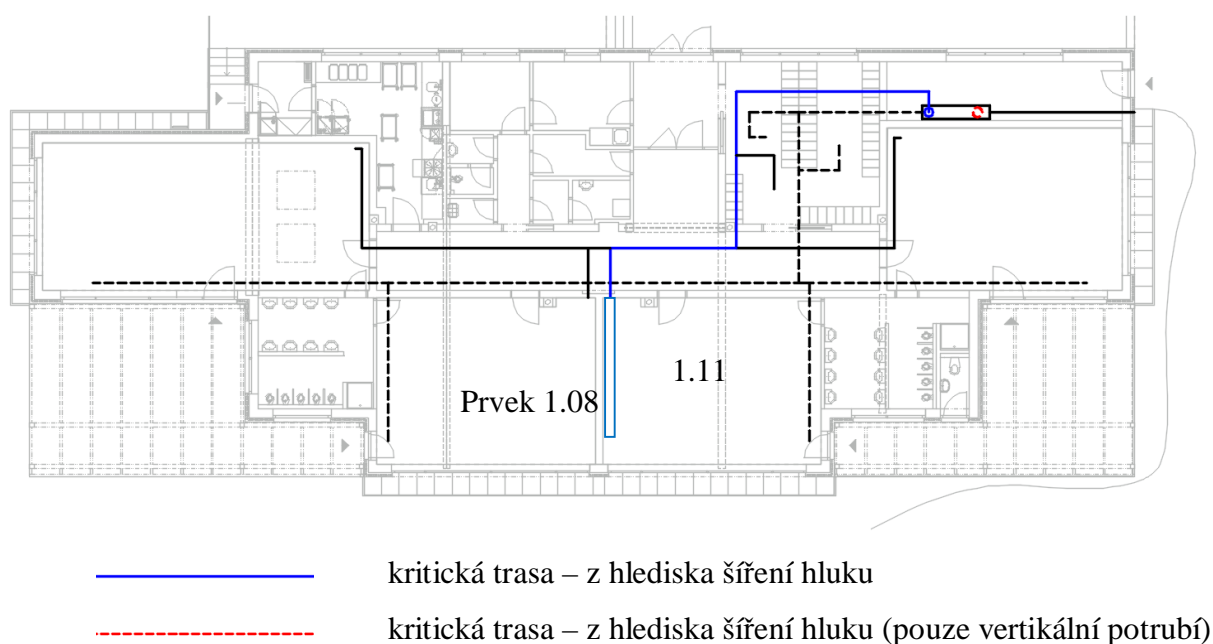
Obr. 25: Vyznačení kritických tras z hlediska tlakových ztrát

Z výpočtů je patrné, že ztráty třením nejsou tak zásadní, ale určitě není možné je zanedbat. Největší podíl na ztrátách mají distribuční prvky, protidešťová žaluzie a další prvky, kde dochází k místním ztrátám.

3.3.3.4 Hluk

Pro zajištění dobrých podmínek pro děti ve třídách, je nutné posoudit hluk, který emituje vzduchotechnika. Zásadní hluk je produkován samotnou jednotkou, avšak i proudění vzduchu v potrubí emituje hluk, který může ovlivnit vnitřní prostředí. Nicméně potrubí hluk zároveň tlumí.

Výpočet je třeba provést od ventilátoru z větrací jednotky po nejbližší distribuční prvek, který vede do třídy. V daném objektu jde o místnost 1.11 a o distribuční prvek 1.08 (textilní výústka). Také je nutné posoudit hluk emitovaný do exteriéru. Výpočet byl proveden pro kritičtější cestu, tedy pro odvodní potrubí, které je vyústěno pouze na střechu, kde je zakončeno koncovým prvkem.



Obr. 26: Vyznačení kritických tras z hlediska šíření hluku

Každá součást potrubí výchozí hluk tlumí. Veličina, která tento jev definuje je útlum hluku (D). Zároveň potrubí další hluk emituje, což je vyjádřeno hladinami akustických výkonů. Emitují ho především změny směru proudění, změny průtoků, rozbočky a další.

