

ZPRÁVA O KVALITĚ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ NA ŠKOLÁCH



Zpráve o kvalitě vnitřního prostředí ve školách

Ing. Libor Hrubý

Finanční podpora

Zpráva byla zpracována pro sub-projekt „Pasivní a nulové domy – cesta k úspoře a ke zdraví“, který je podpořen z Programu švýcarsko – české spolupráce“.

Supported by a grant from Switzerland through the Swiss Contribution to the enlarged European Union. www.swiss-contribution.admin.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera



Ministerstvo životního prostředí

Vydavatel



**CENTRUM
PASIVNÍHO
DOMU**

září 2016

Údolní 33, 602 00 Brno
info@pasivnidomy.cz
www.pasivnidomy.cz
t +420 511 111 810

Text publikace neprošel redakční ani jazykovou úpravou.

Kopírování textů i jejich částí je možné pouze se souhlasem autorů.



Obsah

1. Cíle zprávy	4
2. Úvod.....	5
3. Vliv koncentrace CO ₂ na člověka.....	6
4. Možnosti snížení koncentrace škodlivin v budovách.....	8
5. Prováděné měření na základních školách v ČR	10
5.1. Měřicí zařízení	11
5.2. Metodika měření pro učitele	12
6. Výsledky měření na školách	13
7. Závěr.....	16
8. Příloha č. 1: Metodický pokyn pro návrh větrání škol	17



1. Cíle zprávy

Zpráva o kvalitě vnitřního prostředí ve školách vznikla jako výstup z měření digitálních měřičů kvality ovzduší ve třídách základních škol v Brně, v Praze a jejich okolí. Aktivita byla součástí projektu „Pasivní a nulové domy – cesta k úspoře a ke zdraví“, který je podpořen z Programu švýcarsko – české spolupráce.

Větrání ve školách představuje podceňované a zanedbávané téma, které přitom silně ovlivňuje kvalitu učebního procesu.

Jedním z cílů projektu bylo vysvětlit dětem principy fungování energeticky úsporných staveb, se zaměřením na kvalitu vnitřního prostředí a větrání budov. Součástí projektu byly workshopy na základních školách spojené s reálným měřením koncentrací CO₂. Měření prováděli sami žáci za pomoci svých učitelů. Sami tak měli možnost zjistit, jak moc a s jakou účinností větrají, což jim pomohlo zažít environmentální souvislosti a aktivizovat je v oblastech, ke kterým se jako mladí lidé s probouzející se vlastní subjektivitou mohou vyjadřovat a budovat tak uvědomělý postoj k prostředí, ve kterém tráví až 90 % času.

Data z digitálních měřičů kvality ovzduší v místnosti navíc bude sbírat také příjemce dotace a informace využije k propagaci sub-projektu a zejména k propagaci a osvětě v problematice nutnosti větrání ve školách a budovách. Výstupem bude zpráva (studie) o kvalitě vnitřního prostředí v českých školách, kterou budeme publikovat na webových stránkách a nabídneme ji také médiím.



