

# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



## VĚTRÁNÍ ŠKOLNÍ BUDOVY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Vypracoval:**

**Jakub Rezek**

**Vedoucí práce:**

**Ing. arch. Vojtěch Mazanec, Ph.D.**

**2022/2023**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Rezek</u>	Jméno: <u>Jakub</u>	Osobní číslo: <u>495048</u>
Zadávající katedra: <u>Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor/specializace: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Větrání školní budovy

Název bakalářské práce anglicky: Ventilation system of the school building

Pokyny pro vypracování:

První částí bude studie na téma "systémy větrání ve školních budovách", jejíž součástí bude:

- rešerše požadavků na větrání ve školských budovách,
- rešerše současně využívaných systémů větrání v novostavbách školských budov
- volby systému větrání pro zadaný objekt na základě rešerší.

Druhou částí bude vypracování projektové dokumentace v rozsahu:

- zpracování projektu vzduchotechniky pro jednu etapu novostavby školy, vyjma kuchyňského zařízení,
- stanovení vzduchových výkonů, návrh větracích zařízení, návrh trasy a ideový koncept zaregulování systému,
- textová část v rozsahu technické zprávy.

Seznam doporučené literatury:


- Chyský, Hemzal, Větrání a klimatizace-technický průvodce, BOLIT-B Press 1993  
Günter Gebauer, Helena Horká a Olga Rubinová, Vzduchotechnika, Era - vydavatelství 2005  
Vladimír Zmrhal a kol., Větrání škol v souvislostech, Společnost pro techniku prostředí z. s.  
Zmrhal V., Drkal F., Větrání, 2018  
Klaus D., Technika budov – Příručka pro projektanty, Jaga  
Příslušné normy a předpisy

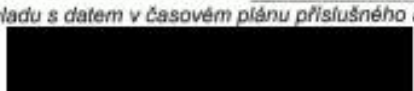
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. arch. Vojtěch Mazanec, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 24. 2. 2023

Termín odevzdání BP v IS KOS: 22. 5. 2023

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“.*

24. 2. 2023

Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta(ky)

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

V Praze dne .....

.....

Jakub Rezek

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl velice poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. arch. Vojtěchu Mazancovi za odborné vedení, cenné rady, připomínky a velmi vřelý přístup na konzultacích k této bakalářské práci.

Dále bych také rád poděkoval své rodině, přítelkyni a přátelům za velkou trpělivost a podporu nejen během vypracovávání této práce, ale i během celého studia.

# Obsah

1. Úvod .....	3
2. Požadavky pro školy .....	3
2.1 Požadavky na vnitřní prostředí staveb .....	3
2.1.1 Kvalita vzduchu.....	4
2.1.2 Teplotně vlhkostní podmínky .....	4
2.1.3 Akustické požadavky .....	5
2.1.4 Radon.....	6
2.1.5 Požadavky na větrání škol .....	7
3. Koncepte větrání škol.....	8
3.1 Přirozené větrání .....	8
3.1.1 Infiltrace .....	8
3.1.2 Provětrávání .....	8
3.2 Nucené větrání .....	9
3.2.1 Podtlakové větrání .....	9
3.2.2 Rovnotlaké větrání .....	10
3.2.3 Přetlakové větrání .....	10
3.3 Hybridní větrání.....	11
3.4 Umístění vzduchotechnických jednotek.....	11
3.4.1 Lokální systém .....	11
3.4.2 Centrální systém.....	12
4 Návrh systémů.....	12
4.1 Učebny, družiny.....	15
4.2 Kabinety, ředitelna, sborovna .....	16
4.3 Šatny TV se zázemím, WC.....	16
4.4 Jídelna.....	17
4.5 Centrální šatna .....	18
4.6 Haly a chodby .....	18
4.7 Tělocvična .....	19
4.8 Garáž.....	19
4.9 Ostatní provozy .....	20
5. Použité zdroje.....	21
6. Použité obrázky .....	23
7. Použité obrázky .....	23

## **Anotace**

Tato práce se věnuje problematice větrání v budově základní školy.

Jsou zde popsány požadavky na vnitřní prostředí v základních školách a jakými způsoby větrání je možné tyto požadavky splnit.

V rámci bakalářské práce je i zpracování projektu na větrání v základní škole v Praze a volba vhodného systému.

## **Klíčová slova**

Vzduchotechnika, škola, novostavba, požadavky, vnitřní prostředí, systémy větrání

## **Annotation**

This thesis deals with ventilation in a primary school building.

It describes the requirements for the indoor environment in primary schools and what ventilation methods can be used to meet these requirements.

Within the bachelor thesis there is also the elaboration of a project for ventilation in a primary school in Prague and the choice of a suitable system.

## **Key words**

Air conditioning, school, new construction, requirements, indoor environment, ventilation systems

# 1. Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá vhodným systémem větrání pro objekt základní školy V Cibulkách v Praze 5 Košířích na rohu ulic V Cibulkách a Na Výši. Jedná se o novostavbu základní školy založené na studii architektonického studia Škarda architekti. Práce zpracovává pouze jednu ze dvou samostatných budov, ve studii označenou jako 1. etapa.

Školní budova má tři nadzemní a dvě podzemní podlaží a je umístěna ve svahu. Ve 2PP se nachází podzemní garáže s příjezdovou rampou, tělocvična sahající až do vyššího podlaží, šatny se zázemím a pomocné prostory. V 1PP je jídelna a hlavní šatna. Dále je na tomto podlaží i kuchyň pro přípravu jídla, ale ta je spolu se svým zázemím vyjmuta z této práce a není součástí řešení.

V nadzemních podlažích jsou jednotlivé třídy, kabinety a sociální zázemí. V objektu je celkem pět technických místností. Čtyři jsou v posledním nadzemním podlaží v každém rohu objektu, jedna je v nejnižším podzemním podlaží. Střecha je koncipována jako sedlová po obvodu, ve střední části je skleněné zakrytí atria.

Místnosti jsou v nadzemních podlažích umístěny po obvodu a uprostřed každého podlaží se nachází hala se schodištěm. Další schodiště je v jižní části budovy a je koncipované jako chráněná úniková cesta. Hlavní vchod do objektu je z malého nádvoří mezi jednotlivými školními budovami.

## 2. Požadavky pro školy

### 2.1 Požadavky na vnitřní prostředí staveb

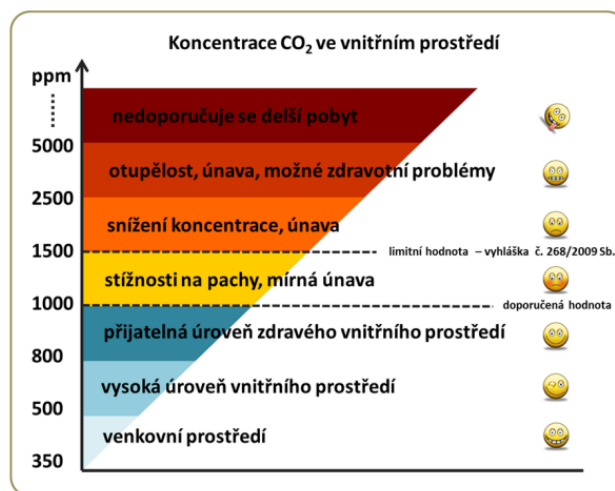
Vnitřní prostředí staveb, čímž se rozumí tepelně vlhkostní požadavky a požadavky na kvalitu vzduchu, jsou závazně stanoveny zákonem. V případě škol se jedná o vyhlášku č. 410/2005 Sb., popř. č. 343/2009 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých. Kvalita vzduchu v místnostech je hodnocena podle koncentrace oxidu uhličitého. Podle ustanovení vyhlášky č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby a vyhlášky č. 20/2012 Sb.. Vzhledem k tomu, že lidé tráví uvnitř staveb velké množství času, je potřeba toto prostředí udržovat v pořádku, obzvláště pak ve školách, kde jsou děti většinu dne.