Po vypočítání předešlých hodnot se určí hodnota akustického výkonu (L_w) přímo za distribučním prvkem. Jelikož textilní výústka hluk neemituje, spočítaná hladina akustického výkonu je stejně jako na konci potrubí (distribuční prvek není součástí výpočtu, jelikož ho neovlivní). Následně je nutné spočítat si spektrum hladiny akustického tlaku v kontrolním bodě (L_p). Kontrolní bod je pro daný objekt uvažován ve vzdálenosti 2,5 m od výústky. Poté se spočítá výsledná (jednočíselná) hodnota hladiny akustického tlaku A ($L_{p,A}$).

V navrhovaném objektu vyšla tato hodnota 44,0 dB, což splňuje limitní hodnotu, nicméně doporučená hodnota hladiny akustického tlaku A je 30-40 dB. I přes toto doporučení v tomto objektu není nezbytně nutné navrhnout tlumič hluku. Výpočet má určitou rezervu, která je ještě zvýrazněna v tomto případě.

Výpočet předpokládá, že zásadní hluk bude emitovat jednotka a že tento hluk se během cesty nepodaří utlumit. V tomto případě se však v některých frekvencích podaří akustický výkon utlumit cestou k posuzovanému bodu, tudíž je výsledná hodnota nulová. Nicméně ve skutečnosti prvky tlumí akustický výkon, který produkují další části potrubí. Další rezerva bude ve výpočtu pro flexibilní hadice u jednotky. Ve výpočtu je uvažováno se dvěma koleny (90°), nicméně ve skutečnosti lze hadici ohnout daleko méně a tím se emituje méně hluku.

Výsledná skutečná hodnota by se tedy skutečně měla minimálně přiblížit ke 40-ti dB, což je doporučená hodnota hladiny akustického tlaku.

Pro venkovní prostředí byl výsledek hladiny akustického vzduchu v době provozu, tedy přes den, 41,5 dB. Denní limit pro hluk je 50 dB, což bylo bez problému splněno. Není tedy nutné žádné protihlukové opatření.

3.4 Přípravna a výdej jídla

V objektu se nachází místnost pro přípravu a výdej jídla. Předpokládá se pro návrh, že se zde připraví (ohřeje) 50 porcí jídla, tedy pro každé dítě jedna porce. Prostor bude větrán nuceně a to rovnotlakým způsobem. Znamená to, že do místnosti bude přiváděn stejný objem vzduchu za hodinu, jako bude odváděn.

3.4.1 Stanovení průtoků vzduchu

Objem odváděného vzduchu z této místnosti byl stanoven pomocí výpočtu uvedeného v německé normě, přesněji podle směrnice VDI 2052. Započítána byla tato zařízení: mikrovlnná trouba, vodní lázeň, chladničky, elektrický sporák a plynová trouba.

Pro návrh je důležité uspořádání kuchyně. Jaká zařízení budou umístěná pod digestoří a jaké mimo ni. Následně se pro každé zařízení spočítá produkce citelného tepla (Q_s) a produkce vlhkosti (D). Poté se vypočítá konvenční tepelné zatížení ($Q_{s,k}$), kde je brán stupeň zatížení $b = 0,5$ a faktor současnosti $\phi = 0,6$. Dalším krokem je výpočet termických proudů (V_{th}). Dále se spočítá objem odváděného množství vzduchu digestoří (V_{ods}^{dig}), což vyšlo 279 m³/h. Také je nutné spočítat množství odváděného vzduchu, který je odváděn stropem ($V_{ods,strop}$), což vyšlo 493 m³/h. Dále byly ověřeny podmínky na minimální množství odváděného vzduchu mimo digestoř a na minimální nutné odvádění vzduchu z hlediska vlhkostní bilance. Výsledky to v tomto případě neovlivnilo a celkový objem vzduchu odváděný z místnosti vyšel 772 m³/h z čehož 279 m³/h odvádí digestoř.