2. Úvod

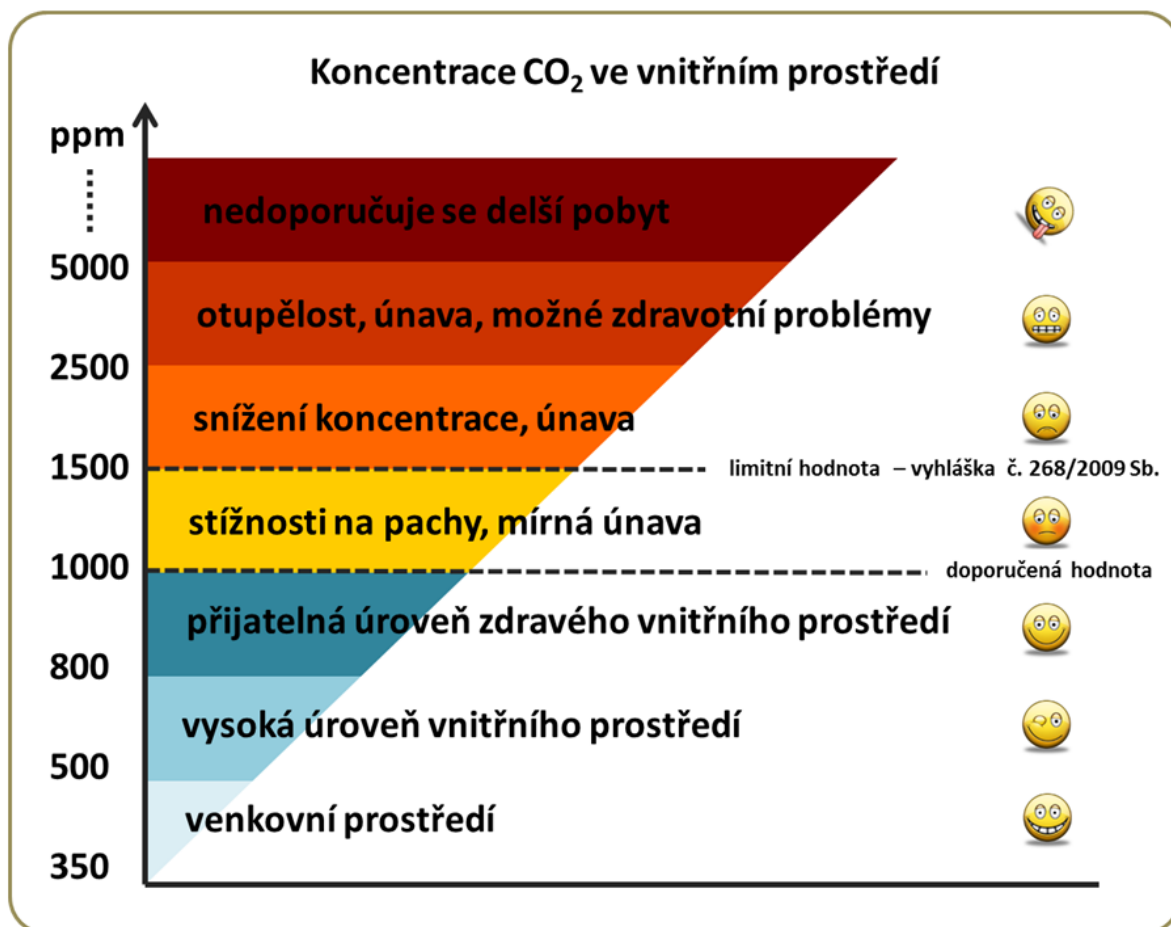
Koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) v exteriéru neustále narůstá. Toto je důsledek lidské činnosti a neustále se zvyšující potřeby energií. Vzestup koncentrace ve venkovním prostředí je však zcela zanedbatelný, srovnáme-li jej s růstem koncentrace oxidu uhličitého v interiéru budov.

Dříve docházelo k přirozenému větrání budov díky lokálním zdrojům vytápění, které vytvářely podtlak, a tak se velkými netěsnostmi do objektu dostával dostatek čerstvého vzduchu. Nicméně postupným vývojem budov a přechodem k ústřednímu vytápění a později výměnou oken a zkvalitněním obálky domu, byly tyto netěsnosti eliminovány. Z původní výměny vzduchu za hodinu, která byla až desetinásobná, se současné hodnoty pohybují na zhruba 0,5 násobné výměně vzduchu za hodinu. Kdy 0,5 násobná výměna vzduchu již není dostačující pro přívod čerstvého vzduchu do místnosti a tím k zajištění maximálních koncentrací škodlivin ve vnitřním prostředí. Hodnota maximální koncentrace oxidu uhličitého je stanovena hygienickými a stavebními předpisy na 1 500PPM (Parts Per Million = částic CO_2 v milionu). Koncentrace CO_2 je měřena především z důvodu poměrně jednoduchého způsobu měření, nicméně s koncentrací CO_2 mohou vzrůstat koncentrace i jiných škodlivin ve vzduchu (formaldehydy, VOC látky, mikroorganismy, nadměrná vlhkost, radon atd.).



3. Vliv koncentrace CO₂ na člověka

Kvalita vnitřního prostředí by měla být v současné době jedním z nejdůležitějších parametrů při návrhu budov. Lidí tráví v budovách většinu svého času, konkrétně až 90%. O to více, bychom se měli zabývat tím, v jakém prostředí svůj téměř celý život trávíme. Jednou ze složek vnitřního prostředí, je také kvalita vzduchu.