Díky stále rostoucí snaze snížit energetickou náročnost budov dochází k hojnějšímu zateplování objektů a používání moderních a lépe těsnících výplní otvorů. Další snahou je snížit otevírání oken v zimním období a tím zbytečně nepouštět teplo ven. V těchto důsledcích se objekty stávají těsnější, což má vliv na kvalitu vnitřního prostředí. Dochází k menšímu samovolnému provětrávání a mikroventilaci. Přirozené větrání je závislé i na lidské činnosti a nelze jím zajistit rovnoměrné rozprostření přiváděného vzduchu. Hlavně v zimních měsících lidé u otevřených oken pociťují chlad, zatímco na druhém konci třídy se vzduch nestihne změnit. Je tedy kladen důraz na využití

samostatně pracujícího systému, který zajistí vhodný a komfortní stav vnitřního prostředí. Větrání má mnoho opodstatnění, mimo přívodu čerstvého vzduchu a odvodu škodlivin, lze větrání využít i pro chlazení či naopak pro vytápění.[1]

### 2.1.1 Kvalita vzduchu

Hlavním faktorem při zjišťování kvality vzduchu je koncentrace CO<sub>2</sub>. Produkce oxidu uhličitého je spojena s činností člověka a jeho proporcí. V malém množství je CO<sub>2</sub> neškodný, hodnota v běžném venkovním prostředí je přibližně 400 ppm. S jeho rostoucím podílem ve vzduchu se objevují ale zdravotní obtíže a komplikace nebo únava, což není ve školách žádoucí. Limitní hodnota pro pobytové prostory je vyhláškou stanovena na 1500 ppm.[17]



Obrázek 1: Koncentrace CO<sub>2</sub>[3]

Důležité je mít na paměti, že nečistoty se do vnitřního prostředí mohou dostat i z vnějšího prostředí, například pokud se v blízkosti nachází frekventovaná komunikace nebo průmyslová výroba. Dalšími aspekty, které mohou ovlivnit kvalitu vzduchu, jsou například oděry. Ty mohou být z vnějšku nebo ze stavebních materiálů, vybavení místností a osob. Dále pak toxické látky a pevné částice. [3] [9]

### 2.1.2 Teplotně vlhkostní podmínky

Vodní pára je jedním z dalších faktorů, který ovlivňuje vnitřní prostředí staveb. Každý člověk produkuje dýcháním vodní páru a v případě školních tříd, kde se vyskytuje větší množství lidí, se jedná o nezanedbatelný prvek. Při nedostatečném odvodu vodní páry dochází k růstu vlhkosti vzduchu v místnosti. Jakmile pak teplota na povrchu konstrukcí klesne pod rosný bod teploty vzduchu, dochází ke kondenzaci vodní páry. Tato skutečnost vede k vzniku plísní, které jsou nežádoucí pro zdraví lidí. Vysoká vlhkost vzduchu zároveň napomáhá vzniku a šíření bakterií či kožních infekcí.



Činnost	M [met ]	Věk							
		6 let		10 let		15 let		18 let	
		Q <sub>cit</sub> [W]	M <sub>w</sub> [g/h]	Q <sub>cit</sub> [W]	M <sub>w</sub> [g/h]	Q <sub>cit</sub> [W]	M <sub>w</sub> [g/h]	Q <sub>cit</sub> [W]	M <sub>w</sub> [g/h]
Sezení uvolněné	1,0	41	11	57	14	83	19	91	20
Činnost vsedě	1,2	42	25	58	33	84	45	93	48
Lehká činnost ve stoje	1,6	43	52	59	70	87	97	97	104
Chůze bez zátěže	1,9	44	73	61	98	89	136	99	147
Tělocvik	3	61	104	85	140	126	195	139	212

Tabulka 1: Produkce tepla a vodní páry [1]

Příjemné prostředí pro pobyt v jednotlivých místnostech určuje i teplota vzduchu a jeho proudění. Teplotu je potřeba stanovovat na základě tepelných ztrát a zisků v daných prostorech. Tomu musí být uzpůsobeno nejen vytápění a chlazení objektu, ale i případná regulace teploty přiváděného vzduchu. Pro snížení energetické náročnosti je vhodné uvažovat s využitím systému pro zpětné získávání tepla – ZZT. Průměrná hodnota výsledných teplot pro jednotlivé typy provozu ve školní budově je definována vyhláškou.

Typ prostoru	Výsledná teplota t <sub>g</sub> [°C]			Rychlost proudění w [m/s]	Relativní vlhkost φ [%]
	min.	opt.	max.		
Učebny, pracovny	20	22 ± 2	28	0,1 až 0,2	30 až 65
Tělocvičny	18	20 ± 2	28		
Šatny	20	22 ± 2	28		
Záchody	18	-	-		
Chodby	18	-	-		
Sprchy	24	-	-	-	-

Tabulka 2: Průměrné hodnoty výsledných teplot [15]

### 2.1.3 Akustické požadavky

Hluk, který vzduchotechnické zařízení během svého provozu vydává, může ovlivnit pohodu osob v místnostech. Je potřeba proto volit systémy, které se podílejí na zajištění vnitřního prostředí staveb s ohledem na tuto skutečnost. Hlavním aspektem je umístění vzduchotechnické jednotky mimo učebnu, neboť se jedná o největší zdroj hluku. Vhodné může být umístění do technických místností v suterénu nebo například v podkroví či na střeše. Úroveň hluku se stanovuje podle hladiny akustického tlaku A. Ten je podle určení konkrétní místnosti popsán v normě ČSN EN 16 798-1 a vyhláše č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Je potřeba si uvědomit, že hluk u vzduchotechnického zařízení nepochází pouze od vzduchotechnické jednotky. Dalšími zdroji hluku je samotný vzduch proudící potrubím

a pak i distribuční prvek, kterým je čerstvý vzduch přiváděn do místnosti. Je tedy potřeba při návrhu myslet i na tyto skutečnosti. [16] [20]

Typ prostoru	Ekvivalentní hladina akustického tlaku A	
	Typický rozsah [dB]	Návrhová hodnota
Školky	30 - 45	40
Učebny	30 - 40	35
Chodby	35 - 50	40
Tělocvičny	35 - 45	40
Kabinety	30 - 40	35
Záchody a šatny	40 - 50	45

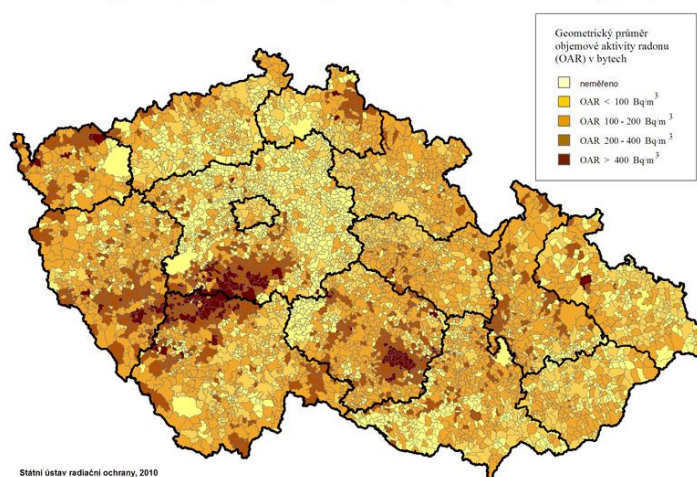
Tabulka 3: Doporučené hladiny akustického tlaku [1]

## 2.1.4 Radon

Radon je plyn, který vzniká rozpadem radioaktivního radia a uranu. Jeho přítomnost v objektu bez speciálních přístrojů jen těžko zjistíme. Jedná se totiž o bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu. Česká republika se řadí mezi země s nejvyšší koncentrací radonu v bytech na světě. Radon se do objektů dostává ze země, neboť ve značné části materiálů zemské kůry je obsaženo malé množství uranu. Jelikož je většina suterénů v budovách vytápěná, vzniká u podlahy mírný podtlak a radon tak jednodušeji může pronikat přes konstrukci přímo do objektu. Pro člověka je tento plyn zdraví škodlivý, neboť při jeho přeměnách vznikají produkty, které mohou ozářit dýchací cesty. Způsobuje zvýšení pravděpodobnosti rakoviny plic. Referenční úroveň radonu v objektech je  $300 \text{ Bq/m}^3$ . Tato hodnota je však považována za krajní možnost, ve většině případech se při návrhu novostavby cílí na hodnotu  $100 \text{ Bq/m}^3$ , což je hodnota doporučená WHO. [22] [23] [25]

Vhodným protiradonovým opatřením je mimo jiné návrh správného a dostatečného větrání pro podlaží, která jsou v kontaktu s podložím.

Geometrický průměr objemové aktivity radonu (OAR) v obcích České republiky



Obrázek 2: Radonová mapa ČR [23]

## 2.1.5 Požadavky na větrání škol

Stanovení optimálního množství větracího vzduchu je základním kritériem pro vhodný návrh vzduchotechnického zařízení. Požadavky na větrání škol jsou obsaženy ve vyhlášce č. 410/2005 Sb., popř. č. 343/2009 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých. Vyhláška udává množství čerstvého vzduchu, které je potřeba přivést či odvézt z daného prostředí.

Typ prostoru	Množství vzduchu [m <sup>3</sup> .hod <sup>-1</sup> ]
Učebny	20 - 30 na 1 žáka
Tělocvičny	20 - 90 na 1 žáka*
Šatny	20 na 1 žáka
Umývárny	30 na 1 umyvadlo
Sprchy	150 - 200 na 1 sprchu
Záchody	50 na 1 kabinu, 25 na 1 pisoár
* s ohledem na konkrétní využití (dle druhu prováděného cvičení) a kapacitu tělocvičny	

Tabulka 4: Požadavky přiváděného vzduchu do škol [15]

Obecně lze říct, že na jednoho žáka v učebně je potřeba přivést 20 až 30 m<sup>3</sup>/h čerstvého vzduchu. Tuto hodnotu lze více upřesnit, pokud vezmeme v úvahu věk. Množství potřebného vzduchu se odvíjí od koncentrace CO<sub>2</sub>. Ten sice produkuje každý člověk, ale podle velikosti a fyzické zdatnosti se produkované množství liší. Byla tedy vytvořena tabulka zohledňující tuto skutečnost a udává množství vzduchu potřebné na jedno dítě podle jeho věku. [15] [17]

Množství venkovního vzduchu [m <sup>3</sup> /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

Tabulka 5: Množství vzduchu podle věku dítěte [13]

V případě vyučujících jsou učebny považovány za jejich trvalé pracoviště a podle povahy fyzické námahy se průtok vzduchu stanovuje podle vyhlášky č. 361/2007 Sb.