Zaokrouhlením byly získány návrhové hodnoty a to 800 m³/h celkový odvod vzduchu za hodinu a 300 m³/h digestoří.

System je navrhován jako rovnotlaký, tudíž přívod vzduchu bude také 800 m³/h stejně jako odvod.

3.4.2 Distribuce vzduchu

Pro přívod i odvod jsou navrženy stejné distribuční prvky. Jsou to jednoduché mřížky o rozměrech 200x100 mm. Pro přívod jsou navrženy tři s průtokem 267 m³/h. Pro odvod jsou navrženy čtyři tak, aby se nacházely nad zařízeními produkující citelné teplo a vlhkost. Jejich průtoky jsou 125 m³/h. Další prvek pro odvod je digestoř, která se nachází nad elektrickým sporákem a plynovou troubou. Objem odváděného vzduchu digestoří je 300 m³/h.

3.4.3 Potrubí

S ohledem na prostor, navrhované průtoky a distribuční prvky bylo navrženo čtyřhranné pozinkované potrubí. Maximální rozměr je navržen 400x200 mm a minimální 200x200 mm. Dimenze byly navrženy stejně jako v hlavní vzduchotechnické síti podle průtoků a požadovaných rychlostí.

Pro nasávání čistého vzduchu je opět použita protidešťová žaluzie o rozměrech 400x200 mm se sítí proti vniknutí, která je navržena i pro odvod vzduchu na střeche.

3.4.4 Ventilátory a úprava vzduchu

Aby byl zajištěn dostatečný tlak na výměnu vzduchu, je nutné navrhnout ventilátor na přívodní i odvodní potrubí. Je navržen radiální ventilátor do čtyřhranného potrubí a rozměrech 400x200 mm, Elektrodesign ILB 200.

Celková ztráta na přívodním potrubí se bude pohybovat kolem 170 Pa, což ventilátor při průtoku 800 m³/h zvládne.

U odvodního potrubí bude průtok stejný a tlaková ztráta bude kolem 130 Pa, což ventilátor také zvládne.

Oba ventilátory budou ovládány souběžně, ručně pomocí spínače, který bude umístěn ve větrané místnosti.



Obr. 27: Radiální ventilátor do čtyřhranného potrubí – Elektrodesign ILB 200 [14]

Dále je na přívodním i odvodním potrubí navržena filtrační kazeta pro filtr G4.

Aby nebyl do místnosti přiváděn vzduch o venkovní teplotě, je nutné instalovat ohřívač. Jednoduchým výpočtem, na základě vstupních hodnot, byl zjištěn požadovaný výkon ohřívače.

$$Q = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = (800/3600) \cdot 1,188 \cdot 1005 \cdot [21 - (-12)] = 8756 \text{ W} = \underline{8,76 \text{ kW}}$$

Na základě požadovaného výkonu ohřívače byl vybrán vodní ohřívač IBW 200-2, který při teplotním spádu 80/60 °C disponuje tepelným výkonem 10,7 kW.



Obr. 28: Vodní ohřivač – Elektrodesign IBW [14]

3.5 Sociální zařízení, šatna, prádelna a úklidová místnost

Součástí objektu jsou dvě sociální zařízení pro děti, do kterých je vstup ze tříd. Další místnost s WC je přístupná z venku. Sociální zařízení je zde samozřejmě i pro personál. V objektu se dále nachází úklidová místnost, šatna pro personál a prádelna. Všechny tyto místnosti je třeba odvětrávat. Systém větrání je nucený podtlakový. Přívod bude zajištěn mřížkami ve dveřích, podřezanými dveřmi, nebo bezprahovými dveřmi.