Graf znázorňující vliv koncentrace CO₂ na člověka (zdroj: ASHRAE, Vyhl. č. 268/2009 Sb)

Vzduch uvnitř budov může, kromě CO₂, obsahovat další znečišťující látky. Jsou to například: formaldehydy (ze stavebních materiálů, nábytku, koberců), oxid uhelnatý (vzniká při nedokonalém spalování), VOC látky (těkavé látky, kouření, osvěžovače vzduchu, nátěry), radon, azbest, prachové částice, oděry a mikroorganismy. Většina těchto znečištění je jen velmi obtížně detekována lidskými smysly, případně jen v omezené míře. Z důvodu tohoto, se budovy v současné době osazují čidly, která měří kvalitu vnitřního prostředí, většinou to jsou čidla teploty, vlhkosti a právě koncentrace CO₂. Na základě měření těchto čidel následně probíhá účinné větrání. V ideálním případě systémem řízené výměny vzduchu, bez nutnosti ob-



sluhy uživateli. Případně upozorněním uživatelů, že je nutno vyvětrat (tento způsob je velmi limitující pro uživatele). Čidlo se nastaví na určitou hodnotu maximální koncentrace. Při dosažení této koncentrace se například rozsvítí kontrolka s tím, že je třeba vyvětrat, případně, v lepším případě, se spustí vzduchotechnika a prostor se řízeně vyvětrá. Řízené větrání u starších rekonstruovaných i nerekonstruovaných staveb často chybí, to se bohužel týká také některých novostaveb.

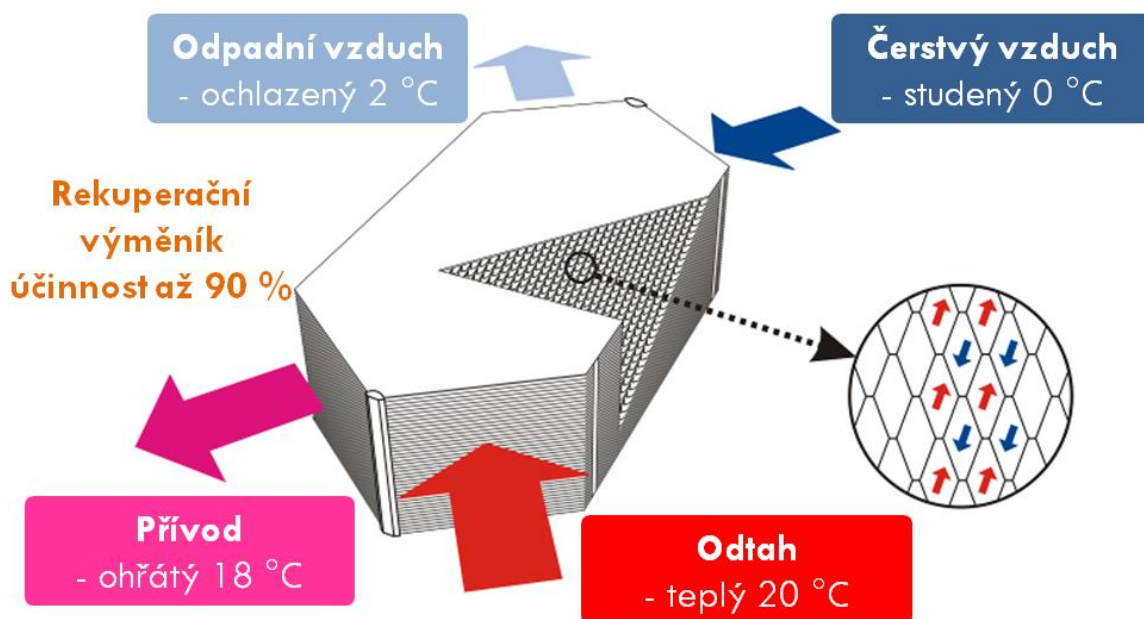


4. Možnosti snížení koncentrace škodlivin v budovách

Nejúčinnějším způsobem jak zajistit snížení koncentrace škodlivin v interiéru budov je dostatečné a správné větrání. Tedy přívod čerstvého venkovního vzduchu a odvod použitého znečištěného vzduchu z interiéru. Je však třeba si uvědomit, že netěsnostmi v obvodových konstrukcích a netěsnostmi v oknech, dostatečnou výměnu nedosáhneme.