Kabinety a sborovny nemají přísnější požadavky na větrání, protože se nejedná o trvalé pracoviště. Na jídelny se také nevztahují žádné speciální požadavky na větrání a považují se za pobytové prostory. Stejně tak haly a chodby jsou ve znění vyhlášky č. 20/2012 Sb. o technických požadavcích na stavby, považovány za pobytové prostory. Je v nich potřeba zajistit minimální výměnu vzduchu 25 m<sup>3</sup>/h nebo 0,5 l/h čerstvého vzduchu. U tělocvičen se zohledňuje převažující druh sportu, viz Tab. 4. Sociální zázemí je také řešeno podle vyhlášky č. 410/2005 Sb., popř. č. 343/2009 Sb., kde je množství vzduchu stanoveno na základě typu zařizovacích předmětů. [15] [17] [18]

### 3. Koncepce větrání škol

Pro dosažení požadovaného stavu vnitřního prostředí slouží větrání. Jedná se o proces výměny vzduchu uvnitř budov. Venkovní čerstvý vzduch je přiváděn do místností, zatímco vzduch, který se nachází v místnostech a je znehodnocen jednotlivými provozovatelem, stavebními materiály a lidmi, je odváděn pryč. Jak již bylo řečeno dříve, u novostaveb i u rekonstrukcí dochází k zateplení obálky budovy a použití těsnějších oken a dveří, které neumožňují přirozené pronikání vzduchu například skrz okenní spáry. Pro zajištění výměny vzduchu je potřeba uvést vzduch do pohybu. Základním způsobem, jak vytvořit proud vzduchu, je rozdíl tlaků vzduchu a toho lze docílit několika způsoby. Jedná se buď o přirozené, nucené nebo hybridní větrání. Jednotlivé varianty větrání jsou vždy vhodné pro určitý typ budov a provozů a jsou v nich rozdíly na možné řízení, spotřebu energie a účinnost. [1] [13] [24]

#### 3.1 Přirozené větrání

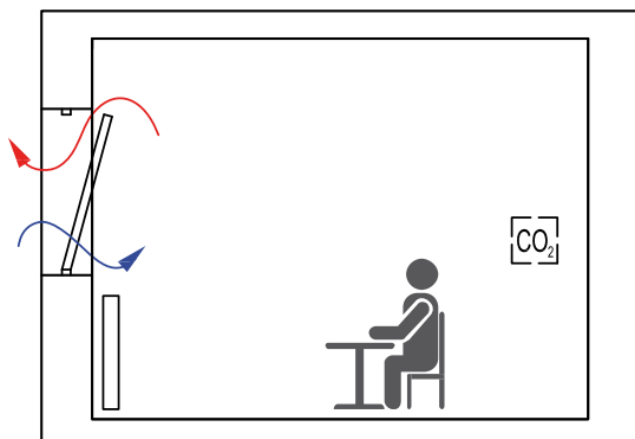
Základním principem tohoto typu větrání je účinek vztlačku, který je daný rozdílem měrných hmotností vnitřního a venkovního vzduchu o různé teplotě, případně dynamickým působením větru. Je tedy závislé na přírodních podmínkách, především na rozdílu teplot. Nelze tedy zásadně regulovat jeho účinnost. Nelze zaručit větrání v celém prostoru, dále se v zimních obdobích může stát, že osoby v blízkosti oken budou pociťovat značný tepelný diskomfort. Přiváděný vzduch není možné filtrovat či ohřívat na požadovanou teplotu. Přirozené větrání lze obecně rozdělit na dva typy, infiltraci a provětrávání. Další možností je šachtové větrání, tomu ale musí být upravena konstrukce celé budovy. Vzduch se do budovy dostává skrze otvory v obvodových stěnách a je odváděn šachtou. Tento typ větrání není závislý na vlivu působení větru.

##### 3.1.1 Infiltrace

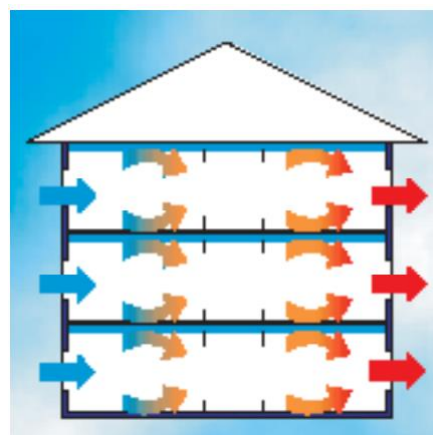
Infiltrace je přirozené větrání kdy k proudění vzduchu dochází pomocí netěsných spár u oken a dveří. U tohoto způsobu větrání roste účinnost s rostoucím rozdílem teplot uvnitř a venku. Největší je tedy v zimním období, kdy však dochází ke značným tepelným ztrátám. S ohledem na tepelně technické požadavky nelze tento způsob použít. Nová okna, u kterých je snaha omezit tento způsob proudění vzduchu na minimum, nezvládnou splnit požadavky na větrání ve třídách s velkým počtem dětí

##### 3.1.2 Provětrávání

Jedná se o způsob větrání skrze otevření oken. Může být buď jednostranné nebo příčné. U jednostranného jsou okna jen na jedné straně místnosti. Přívod i odvod je tak skrze jeden sdílený otvor, což snižuje účinnost tohoto způsobu. Při příčném provětrávání jsou využita okna na protilehlých stranách místnosti. Takto lze provětrávat i celá podlaží, je ale potřeba do dveří a příček umístit větrací mřížky. Pokud jsou otevřená okna na návětrné straně, je tento způsob dosti účinný. Otvírání oken může být manuálně nebo mechanicky.



Obrázek 4: Jednostranné provětrávání [1]



Obrázek 3: Příčné provětrávání [24]

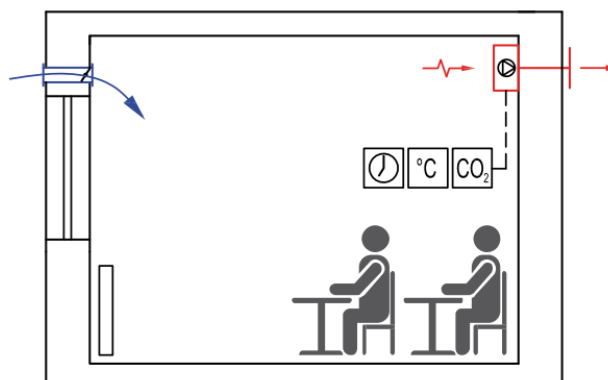
## 3.2 Nucené větrání

Proud vzduchu vzniká díky působení mechanického zařízení, nejčastěji ventilátoru. Podle poměru přiváděného vzduchu a následného tlaku v místnosti lze nucené větrání rozdělit na podtlakové, rovnotlaké a přetlakové. Vzduchotechnickou jednotku lze umístit přímo do řešené místnosti, tento systém se nazývá lokální. Nebo můžeme jednou jednotkou obsluhovat více místností, kdy samotné vzduchotechnické zařízení se nachází stranou v technické místnosti, tento systém se nazývá centrální. Každý způsob se více hodí do jiných provozů a může nabízet určité výhody a nevýhody.

### 3.2.1 Podtlakové větrání

U podtlakového větrání je z místnosti odsáváno větší množství vzduchu, než je do ní přiváděno, tím pádem vzniká v místnosti menší podtlak. Vzduch se do místnosti díky podtlaku dostává přisáváním z okolních prostor větracími otvory. Tento typ větrání se nejčastěji používá v prostorech, v nichž dochází ke vzniku škodlivin, zápachu či vlhkosti a nebylo by vhodné, aby se tento zápach šířil i do ostatních prostor. Jedná se například o koupelny, záchody, šatny nebo garáže. Vzduch můžeme přivádět pomocí dveřních nebo stěnových mřížek, pomocí okenních rámu s větrací štěrbínou nebo s otvory v obvodových stěnách.

V chladnějších měsících může docházet v tepelném diskomfortu v místnostech s tímto typem větrání, protože nejsme schopni regulovat teplotu přiváděného vzduchu.