3.5.1 Stanovení průtoků vzduchu

V místnostech pro sociální zařízení je odvod vzduchu závislý na počtu jednotlivých sociálních zařízení. Jedné záchodové míse odpovídá $50 \text{ m}^3/\text{h}$ odváděného vzduchu, umyvadlu $30 \text{ m}^3/\text{h}$ a sprše $150 \text{ m}^3/\text{h}$. Pro výlevku v úklidové místnosti je navržen odvod vzduchu stejný jako pro záchodovou mísu, tedy $50 \text{ m}^3/\text{h}$. V šatně pro personál se počítá s pěti skřínkami, což odpovídá $100 \text{ m}^3/\text{h}$, jelikož požadavek na větrání šaten je $20 \text{ m}^3/\text{h}$ na jednu skříňku. Součástí objektu je dále prádelna, která bude odvětrávaná $100 \text{ m}^3/\text{h}$, tedy stejně jako místnost šaten pro personál.

3.5.2 Distribuce vzduchu

Pro odvod vzduchu jsou ve všech těchto místnostech navrženy talířové ventily s průměrem napojení na potrubí 160 a 125 mm. Jen v jedné místnosti se talířový ventil nenachází a to je místnost 1.09, tedy WC, které je přístupné z venku. Odvod z této místnosti zajišťuje axiální ventilátor, který slouží zároveň jako odvodní prvek.



Obr. 29: a) Axiální ventilátor – Lindab AGF [11] b) Talířový ventil – Lindab KI [11]

Přívod vzduchu je zajištěn díky mřížkám ve dveřích, podřezaným dveřím, či bezprahovým dveřím a v případě místnosti 1.09, díky prostupu ve zdi. Aby nedocházelo k velkým rychlostem proudění, byly spočítány průtočné plochy, které by daný prvek měl splňovat. Navržená plocha je spočtena pro rychlost proudění vzduchu 0,5 m/s a na průtok takový, aby vyrovnával průtok odváděného vzduchu.

3.5.3 Potrubí

Je navrženo kruhové o průměrech 125, 160, 200 a 250 mm. Hlavní větve potrubí jsou z pozinkovaného plechu. Napojení na talířové ventily jsou pomocí flexibilní hadice především z důvodu jednoduchosti instalace. Dimenze potrubí jsou spočteny stejným způsobem jako u předešlých zařízení.

Vývod na střechu je zakončen prvkem, který zajistí ochranu potrubí před deštěm a nečistotami. Kulaté střešní výfukové hlavice jsou navrženy od značky Lindab, a značí se např. H125-1 (záleží na průměru potrubí).



Obr. 30: Koncový prvek pro odvodní potrubí – Lindab H [11]

3.5.4 Ventilátory

Pro řešené místnosti je navrženo více druhů ventilátorů. Samozřejmě pro sociální zařízení pro děti vedle tříd jsou ventilátory stejné vzhledem ke stejnému průtoku a podobným ztrátám. Ztráty v místnostech 1.08 a 1.13 se budou pohybovat kolem 35 Pa (podle zaškrčení talířových ventilů). Navrhnut je diagonální ventilátor do kruhového potrubí MIXVENT-TD-1000/250 3V, který bezpečně zajistí dostatečný tlak pro odvod 640 m³/h vzduchu.

Ovládání těchto ventilátorů je předpokládáno spínačem z větrané místnosti s časovým doběhem.



Obr. 31: Diagonální ventilátor do kruhového potrubí – Elektrodesign MIXVENT-TD [14]

Pro místnosti sociálního zařízení pro personál bude navržen stejný radiální ventilátor jako pro místnost šaten pro personál a prádelny. Tyto ventilátory do kruhového potrubí jsou od ELEKTRODESIGN, RK 125L. Tlaková ztráta pro místnosti 1.24 a 1.26 se bude pohybovat

kolem 40 Pa, opět bude záležet na talířovém ventilu. Navržený ventilátor je dostatečný na výše zmíněnou ztrátu a průtok vzduchu 200 m³/h. A pro místnosti 1.19, 1.20 a 1.21 se tlaková ztráta bude asi 30 Pa. Požadovaný průtok je pouze 130 m³/h, což ventilátor RK 125 L také pokrývá.