Prvním způsobem větrání může být takzvané „přirozené větrání“ (větrání okny, závislé na uživateli). Toto řešení má ovšem nevýhodu v tom, že člověk není schopen dlouhodobě objektivně sledovat kvalitu vnitřního vzduchu a tím podhodnocovat potřebu větrání. Účinnost přirozeného větrání je také závislá na okolních podmínkách, jako je možnost příčného provětrání místností (vytvoření „průvanu“), rychlosti větru, teplotním rozdílu mezi interiérem a exteriérem budovy. Další podstatnou nevýhodou je to, že spolu s odváděným vzduchem odvádíme při větrání v zimě i velkou část tepla, které je nutné následně „dotopit“ otopným systémem. Naopak v létě spolu s čerstvým vzduchem do interiéru přivádíme i venkovní velmi teplý vzduch, čímž můžeme přispět k přehřívání budovy.

Větrání založené na uživateli, můžeme nahradit vhodnějším způsobem a to řízeným větráním. Tepelné ztráty větrání pak lze snížit na minimum využitím rekuperace (Zařízení, v němž dochází k předání tepla z odváděného vzduchu, vzduchu čerstvému přiváděnému).



Princip pasivního rekuperačního výměníku (Zdroj: M. Jindrák, Atrea)



Řízené větrání zajišťuje neustálý přísun čerstvého vzduchu a odvod znehodnoceného vnitřního vzduchu a to bez závislosti na okolních podmínkách a nutnosti zásahu uživatele. Větrání probíhá zcela bez nepříjemného průvanu, bez pronikání hluku z venkovního prostředí, a bez teplotních rozdílů. Pokud je systém řízený čidly CO₂ (nastavení maximální koncentrace CO₂ na hodnotu například 1 500PPM) dochází k plynulé regulaci množství větraného vzduchu a větrají se jen místnosti, které jsou zrovna využívány, tím dochází k úspoře energie.

Základní informace o návrhu větrání viz příloha č. 2: Metodický pokyn pro návrh větrání škol.



5. Prováděné měření na základních školách v ČR

Měření koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) bylo prováděno v 51 třídách na 19 základních školách v ČR. Měření probíhalo po dobu zhruba dvou týdnů a bylo rozděleno na dvě části interaktivním naučným workshopem. Workshop byl zaměřeným na kvalitu vnitřní prostředí budov a větrání. Žáci si pod vedením zkušeného animátora zkusili několik jednoduchých pokusů s dechem a větráním a také jim byla vysvětlena důležitost větrání jako takového.

Žákům byl zapůjčen vlastní digitální měřič kvality ovzduší v místnosti, který si připevnili na stěnu ve své mateřské třídě, ve které tráví většinu své výuky. Díky měřiči mohli sledovat, monitorovat a vyhodnocovat koncentraci CO_2 , teplotu a vlhkost v místnosti. Měření prováděli první týden učitelé, druhý týden samotní žáci a to včetně záznamu počtu osob ve třídě a otevírání oken.



5.1. Měřicí zařízení

V rámci měření byla použita dvě zařízení na měření koncentrace CO₂, podle toho, zda třída měla možnost připojení na WIFI nebo ne. V tabulce jsou porovnány jednotlivé technické parametry přístrojů.

NÁZEV	Netatmo urban weather station	Lutron MCH 383SD
FOTO		
DISPLEJ	ne	3 řádkový
ZÁZNAM	Online (přístup přes PC, mobil,...)	Offline - SD karta
ROZSAH MĚŘENÍ (PPM)	0 – 5 000	0 – 4 000
PŘESNOST (PPM)	+/- 50PPM, +/- 5%	+/- 40 PPM
PŘIBLIŽNÁ CENA	4 700Kč	5 500Kč

Tabulka parametrů použitých měřicích přístrojů



5.2. Metodika měření pro učitele

Před měřením obdržel každý učitel spolu s přístrojem také návod k měření a k umístění a zprovoznění daného přístroje. Návodů obsahovaly:

Doporučení pro výběr místnosti:

Ideální místnost pro měření je ta, kde se v maximální počet hodin za den nachází co nejvíce dětí (ať už kmenová učebna či specializovaná učebna). V případě kmenové učebny a střídání jednotlivých tříd a vyučujících, je třeba informace o měření předat i ostatním vyučujícím.