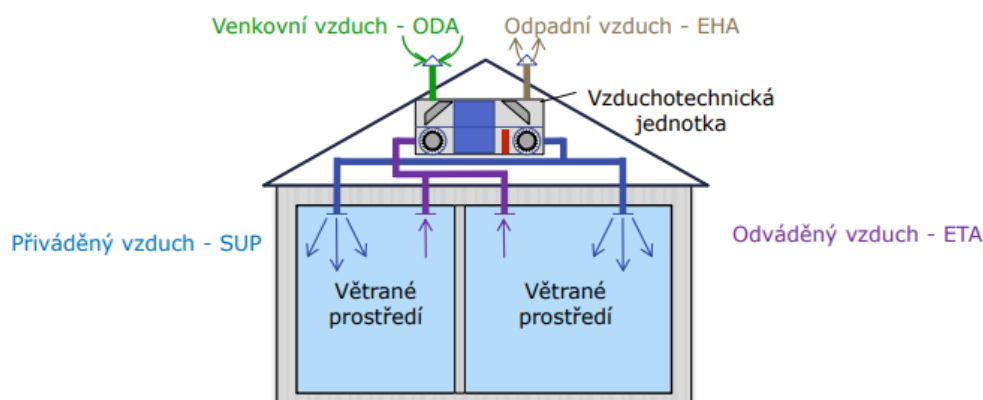


Obrázek 5: Podtlakové větrání, přívod přes obvodovou stěnu [1]

### 3.2.2 Rovnotlaké větrání

Rovnotlaké větrání pracuje na principu, že do místností je přiváděno i odváděno stejné množství vzduchu. V prostoru tedy nevzniká tlakový rozdíl. Jednotkou je možné upravovat přiváděný vzduch a spolu se sadou filtrů tak zajišťovat vyšší kvalitu vzduchu. Dále je možné tento systém osadit zpětným získáváním tepla – ZZT, což pomůže při snižování energetické náročnosti budovy. Jednotky je možné vybavit i ohřivači nebo chladiči vzduchu pro dosažení požadované teploty přiváděného vzduchu.

V současnosti se jedná o nejvíce preferovanou variantu větrání nejen u školních budov.

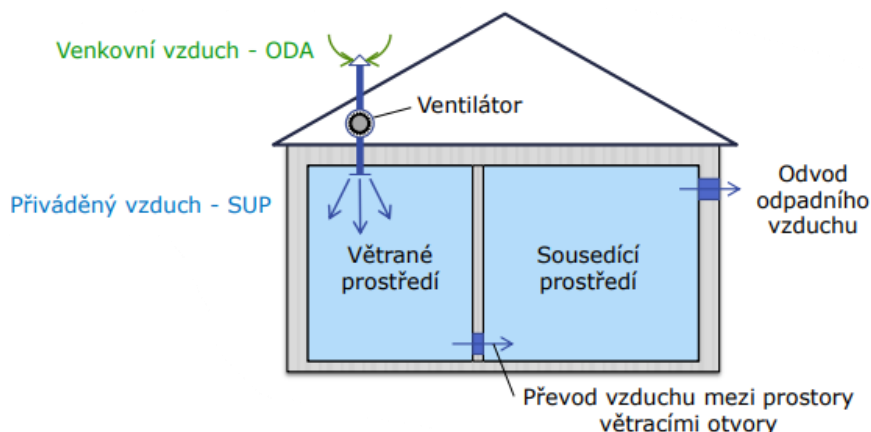


Obrázek 6: Rovnotlaké větrání [24]

### 3.2.3 Přetlakové větrání

Přetlakové větrání je charakterizováno přiváděním většího množství vzduchu, než je odváděno. V místnostech tak vzniká lehký přetlak, který bývá vyrovnáván pomocí větracích otvorů ve stěnách či dveřích. Tento typ je nejvíce využíván v místech, kde je nutné zamezit vnikání škodlivin do okolních místností nebo druhů provozů, například se jedná o operační sály a výzkumné laboratoře.

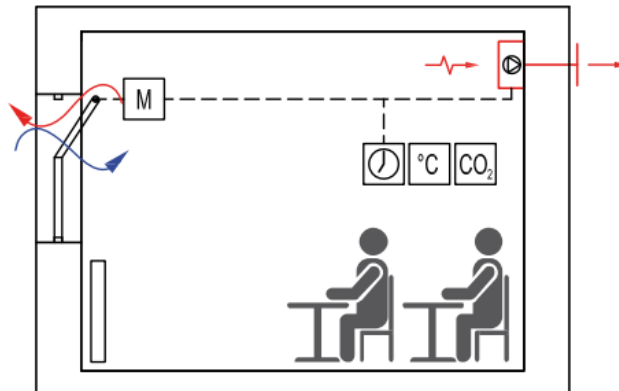
Tento systém se v případě školních objektů používá jen velmi zřídka.



Obrázek 7: Přetlakové větrání [24]

### 3.3 Hybridní větrání

Tento typ větrání kombinuje přirozené větrání, které funguje na základě vztlakových sil a mechanické nucené větrání. Hlavním aspektem tohoto systému je úspora energie. Pro pokrytí požadavků větraného prostoru je preferováno přirozené větrání. Pokud však přirozené větrání nedostačuje požadované výměny vzduchu, spouští se automaticky větrání nucené. Příkladem může být mechanicky ovládané otevírání okna v kombinaci s nuceným podtlakovým větráním (viz. Obr. 8).

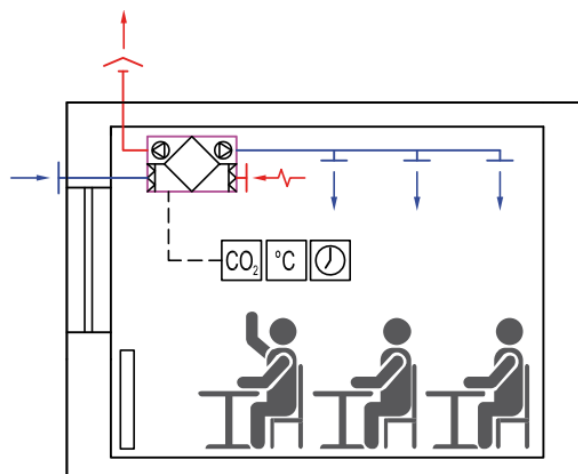


Obrázek 8: Hybridní větrání [1]

### 3.4 Umístění vzduchotechnických jednotek

#### 3.4.1 Lokální systém

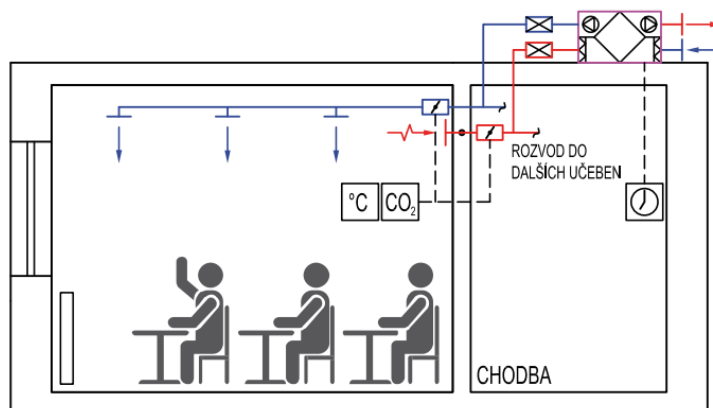
V případě lokálního systému, někdy označovaného jako decentrálního, vzduchotechnická jednotka obsluhuje pouze jednu místnost či její část. Jednotky mohou být umístěny v obvodové stěně, volně stojící ve třídě nebo jako podstropní. Tento typ systému má velice zjednodušenou síť potrubí. Decentrální systém je preferován u rekonstrukcí, jelikož vyžaduje minimální nároky na stavební úpravy. Důležité je hlídat akustický výkon jednotek, aby nebyla překročena limitní hodnota pro učebny. Zařízení lze však umístit i mimo učebnu a tím akustickou zátěž výrazně snížit.



Obrázek 9: Schéma lokálního umístění jednotky [1]

### 3.4.2 Centrální systém

Centrální vzduchotechnický systém má jednotky umístěné v technických místnostech nebo například na střeších. Jedna jednotka má na starosti více místností. Jelikož se jednotka, jakožto zdroj hluku, nachází mimo třídy a konkrétní proozy, je tato varianta výhodnější po stránce akustických nároků. Do tříd vede vzduch potrubím a před každou učebnu lze umístit regulátor upravující množství přiváděného vzduchu do místností. Tyto regulátory dělíme na dva typy, regulátory s konstantním průtokem vzduchu – CAV nebo regulátory s proměnným průtokem vzduchu – VAV. Nevýhodou tohoto systému je složitější síť potrubí. V případě použití regulátorů s ohříváčem nebo chladičem u jednotlivých místností, je možné zajistit velmi dobrou regulaci teploty přiváděného vzduchu.