Ventilátor pro místnosti 1.24 a 1.26 je ovládán společně se světlem s tím, že jeho chod bude s časovým doběhem. Ventilátor pro místnosti 1.19, 1.20 a 1.21 bude ovládán z větraných místností s tím, že jeho chod bude s časovým doběhem.



Obr. 32: Radiální ventilátor do kruhového potrubí – Elektrodesign RK [14]

Jak již bylo zmíněno, v místnosti 1.09 se nachází axiální ventilátor od Lindab (AGF 125-T), který musí zajistit průtok 80 m³/h. Tlaková ztráta bude v tomto případě velmi malá, tedy asi 10-15 Pa, tudíž je ventilátor dostačující.

Ovládání tohoto ventilátoru je předpokládáno společně se světlem v místnost. Ventilátor bude fungovat s časovým doběhem.

3.6 Návrh kotle

Pro návrh kotle je nutné určit, co vše jeho výkon musí pokrýt. V objektu se pomocí kotle bude vytápět a připravovat teplá užitková voda (TUV). Výkon kotle tedy musí pokrýt tepelnou ztrátu prostupem konstrukce, tepelnou ztrátu větráním a teplo, potřebné pro přípravu TUV. S přípravou TUV závisí i velikost zásobníku pro TUV.

3.6.1 Velikost zásobníku TUV

Při výpočet zásobníku byla nejdříve zjištěna normová spotřeba TUV za jeden den. Ta byla počítána pro 50 dětí a 5 dospělých, úklidovou plochou 300 m² a s 55 jídly (obědy). Celková spotřeba vody vyšla 650 litrů za den.

Následně bylo spočteno teplo nutné na ohřev tohoto množství vody a zanesení těchto hodnot do grafu s křivkou odběru. Procentuální spotřeba vody v závislosti na čase byla odhadnuta dle předpokládaného provozu. Předpokládá se největší spotřeba kolem poledne, tedy doby oběda, kdy je třeba umýt nádobí a také je pravděpodobnější použití sociálního zařízení.

Při kontinuální dodávce tepla by požadovaná velikost zásobníku byla asi 350 l, což vzhledem k nedostatku prostoru není ideální řešení. Byl zvolen přerušovaný způsob ohřívání s výkonem 10,5 kW, což s průběhem ohřívání s grafu znamenalo velikost zásobníku 118 l.

Pro zásobu TUV byl navrhnout zásobníkový ohřívač TUV RGC 120 H od výrobce Regulus.



Obr. 33: Zásobníkový ohřívač teplé vody – Regulus RGC 120 H [15]

3.6.2 Tepelná ztráta prostupem

Výpočet prostupu tepla konstrukcí byl počítán pro celkovou ztrátu celé budovy, tudíž nebyly počítány jednotlivé místnosti. Jde tedy o zjednodušený výpočet pro prostup tepla obálkou budovy. Pro tento výpočet byly využity doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla (U) a činitele teplotní redukce (b) dle ČSN 73 0540-2:2011. Celková ztráta prostupem vyšla 13,2 kW.

3.6.3 Tepelná ztráta větráním

U nově navrhovaných zateplených budov se tepelná ztráta větráním stává tou významnější. Ne jinak je tomu i v tomto případě.

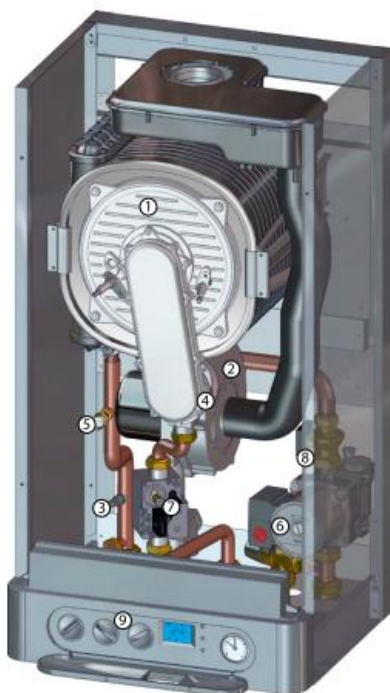
Nejdříve byla spočtena celková tepelná ztráta větráním bez použití zpětného získávání tepla. Hodnota vychází z celkového maximálního objemového toku odváděného vzduchu. Jde tedy o objem vzduchu, který je odváděn při použití všech odváděcích zařízení najednou. Tento objem vzduchu je 4140 m³/h. Tepelná ztráta z tohoto objemu bez použití výměníku je 45,3 kW.