Umístění přístroje:

Přístroj by měl být umístěn v dosahu zásuvky, měl by ležet (viset) co nejbližší výšce sedícího žáka (lavice, skříň, stůl, police). Umístěn ideálně ne přímo u otevíraných oken. Ideálně u protější stěny (u místnosti s okny na jedné straně).

Dále obsahovaly bodový popis uvedení přístroje do provozu a postup záznamu jednotlivých dat.

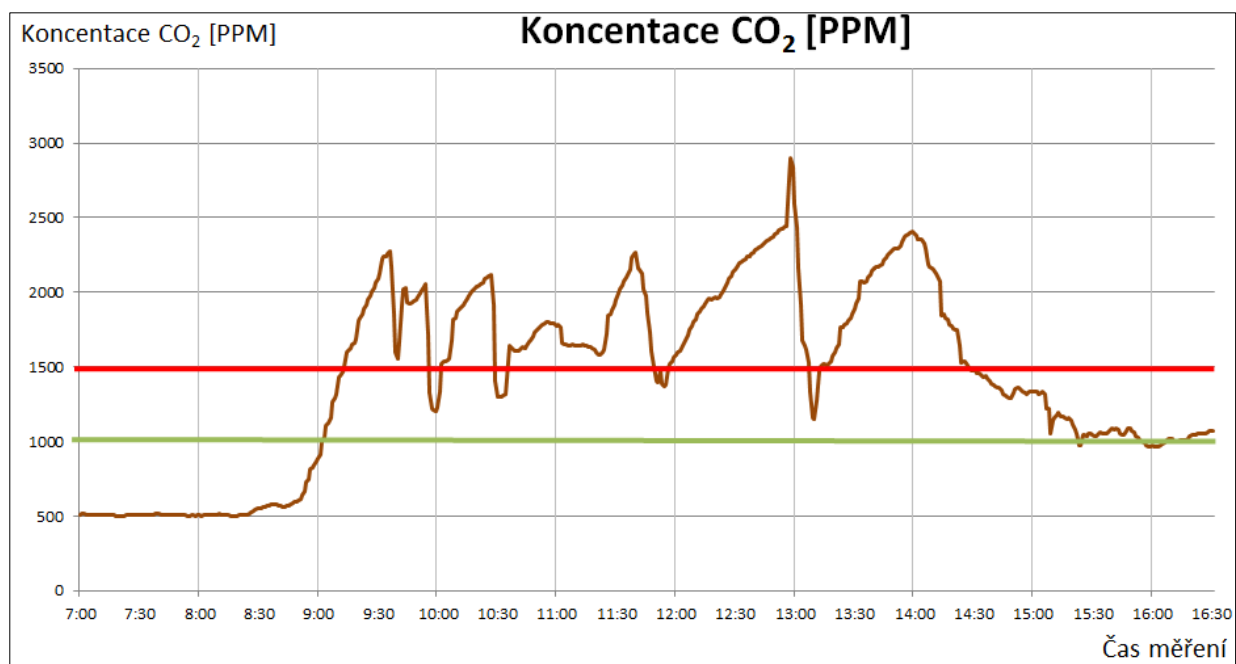


6. Výsledky měření na školách

Spolu s měřením koncentrace CO_2 , byla měřena také teplota interiéru, vlhkost interiéru a u přístrojů Netatmo také hluk. Následující průběhy jednotlivých veličin zobrazují reprezentativní průběh koncentrací a hodnot v průběhu jednoho školního dne na zapojených základních školách.

Průběh koncentrace CO_2

Na grafu je zobrazen průběh koncentrace oxidu uhličitého ve třídě s 22 žáky. Vyučování probíhalo v této třídě od 2. vyučovací hodiny (cca 9:00) do 14:00. V průběhu dne bylo větráno okny především o přestávkách. V grafu je vyznačena **doporučená hodnota koncentrace oxidu uhličitého 1 000 PPM** a **maximální koncentrace oxidu uhličitého 1 500 PPM**.