Obrázek 10: Schéma centrálního umístění jednotky [1]

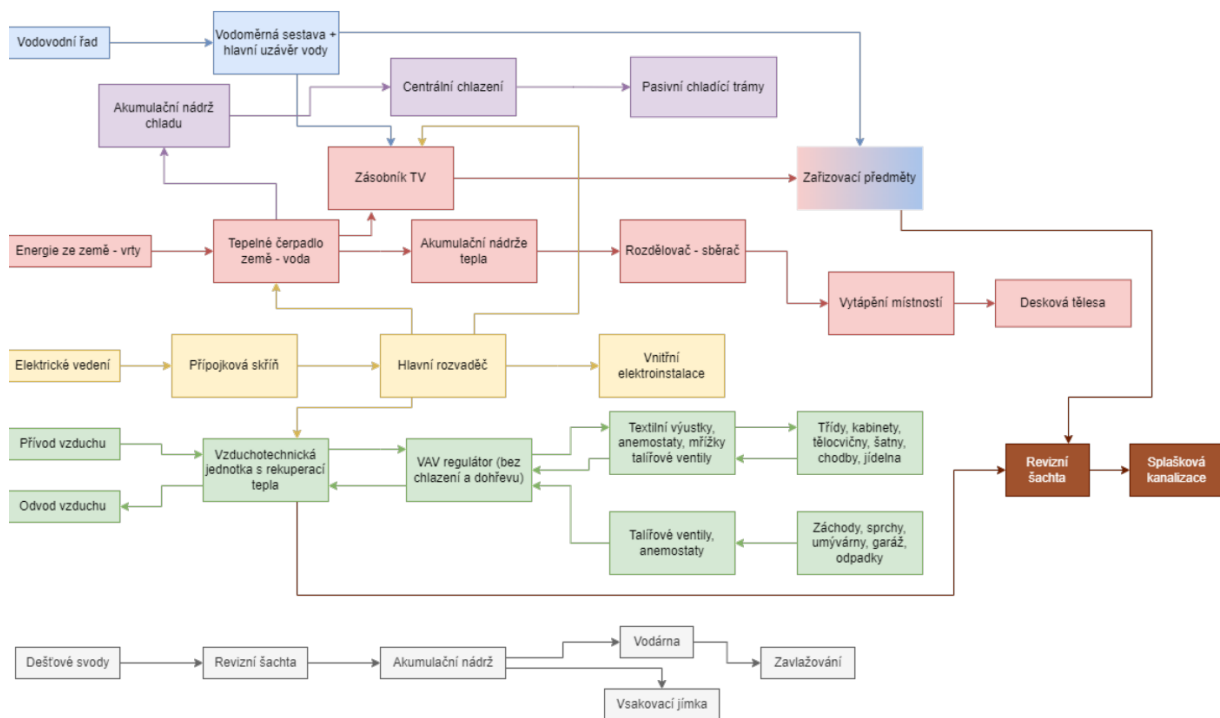
## 4 Návrh systémů

Objekt, kterým se zabývá tato práce, je koncipován jako novostavba školní budovy, což do jisté míry napomáhá s výběrem jednotlivých systémů a zařízení.

Samotná škola je připojena na veřejný vodovodní řad a elektrickou síť. Na tyto přípojky je pak napojen vodovodní rozvod zajišťující distribuci vody po objektu a vnitřní elektroinstalace. Oba tyto systémy se dále podílejí na chodu ostatních nezbytných zařízení pro správný provoz objektu.

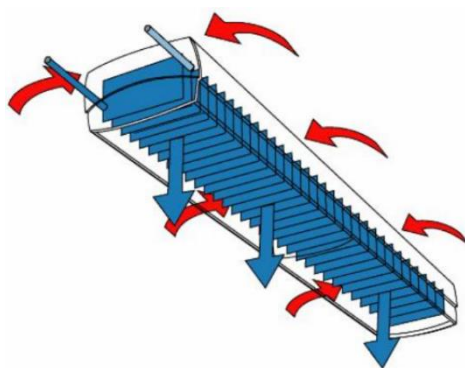
O vytápění celé školy se stará tepelné čerpadlo země – voda, pracující na principu několika hlubinných zemních vrtů. Čerpadlo se nachází ve druhém podzemním podlaží v technické místnosti. Pomocí dvoutrubkové soustavy je otopná voda rozváděna k jednotlivým deskovým otopným tělesům ve třídách, kabinetech a ostatních prozdech.





Obrázek 11: Schéma systémů

Tepelné čerpadlo zajišťuje zároveň i chlazení v objektu. To je v rámci snížení požadavků na vzduchotechnické jednotky a síť potrubí řešeno způsobem centrálního chlazení pomocí pasivních chladících trámů jako koncových prvků. Ty jsou umístěny ve stropních podhledech a dvoutrubkovou soustavou je k nim dovedeno chladící médium. Chlazení funguje na bázi přirozené konvekce. Jelikož nejsou napojeny na vzduchotechnické potrubí a neobsahují žádný ventilátor, je jejich provoz zcela tichý a nezpůsobuje ani případný průvan. Jedná se tedy o vhodné řešení pro školní objekt. (viz obr. 11, v plné velikosti se nachází jako příloha technické zprávy.)



Obrázek 12: Schéma chladícího trámce [11]

Půdorysný rozměr posuzovaného objektu je poměrně velký a tím pádem i plocha střech, proto je na místě navrhnout i využití srážkové vody. Ta je pomocí dešťových svodů svedena do vodárny, ze které je následně čerpána při zavlažování zahrad náležitým ke školnímu areálu. Zbylá část vody je díky vsakovací jímce vracena zpět do přírody.

O požadovanou výměnu vzduchu ve všech místnostech a provozech v celém objektu se stará devět vzduchotechnických jednotek. Tyto jednotky se nachází buď ve velké technické místnosti ve druhém podzemním podlaží nebo ve třetím nadzemním podlaží v podkroví, kde v každém rohu objektu je jedna technická místnost. Tento počet jednotek byl zvolen na základě počtu využitelných technických místností a druhů provozů. Pro jídelnu, centrální šatnu a tělocvična je navržena vždy jedna jednotka pro konkrétní místnost. Nejmenší jednotka zajišťuje výměnu vzduchu v pomocných provozech ve 2PP. Počet jednotek zároveň umožňuje využívat například jen část místností. Lze tedy některé učebny nebo případně tělocvičnu pronajímat na akce konající se o víkendech a mimo vyučovací hodiny pro sportovní akce, workshopy a přednášky. Jednotky umístěné ve 3NP se starají o větrání v místnostech nacházejících se pod nimi. Potrubí je tedy relativně krátké a jednoduché, což se pozitivně podílí na tlakových ztrátách na daném vzduchotechnickém rozvodu.

Velikost jednotek je navržena s ohledem na objem vzduchu v místnostech, které bude konkrétní jednotka obsluhovat. Jelikož se jedná o centrální vzduchotechnický systém, většina jednotek má na starosti více místností.

V technické místnosti, která se nachází ve druhém podzemním podlaží, je umístěno pět jednotek, které obstarávají přívod a odvod vzduchu z místností ve dvou podzemních podlažích kromě hlavní šatny a přilehlého sociálního zázemí. Jednotky zajišťující výměnu vzduchu třech nadzemních podlaží jsou umístěny v posledním podlaží, v rozích objektu.

Vzduch přiváděný i odváděný z konkrétních místností je veden pomocí potrubí z pozinkovaného plechu, jež se nachází v sádkartonových podhledech. Do konkrétních pater je vzduch dopravován stoupacím potrubím v instalačních šachtách, které se vyskytují poblíž každé technické místnosti.

	Č. jednotky	Typ jednotky	Místnosti
3NP	1	DUPLEX MultiEco-V 5500	5x učebna, družina, sklad, TZB
	2	DUPLEX MultiEco-V 5500	4x učebna, 2x družina, 4x kabinet, sborovna, WC, recepce, TZB
	3	DUPLEX MultiEco-V 6500	Haly, WC, TZB
	4	DUPLEX MultiEco-V 4500	4x učebna, 8x kabinet, TZB
	5	DUPLEX MultiEco-V 6500	Centrální šatna, WC
2PP	6	DUPLEX MultiEco-V 6500	Jídelna
	7	DUPLEX MultiEco-V 2500	Tělocvična
	8	DUPLEX MultiEco-V 2500	Chodby, šatny TV, WC, kabinet
	9	DUPLEX MultiEco 500	2x sklad, ostatní provozy, TZB
	10	Systemair K 315 M EC	Garáže, sklad, odpadky
	11	Systemair AXC	CHÚC