Z výstupu z programu pro návrh jednotky vyplývá, že účinnost zpětného získávání tepla pomocí rekuperačního výměníku je 93,5%. Což odpovídá tepelnému zisku 15,5 kW. Tepelná ztráta větráním, kterou je potřeba nahradit teplem ze zdroje je 29,8 kW.

3.6.4 Výkon kotle

Požadovaný výkon kotle byl počítán na přípojnou hodnotu. Byly vypočítány dvě hodnoty a vybrána ta větší. Požadovaný výkon kotle je tedy 43 kW.

Byl navrhnut plynový kondenzační kotel THERM 45 KD.A, který dokáže pokrýt ztrátu až 45 kW, což pro navrhovaný objekt postačí.



Obr. 34: Ilustrační obrázek kondenzačního kotle – Thermona THERM 45 KD.A [16]

3.6.5 Návrh ostatních prvků kotelny

Již víme, že se v „kotelně“ bude nacházet zásobník TUV o objemu 120 litrů a kondenzační kotel s výkonem 45 kW. Další požadované prvek je komín pro odvod spalin, který bude zároveň sloužit pro přívod spalovacího vzduchu. Také je nezbytné navrhnout expanzní nádobu.

Pro kondenzační kotle THERM 45 KD.A je schválený způsob odvodu spalin pomocí koaxiálního komínu o průměru 80/125 mm, což znamená, že vnitřní průměr pro odvod spalin bude 80 mm a vnější průměr pro přívod vzduchu bude 125 mm. Komín bude vyveden přímo nad kotel na střechu, kde bude zakončen koncovkou pro tento typ komínu.



Obr. 35: Ilustrační obrázek koaxiálního [17]

Pro návrh expanzní nádoby byl zjištěn přibližný objem vody v systému. Přibližný výpočet stanovil objem 162 litrů. Za předpokladu, že pojistný ventil bude nastaven na 3 bary a výchozí tlak bude 1 bar, objem expanzní nádoby vychází 19,1. Byla navržena expanzní nádoba AQUAFILL HS 025 s objemem 25 litrů.



Obr. 36: Expanzní nádoba pro topné systémy – AQUAFILL HS [18]

3.7 Závěr

Návrh byl zhotoven s ohledem na normové požadavky a s ohledem na účel budovy. Vnitřní klima ve třídách by mělo splňovat požadovaná kritéria. Předpokladem kvalitního vzduchu je správné používání systému větrání a především dostatečně častá údržba systému zahrnující měnění zanesených filtrů. U ostatních prostor jsou navrženy systémy, které v dostatečném množství odvádí znehodnocené vzduch z objektu do exteriéru.

Věřím, že vyprojektované systémy přispějí ke kvalitnímu návrhu celé budovy a umožní uživatelům bezproblémové užívání objektu. Pro děti, které se v budově budou učit novým věcem, by měl objekt připravit příjemné a především zdravé a bezpečné prostředí, ve kterém mohou strávit svá bezstarostná léta a připravit se na další cestu životem, která může vést například i přes České vysoké učení technické.