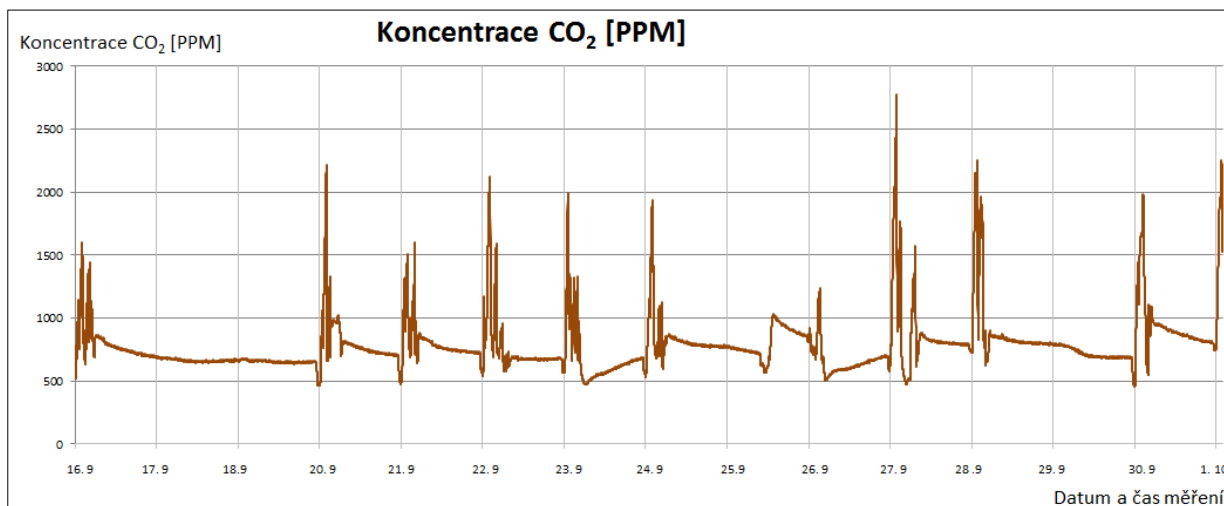


Graf průběhu koncentrace CO_2



Průběh koncentrace CO₂ (14 dní)

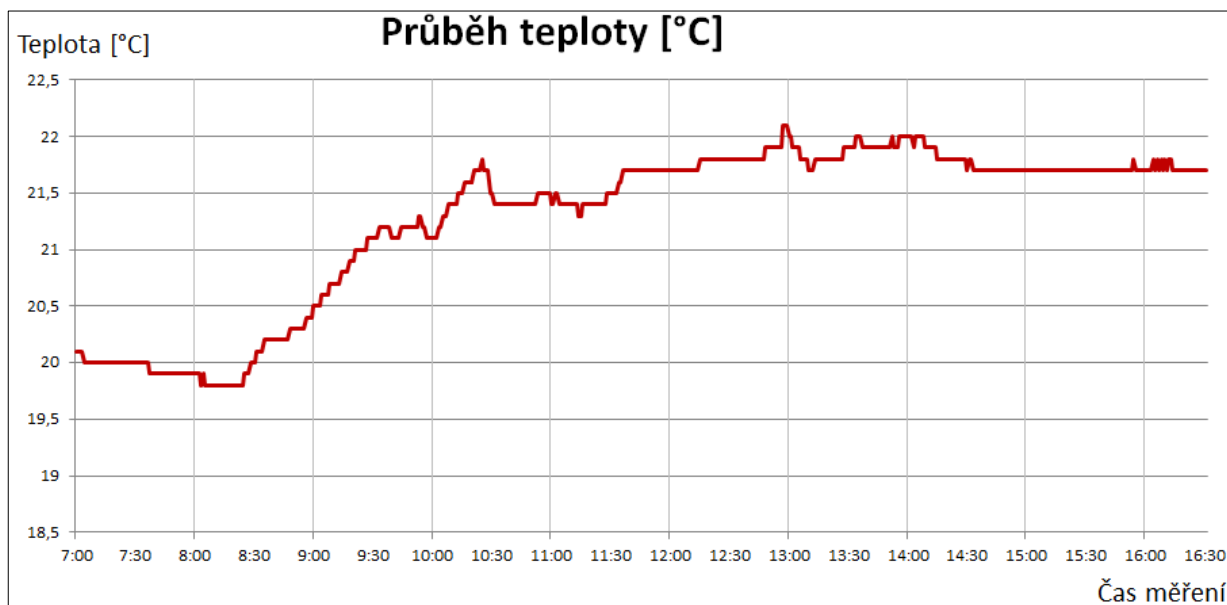
Čtrnácti denní průběh měření koncentrace CO₂ ve škole. Jdou zde vidět průběhy jednotlivých dnů, ale také rozdíly mezi víkendy a pracovními dny.