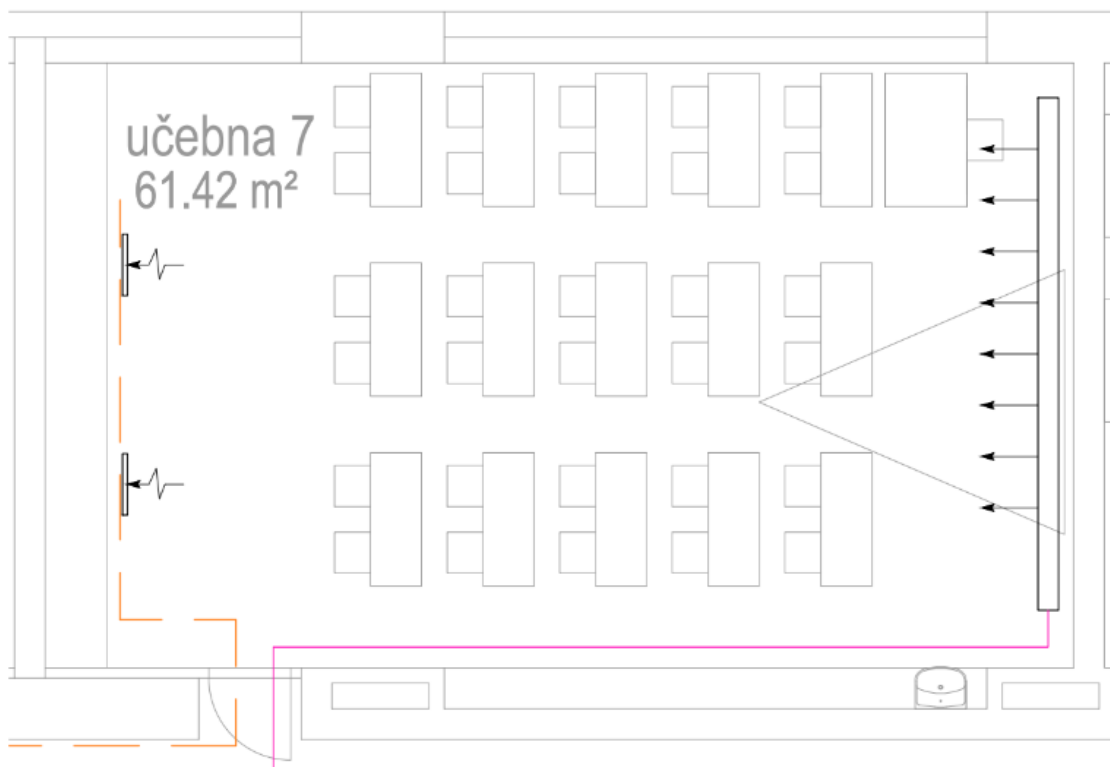
Tabulka 6: Seznam jednotek

## 4.1 Učebny, družiny

Učebny, družiny, odborné a jazykové učebny jsou koncipované jako rovnotlacc větrané prozo. Množství vzduchu pro tyto místnosti je stanoveno na základě předpokládaného počtu osob v místnostech a minimální výměně vzduchu. Pro jednotlivé žáky je požadovaná hodnota stanovena na 25 m<sup>3</sup>/h čerstvého vzduchu. Počet studentů ve třídě je odhadnut na 30 žáků, v družinách je počet žáků nižší.

Dále se zde počítá s jedním učitelem, na kterého připadá 50 m<sup>3</sup>/h. Pro učebny tedy připadá potřeba přivést 800 m<sup>3</sup>/h čerstvého vzduchu. Třídy nejsou tak veliké, proto hodnota připadajícího vzduchu na jednoho žáka a učitele převládá nad násobnou výměnou z pohledu objemu vzduchu v místnosti.

Odvod vzduchu z místnosti zajišťují odvodní mřížky na potrubí, které jsou zakomponované do sádkokartonového podhledu.

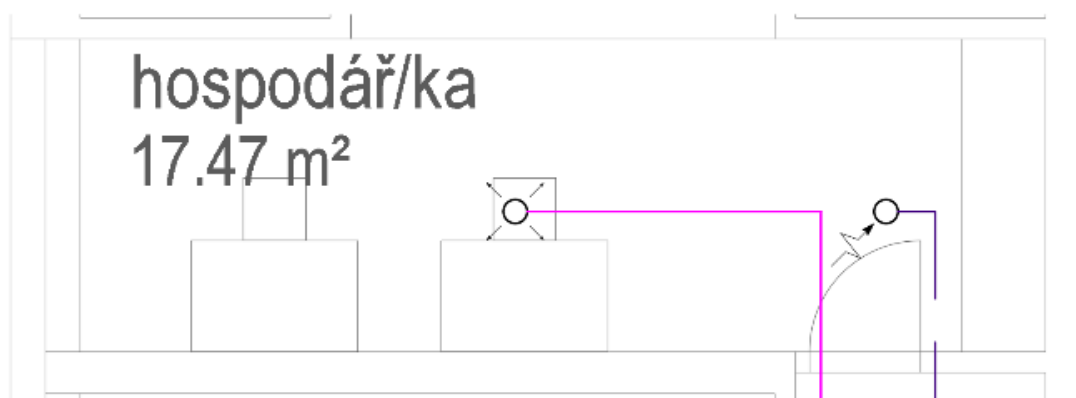


Obrázek 13: Schéma rozvodu v učebnách

## 4.2 Kabinety, ředitelna, sborovna

Systém přívodu a odvodu vzduchu pro kabinety, ředitelnu, zástupce, hospodářku, hovornu, karanténu a sborovnu je navržen jako rovnotlaký. Objem přiváděného vzduchu je vypočítán na základě počtu osob v místnosti a objemu místnosti. Pro učitele je definováno 25 m<sup>3</sup>/h čerstvého vzduchu. Dále zde platí půl násobná výměna vzduchu v místnosti za hodinu. Ve většině kabinetů je rozhodujícím faktorem počet osob, avšak v ředitelně a v místnosti pro zástupce je objem přiváděného vzduchu brán na základě požadované výměny.

Distribuci vzduchu zde zajišťují talířové ventily, které jsou součástí podhledu v místnosti.



Obrázek 14: Schéma rozvodu v kabinetu

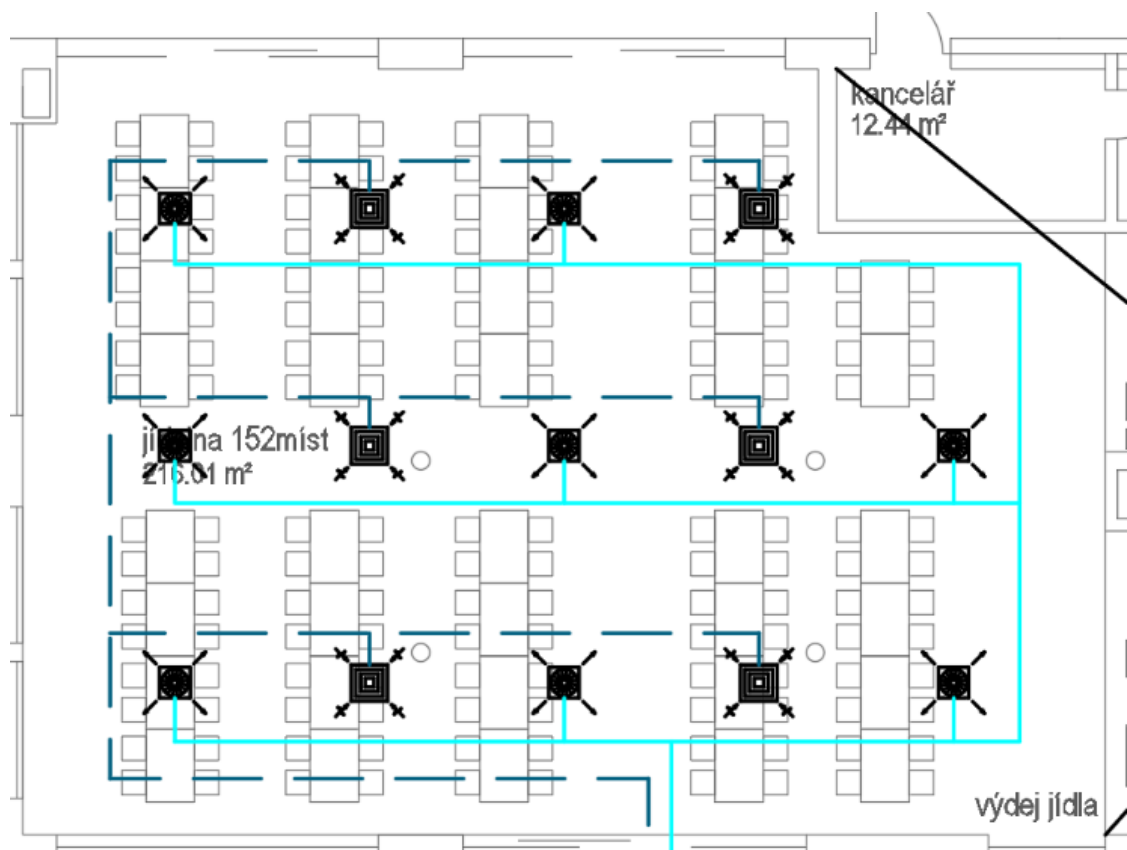
## 4.3 Šatny TV se zázemím, WC

Sociální zázemí a WC je navrženo jako podtlakový systém větrání, aby se nepříjemné pachy a nečistoty nešířily do ostatních provozů. Stanovení objemu vzduchu pro tyto prostory se odvíjí od počtu a druhu zařizovacích předmětů. Na každý druh zařizovacího předmětu spadá určité množství vzduchu, které je dáno vyhláškou č. 410/2005 Sb. (viz Tab. 4).

Přívod vzduchu na WC je zajišťován pomocí větracích mřížek ve dveřích, které sousedí s vedlejším provozem, jež je navržen v mírném přetlaku. Do šaten je přívod a odvod řešen pomocí talířových ventilů pod stropem.