Zdroje

- [1] CENTNEROVÁ, Lada a Karel PAPEŽ. *Technická zařízení budov 30: vzduchotechnika: cvičení*. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-010-2251-X
- [2] HIRŠ, Jiří a Günter GEBAUER. *Vzduchotechnika v příkladech*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-720-4486-9
- [3] VELUX, Česká republika, s.r.o. Školní budovy trpí nedostatkem čerstvého vzduchu. In: *Tzb-info* [online]. 2016. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/vetrani-okny/15119-skolni-budovy-trpi-nedostatkem-cerstveho-vzduchu>
- [4] *Metodický pokyn pro návrh větrání škol*. Ministerstvo životního prostředí, 2015
- [5] *Vytápění, větrání, instalace: odborný časopis Společnosti pro techniku prostředí*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2015, (5).
- [6] Vnitřní prostředí. In: *Tzb-info* [online]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi>
- [7] Vyhláška č. 343/2009 Sb., kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických
- [8] Stavíme novou školu a školku: První vizualizace školka. In: *Stavimenovouskolu.cz* [online]. Dostupné z: http://www.stavimenovouskolu.cz/fotogalerie/photogallerycbm_493772/4/#a2-jpg
- [9] PŘÍHODA, vzduchové potrubí šité na míru. TKANINOVÉ POTRUBÍ A VYÚSTKY: Technické podklady. In: *Prihoda.com* [online]. 2017. Dostupné z: http://www.prihoda.com/userfiles/dokumenty/fabric_ducting_technical_data_cz_prihoda.pdf
- [10] KADRMAS, Lukáš. *Nabídka: Vzduchové potrubí šité na míru - příhoda*. 2017.
- [11] Lindab. In: *Lindab.com* [online]. Dostupné z: http://www.lindab.com/cz/Documents/Ventilace/katalogy/_ADS_produkty/katalog_ADS_potrubni_systemy.pdf
- [12] MANDÍK: Technické podmínky. In: *Mandik.cz* [online]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/ke-stazeni/technicke-podminky>
- [13] UNIVERZÁLNÍ VĚTRACÍ JEDNOTKY: DUPLEX 500-11000 Multi. In: *Atrea.cz* [online]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/duplex-1500-6500-multi>
- [14] ELEKTRODESIGN: Technické listy. In: *Elektrodesign.cz* [online]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/web/cs/web/ke-stazeni>
- [15] Regulus: Technický list. In: *Regulus.cz* [online]. Dostupné z: http://www.regulus.cz/download/tech-listy/cz/tl_cz_technicky-list_rgc120h.pdf

[16] THERM 45 KD.A. In: *Thermona.cz* [online]. Dostupné z: http://www.thermona.cz/getattachment/Plynove-kotle/Plynove-kondenzacni-kotle/Pouze-pro-topeni/Kotel-THERM-45-KD-A/Projekcni-podklady_2014-10_vnitrek_CZ_07-therm-45-KD.pdf.aspx

[17] Trubka 1000mm 80/125 kondenzační kotle. In: *Netopíme.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.dily-pro-kotle.cz/trubka-1000mm-80-125-kondenzacni-kotle>

[18] AQUAFILL: Expanzní nádoby AQUAFILL HS. In: *Regulus.cz* [online]. Dostupné z: http://www.regulus.cz/download/prospekty/cz/pl_cz_produktovy-list_112014-expanzni-nadoby-aquafill-hs.pdf

Seznam příloh

Technická dokumentace

- Technická zpráva – vzduchotechnika
- Technická zpráva – vytápění
- Specifikace prvků
- Technická specifikace – větrací jednotka
- Technické listy vybraných navržených prvků

Výpočtová dokumentace

- Stanovení objemové výměny vzduchu
- Návrh dimenzí potrubí a stanovení průtočné plochy
- Výpočet tlakových ztrát
- Výpočet hladin akustického tlaku
- Výpočet velikosti zásobníku TUV
- Výpočet výkonu kotle
- Výpočet expanzní nádoby

Výkresová dokumentace

- Výkres č. 01 – Půdorys 1.NP – VZT
- Výkres č. 02 – Schéma tras potrubí
- Výkres č. 03 – Půdorys – větrací jednotka
- Výkres č. 04 – Řez – větrací jednotka
- Výkres č. 05 – Funkční schéma
- Výkres č. 06 – Vytápění - schéma