Graf průběhu koncentrace CO₂ (14 dní)

Průběh teploty

Na grafu teploty je možné pozorovat souvislost větrání okny (moment poklesu koncentrace CO₂) a pokles teploty vzduchu v interiéru. Tento pokles by v zimních měsících byl mnohonásobně větší. Pokud by bylo v těchto měsících takto intenzivně větráno.



Graf průběhu teploty



Průběh relativní vlhkosti

Z grafu lze opět vidět změnu relativní vlhkosti interiéru při otevření oken a vyvětrání.



Graf průběhu relativní vlhkosti



7. Závěr

Hlavními cíli projektu bylo jednak měřit koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) na školách a jednak edukativně a interaktivně pomocí workshopu vysvětlit žákům, učitelům, ale také zprostředkovaně rodičům, proč je potřeba větrat a jaké máme možnosti.

Měření probíhalo v průběhu měsíce září 2016, což je období, kdy bývají okna ve školách běžně otevřena (venkovní teploty jsou podobné jako teploty uvnitř). I přesto docházelo u většiny škol k překročení doporučených (hodnota 1 000 PPM) a předepsaných maximálních hygienických limitů (hodnota 1 500 PPM) koncentrace oxidu uhličitého. Pokud by měření pokračovalo i v průběhu zimních měsíců, kdy se větrání okny, kvůli nízkým venkovním teplotám, ještě více redukuje, maximální hodnoty koncentrací by dosahovaly až k hodnotám přes 4 000 PPM.

Na základě provedených měření doporučujeme provozovatelům a zřizovatelům škol a ostatních veřejných budov, zabývat se koncepcí větrání. V ideálním případě instalovat systém řízeného větrání s rekuperací, vybavený a řízený čidly CO_2 . Díky optimálnímu větrání navíc dojde k úspoře energie na vytápění a ke zvýšení uživatelského komfortu tříd (větrání bez hluku z ulice, bez průvanu a chladu/horka z exteriéru, bez ohrožení bezpečnosti žáků a bez nutnosti zásahu uživatele).

Tato Zpráva je dána k dispozici všem školám, které se workshopů a projektu měření CO_2 zúčastnily. Přílohou Zprávy je „Metodický pokyn pro návrh větrání škol“ MŽP, který obsahuje základní informace pro návrh větrání ve školách s důrazem na učebny školních zařízení.



8. Příloha č. 1: Metodický pokyn pro návrh větrání škol



Metodický pokyn pro návrh větrání škol

Metodický pokyn obsahuje základní informace pro návrh větrání ve školách s důrazem na učebny. Je určen žadatelům o podporu z Operačního programu životní prostředí v rámci prioritní osy 5, zpracovatelům projektové dokumentace a zpracovatelům energetického posudku.

1 Úvod

Pokud je jedním z energeticky úsporných opatření v budovách sloužících pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých (dále jen školy) zlepšení tepelně technických vlastností obvodových konstrukcí budovy, musí projektové řešení obsahovat i návrh systému větrání v souladu s vyhláškou č. 410/2005 Sb., ve znění pozdějších předpisů [5].

Žadatel musí brát do úvahy, že dodržení hygienických a provozních požadavků na větrání je upřednostněno před dosažením energetických úspor v souladu s normou ČSN 73 0540 – 2 [13], která stanovuje požadavky na tepelnou ochranu budov.