## 4.4 Jídelna

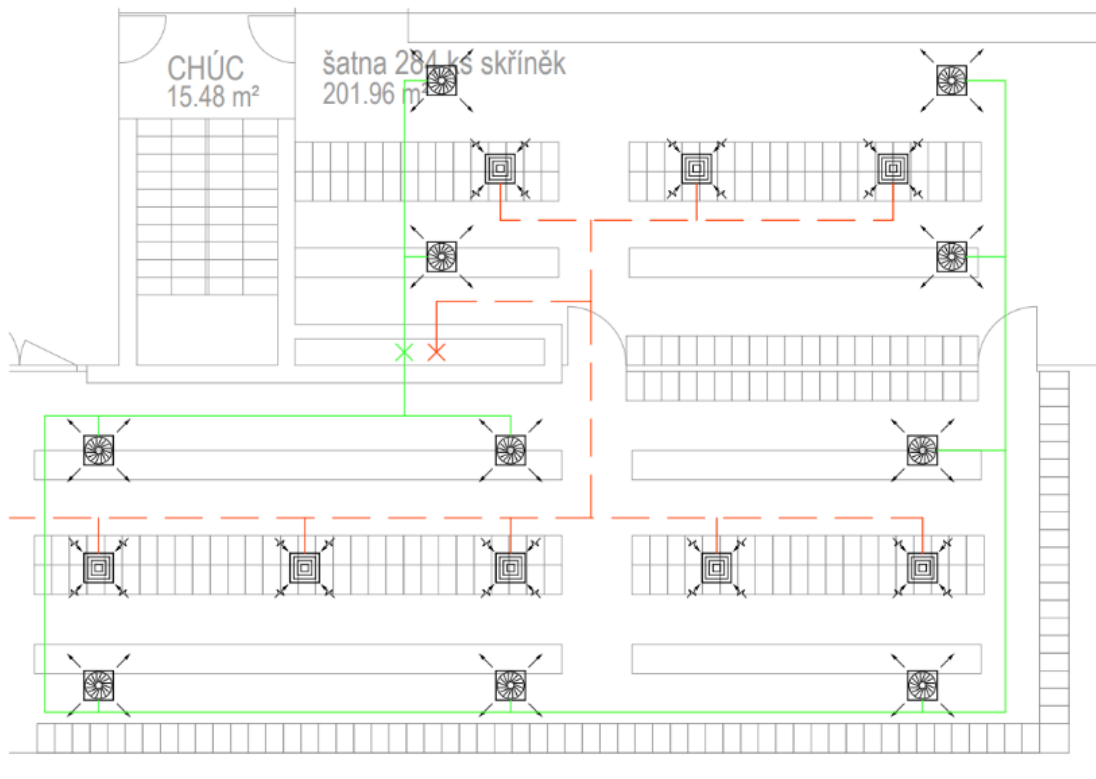
V jídelně je navržen rovnotlaký systém větrání. Objem vzduchu je stanoven na základě maximální kapacity jídelny, která činí 152 osob a hodnotě 35 m<sup>3</sup>/h připadající na jednoho strávnicka. Je tedy potřeba přivést 5600 m<sup>3</sup>/h, což značně přesahuje množství vzduchu určeného na základě výměny vzduchu v závislosti na objemu jídelny. Větrání pro jídelnu zajišťuje jedna vzduchotechnická jednotka. Vzduch je přiváděn a odváděn podstropními anemostaty.



Obrázek 15: Schéma rozvodu v jídelně

## 4.5 Centrální šatna

Větrání centrální šatny je nastaveno na mírný přetlak, aby bylo zajištěno požadované proudění vzduchu s ohledem na přilehlé WC. Množství vzduchu potřebného pro větrání šatny vychází z požadavku vyhlášky č. 410/2005 Sb. 20 m<sup>3</sup>/h na jednoho žáka a z plné obsazenosti šatny v době začátku výuky. Pro šatnu je tedy potřeba zajistit přívod 5680 m<sup>3</sup>/h. O to se starají přívodní a odvodní anemostaty. Větrání celé centrální šatny obstarává jedna vzduchotechnická jednotka.

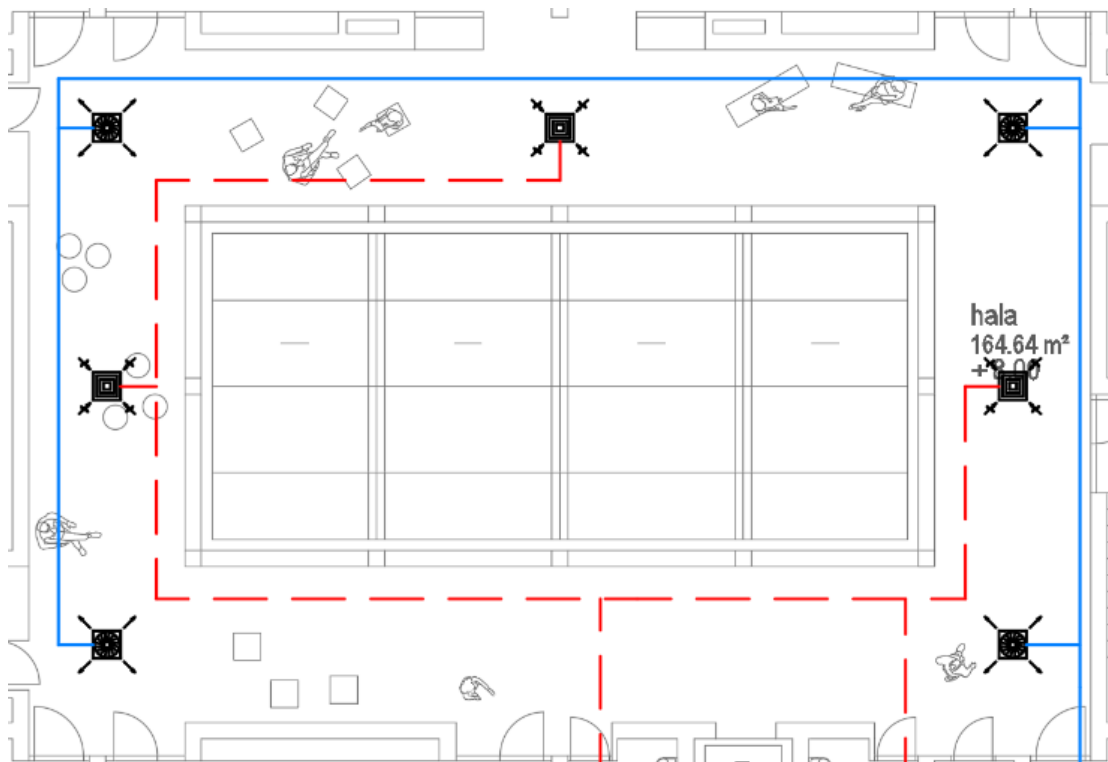


Obrázek 16: Schéma rozvodu v šatně

## 4.6 Haly a chodby

Centrální haly v nadzemních podlažích a chodby v podzemních podlažích jsou navrhovány s mírným přetlakem, aby bylo možné docílit vhodného proudění vzduchu s ohledem na přilehlé WC či zázemí. Větrání všech nadzemních hal je zajištěno pomocí samostatné vzduchotechnické jednotky. Haly jsou zároveň považovány za pobytové prostory, proto bylo stanoveno množství dětí a učitelů, které se během přestávek mohou na chodbách pohybovat a trávit čas. Na studenty a učitele na chodbách je uvažováno 25 m<sup>3</sup>/h čerstvého vzduchu. I vzhledem k veliké ploše hal v nadzemních podlažích je stanovení množství vzduchu na základě počtu osob větší než hodnota, kterou získáme z objemu místnosti a požadované násobné výměny. Do hal v podzemním podlaží je vzduch pouze přiváděn, aby zde bylo možné docílit větrání WC a hygienického zázemí přes dveřní mřížky.

Vzduch zde bude distribuován pomocí anemostatů napojených na rozvodnou potrubní síť pod stropem.



Obrázek 17: Schéma rozvodu v halách

## 4.7 Tělocvična

Množství vzduchu potřebného pro správné větrání tělocvičny je stanoveno na základě vyhlášky č. 410/2005 Sb., kde na základě náročnosti cviků a sportu byla stanovena hodnota  $70 \text{ m}^3/\text{h}$  na jednoho žáka. Pro celkový objem potřebného vzduchu se uvažuje, že v tělocvičně je 30 žáků a jeden učitel, na kterého připadá  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ . Celkem je tedy nutné do tělocvičny dostat  $2150 \text{ m}^3/\text{h}$  čerstvého vzduchu. Tělocvičnu obstarává samostatná vzduchotechnická jednotka.

O přívod i odvod vzduchu se starají kruhové anemostaty o velikosti 315, umístěné mezi průvlaky u stropu tělocvičny. Potrubí je vedeno podél stěny pod průvlaky.

## 4.8 Garáž

Pro garáže je navržen odtahový ventilátor s přímým odvodem na povrch. Větrání v garážích je pouze podtlakové, aby bylo zabráněno šíření nečistot a zápachu do ostatních částí budovy. Vzduch bude přiváděn přes větrací mřížky v hlavních vratech u vjezdu. Stanovení výpočtu potřebného množství vzduchu pro garáže bylo z obecného vzorce v rámci frekvence používání garáží zjednodušeno a je zde počítáno s jednonásobnou výměnou vzduchu, což znamená  $950 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Odvod bude zajištěn pomocí mřížek napojených na odvodní potrubí.

## 4.9 Ostatní provozy

Jedná se o řadu místností ve 2.PP, které slouží jako sklady nábytku, učebnic, místnost s odpady, dílna školníka, velín, server, záložní zdroj a podobně. Místnosti s odpady a přilehlý sklad bude připojen pouze na odvodní ventilátor pro garáže, aby nebyl snižován účinek rekuperace. Tyto místnosti nejsou zahrnuty do celkového rozvodu ve 2PP, jelikož je zde uvažováno s přívodem vnějšího chladného vzduchu, který by snižoval účinnost rekuperační jednotky.