Seznam obrázků

Obr. 1: Průtok venkovního vzduchu na žáka na základě bilance CO ₂ ve vnitřním prostředí učebny [5]	6
Obr. 2: Schéma přirozeného větrání infiltrací (mikroventilací) [4].....	9
Obr. 3: Průběh koncentrace CO ₂ v učebně při intenzivním větrání o přestávkách s limitní koncentrací 1500 ppm [5]	10
Obr. 4: Schéma přirozeného větrání otevíratelnými okny [4].....	10
Obr. 5: Schéma přirozeného větrání mechanicky otevíratelnými okny [4]	11
Obr. 6: Schéma nuceného větrání podtlakového [4].....	12
Obr. 7: Schéma nuceného větrání rovnotlakého s lokální parapetní větrací jednotkou [4] .	13
Obr. 8: Schéma nuceného větrání rovnotlakého s lokální větrací jednotkou umístěnou mimo větranou místnost [4].....	14
Obr. 9: Schéma nuceného větrání rovnotlakého s lokální větrací jednotkou umístěnou přímo ve větrané místnosti [4]	14
Obr. 10: Schéma nuceného větrání rovnotlakého s centrální větrací jednotkou [4].....	15
Obr. 11: Schéma hybridního větrání [4]	16
Obr. 12: Celkové náklady na větrání pro jednoho žáka (body z grafu reprezentují analyzované větrací jednotky – bez bližší specifikace) [5]	18
Obr. 13: Vizualizace mateřské školy – řešený objekt [8]	23
Obr. 14: Schéma rozdělení prostorů	24
Obr. 15: Příklad grafu průběhu koncentrace CO ₂ v závislosti na čase (místnost 1.07).....	25
Obr. 16: Schéma distribuování vzduchu mikroperforovanou textilní výústkou [9].....	26
Obr. 17: Tvarovka pro spojení čtyřhranného potrubí a textilní kruhové výústky [9].....	27
Obr. 18: Schéma navržené textilní výústky s nosným profilem [10]	27
Obr. 19: Mřížka pro distribuci vzduchu (pro přívod i odvod vzduchu) – Lindab AD [11] .	28
Obr. 20: Anemostat s vířivým výtokem vzduchu a připojovací skříň – MANDÍK VVDM [12]	29
Obr. 21: Ilustrační obrázek větrací jednotky DUPLEX [13].....	30
Obr. 22: Schéma trasy potrubí pro odvětrání tříd a dětských šaten.....	31
Obr. 23: a) Protidešťová žaluzie – Elektrodesign IWG [14] b) Koncový prvek pro odvodní potrubí – Lindab AVU [11]	33
Obr. 24: Regulační klapka – MANDÍK RPMC-V [12].....	33

Obr. 25: Vyznačení kritických tras z hlediska tlakových ztrát.....	34
Obr. 26: Vyznačení kritických tras z hlediska šíření hluku	35
Obr. 27: Radiální ventilátor do čtyřhranného potrubí – Elektrodesign ILB 200 [14]	38
Obr. 28: Vodní ohřívač – Elektrodesign IBW [14]	39
Obr. 29: a) Axiální ventilátor – Lindab AGF [11] b) Talířový ventil – Lindab KI [11]	40
Obr. 30: Koncový prvek pro odvodní potrubí – Lindab H [11]	41
Obr. 31: Diagonální ventilátor do kruhového potrubí – Elektrodesign MIXVENT-TD [14]	41
Obr. 32: Radiální ventilátor do kruhového potrubí – Elektrodesign RK [14].....	42
Obr. 33: Zásobníkový ohřívač teplé vody – Regulus RGC 120 H [15].....	43
Obr. 34: Ilustrační obrázek kondenzačního kotle – Thermona THERM 45 KD.A [16].....	44
Obr. 35: Ilustrační obrázek koaxiálního [17]	45
Obr. 36: Expanzní nádoba pro topné systémy – AQUAFILL HS [18]	45

Seznam tabulek

Tab. 1: Koncentrace CO ₂ a vliv na člověka [4].....	5
Tab. 2: Minimální množství venkovního vzduchu [4].....	6