Zbylé místnosti jsou řešeny pomocí rovnotlakého větrání. Ve skladech je stanoveno množství potřebného vzduchu na 50 m<sup>3</sup>/h. V technologickém zázemí školy je požadováno 10 m<sup>3</sup>/h. U odpadků je počítáno s jednonásobnou výměnou vzduchu za hodinu, což znamená 100 m<sup>3</sup>/h. Dílna školníka s ohledem na možnost zacházení s chemickými látkami (barvy, laky, ředidla) a zvýšeného výskytu nečistot a škodlivin, je stanovena násobnost výměny vzduchu za jednu hodinu na 1,5. Objem větracího vzduchu pro tuto místnost vychází na 175 m<sup>3</sup>/h.

Vzduch zde bude přiváděn a odváděn pomocí talířových ventilů o velikostech 80 a 125.

Návrh nuceného větrání v rámci chráněných únikových cest musí proběhnout ve spolupráci s projektantem požárně bezpečnostního řešení a i za součinnosti hlavního inženýra projektu.

Momentálně nemáme podrobnější informace o typu CHÚC v tomto objektu. Pro předběžný návrh budeme uvažovat s nuceným větráním a typem B bez předsíní. Násobnost výměny vzduchu pro tento typ je minimálně 25/h. Jelikož požární výška objektu nepřesahuje 12 m, stačí přivádět čerstvý vzduch do chráněné cesty jen jedním místem. V nejnižším podlaží tedy bude pomocí ventilátoru přiváděno do 7500 m<sup>3</sup>/h. Na střeše bude osazeno dálkově samočinně řízené otevírání otvoru spolu se zařízením pro odvod kouře a tepla. Tyto systémy budou napojeny na EPS či tlačítkové hlásiče v budově. [20] [21] [22]

Pro technické místnosti je navržena výměna vzduchu 0,2/h z důvodu možného úniku kondenzátu z jednotek, aby bylo zamezeno případnému rozvoji plísní a bakterií.



## 5. Použité zdroje

- [1] ZMRHAL, Vladimír. *Větrání škol v souvislostech*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2017. ISBN 978-80-02-02718-8.
- [2] DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. *Větrání*. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05181-8.
- [3] Zpráva o kvalitě vnitřního prostředí ve školách. *Centrum pasivního domu* [online]. 2016 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/zprava-o-kvalite-vnitriho-prostredi/f6546>
- [4] Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb. *Tzb-info.cz* [online]. 2013 [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>
- [5] *TZB - Vzduchotechnika* [online]. 2005 [cit. 2023-03-0160]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/10612331-Tzb-vzduchotechnika.html>
- [6] Distribuce vzduchu při nuceném větrání. *Tzb.fsv.cvut.cz* [online]. [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: [http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/14/tz2\\_2009/du-4-podklady.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/14/tz2_2009/du-4-podklady.pdf)
- [7] *Požadavky na vnitřní prostředí budov* [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/pozadavky-na-vnitri-prostredi-budov>
- [8] *Význam větrání v budovách* [online]. [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: [https://www.cklop.cz/konference/2014/02\\_Mathauserova\\_Vyznam\\_vetrani.pdf](https://www.cklop.cz/konference/2014/02_Mathauserova_Vyznam_vetrani.pdf)
- [9] Kvalita vnitřního prostředí na základních školách – oxid uhličitý. *ASB-portal.cz* [online]. [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: [https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/kvalita-vnitriho-prostredi-na-zakladnich-skolach?fbclid=IwAR1oYti1Lgfi9rSIK\\_CO4K4X-r\\_2m7xvbTf4XOOOlP-iPkn6Mgtn6lnWSMs](https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/kvalita-vnitriho-prostredi-na-zakladnich-skolach?fbclid=IwAR1oYti1Lgfi9rSIK_CO4K4X-r_2m7xvbTf4XOOOlP-iPkn6Mgtn6lnWSMs)
- [10] *Větrání učebny základní školy* [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Publikace/Begeni\\_04\\_2014\\_ko02\\_sch.pdf](http://users.fs.cvut.cz/~zmrhavla/Publikace/Begeni_04_2014_ko02_sch.pdf)
- [11] *Chlazení, chladicí trámy, fan-coily* [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/115560893-Chlazení-chladici-tramy-fan-coily-martin-vocasek-2s.html>
- [12] *Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: [http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/eko\\_hradec12.pdf](http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/eko_hradec12.pdf)
- [13] *Metodický pokyn pro návrh větrání škol* [online]. [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: [https://opzp.cz/files/documents/storage/2019/05/02/1556778066\\_Metodick%C3%99](https://opzp.cz/files/documents/storage/2019/05/02/1556778066_Metodick%C3%99)

BD%20pokyn%20pro%20n%C3%A1vrh%20v%C4%9Btr%C3%A1n%C3%AD%20%  
5%A1kol\_SC%205.1\_121.v%C3%BDzva.pdf

[14] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška č. 410/2005 Sb.: Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.*

[15] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška č. 343/2009 Sb.: Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb.*

[16] ČESKÁ REPUBLIKA. *Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.: Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.*

[17] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška č. 20/2012 Sb.: Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.*

[18] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška č. 361/2007 Sb.: Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.*

[19] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška č. 6/2003 Sb.: Vyhláška, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb.*

[20] ČSN EN 16 798-1: *Energetická náročnost budov - větrání budov.*

[21] ČSN 73 0802 - Z3: *Požární bezpečnost staveb - nevýrobní objekty.*

[22] Radon v domě. *Suro.cz* [online]. [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/faq/radon-v-dome>

[23] Radon v ČR. *Radonový program* [online]. [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: <https://www.radonovyprogram.cz/radon-v-cr/>

[24] ADAMOVSKEJ, Daniel. *Přednášky k předmětu technická zařízení budov 02* [online]. Katedra technických zařízení budov, Fakulta stavební ČVUT v Praze [cit. 2023-03-10].

[25] POKORNÝ, Marek a Martin JIRÁNEK. *Přednášky k předmětu požární bezpečnost a zdravotní nezávadnost budov* [online]. Katedra technických zařízení budov, Fakulta stavební ČVUT v Praze [cit. 2023-03-10].

[26] TETÍKOVÁ, Jana. *Návrh větrání mateřské školy* [online]. 2020 [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/88942/F1-BP-2020-Tetikova-Jana-Bakalarska%20prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Bakalářská práce. Fakulta stavební ČVUT v Praze.

[27] BLANÁŘ, Jindřich. *Vytápění, větrání a chlazení školních tříd* [online]. 2020 [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/86373/F1-DP-2020-Blanar->

Jindrich-01\_TEXTOVA\_CAST.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Diplomová práce. Fakulta stavební ČVUT v Praze.

[28] ŠIMKOVÁ, Anna. *Návrh větrání v rekonstrukci střední školy* [online]. 2019. Diplomová práce. Fakulta stavební ČVUT v Praze.

[29] PLOJHAROVÁ, Zuzana. *Návrh větrání základní školy* [online]. 2017 [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/69251/F1-BP-2017-Plojharova-Zuzana-priloha-projekt\\_navrh%20vetrani.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/69251/F1-BP-2017-Plojharova-Zuzana-priloha-projekt_navrh%20vetrani.pdf?sequence=-1&isAllowed=y). Bakalářská práce. Fakulta stavební ČVUT v Praze.

[30] HUŠKOVÁ, Jana. *Vytápění a větrání mateřské školy* [online]. 2020. Bakalářská práce. Fakulta stavební ČVUT v Praze.

[31] Tkaninové vyústky Příhoda. *Prihoda.com* [online]. [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: <https://www.prihoda.com/wp-content/uploads/2023/01/TD22-CZE.pdf>

## 6. Použité obrázky

Obrázek 1: Koncentrace CO <sub>2</sub> [3] .....	4
Obrázek 2: Radonová mapa ČR [23] .....	6
Obrázek 3: Jednostranné provětrávání [1] .....	9
Obrázek 4: Příčné provětrávání [24].....	9
Obrázek 5: Podtlakové větrání, přívod přes obvodovou stěnu [1].....	9
Obrázek 6: Rovnotlaké větrání [24].....	10
Obrázek 7: Přetlakové větrání [24].....	10
Obrázek 8: Hybridní větrání [1] .....	11
Obrázek 9: Schéma lokálního umístění jednotky [1].....	11
Obrázek 10: Schéma centrálního umístění jednotky [1] .....	12
Obrázek 11: Schéma chladícího trámce [11].....	13
Obrázek 12: Schéma rozvodu v učebnách.....	15
Obrázek 13: Schéma rozvodu v kabinetu.....	16
Obrázek 14: Schéma rozvodu v jídelně.....	17
Obrázek 15: Schéma rozvodu v šatně .....	18
Obrázek 16: Schéma rozvodu v halách.....	19

## 7. Použité obrázky

Tabulka 1: Produkce tepla a vodní páry [1].....	5
Tabulka 2: Průměrné hodnoty výsledných teplot [15] .....	5
Tabulka 3: Doporučené hladiny akustického tlaku A [1] .....	6
Tabulka 4: Požadavky přiváděného vzduchu do škol [15] .....	7
Tabulka 5: Množství vzduchu podle věku dítěte [3].....	7
Tabulka 6: Seznam jednotek.....	14