Větrání zajišťuje přívod venkovního vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu z vnitřních prostor budov pro zajištění požadované kvality vnitřního ovzduší. V teplém období roku větrání přispívá i k odvodu tepelné zátěže.

K znehodnocování vzduchu v učebnách dochází produkcí oxidu uhličitého CO_2 při dýchání a dalšími škodlivinami (např. VOC, vodní pára, prach, radon apod.), které se mohou uvolňovat v prostředí učeben, případně mohou být obsaženy ve venkovním přiváděném vzduchu.

Kvalita ovzduší v učebnách se hodnotí podle koncentrace oxidu uhličitého CO_2 ; v souladu s vyhláškou č. 268/2009 Sb. v platném znění [7] nesmí tato koncentrace v pobytových prostorách převýšit hodnotu 1500 ppm. Vliv koncentrace CO_2 na člověka ukazuje tab. 1.1.

Tab. 1.1 Koncentrace CO_2 a vliv na člověka

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 pobytových prostorách
1 500 ppm	maximální přípustná koncentrace CO_2 v pobytových 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

2 Stanovení množství větracího vzduchu

Učebny

Vyhláška č. 410/2005 Sb. ve znění pozdějších předpisů [5] požaduje množství přiváděného venkovního vzduchu do učeben 20 až 30 m^3/h na žáka. Uvedené množství nerozlišuje věk žáků. S ohledem na hospodárnost se doporučuje navrhovat průtok venkovního vzduchu, trvale přiváděného do učeben v době pobytu žáků, podle tab. 2.1. Toto množství bylo stanoveno podle bilance CO_2 ve větraném prostoru [20].

Tab. 2.1 Minimální množství venkovního vzduchu

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

Pro vyučující je učebna trvalým pracovištěm a průtok vzduchu na osobu se stanoví podle nařízení vlády č. 93/2012 Sb. [4].

Specializované učebny (dílny, chemické laboratoře, apod.) se větrají rovněž s ohledem na produkci škodlivin.

Ostatní prostory školy

Kabinety a sborovny nejsou trvalým pracovištěm ve smyslu nařízení vlády č. 93/2012 Sb. a připouští se přirozené větrání oknem (provětrávání).

Hygienické zázemí (toalety, umývárny, sprchy) se doporučuje větrat podtlakově s nárazovým (pohybové čidlo) nebo časovým provozem (např. o přestávkách). Průtoky odsávaného vzduchu se stanoví podle vyhlášky č. 410/2005 Sb. v platném znění.

Centrální šatny se větrají v souladu s vyhláškou č. 410/2005 Sb. ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb. §18, odst. 5.

Tělocvičny se připouští větrat přirozeně. V případě využití tělocvičny jako shromažďovacího prostoru se doporučuje použít nucené větrání s regulací průtoku vzduchu podle koncentrace CO₂. Průtoky vzduchu se stanoví podle vyhlášky č. 410/2005 Sb. v platném znění.

Jídelna je pobytovým prostorem ve smyslu vyhlášky č. 20/2012 Sb.

Kuchyně se větrají podle doporučených pravidel (např. VDI 2052 [16], [21]).

3 Větrací systémy pro učebny

Hlavní typy větracích systémů:

- systémy přirozené,
- systémy nucené,
- systémy hybridní.

Pro větrání učeben se doporučuje využít systémy, které umožňují řízené větrání. To jsou takové systémy, které regulují průtok větracího vzduchu na základě požadavku uživatele (prioritně řízené podle koncentrace CO₂). Přehled větracích systémů je uveden v příloze 1.

Obecné požadavky na provedení větracích systémů:

- minimální průtok přiváděného venkovního vzduchu se stanoví podle hodnot uvedených v tab. 2.1,
- systémy nuceného přívodu venkovního vzduchu musí být vybaveny regulací průtoku,
- v zimním období musí být ohřev přiváděného venkovního vzduchu zajištěn tak, že ve větraném prostoru bude dodržena požadovaná výsledná teplota dle vyhlášky č. 410/2005 Sb., v platném znění,

- okna v učebnách by měla být navržena jako otevíratelná, s ohledem na odvod tepelné zátěže v letním a přechodovém období,
- systémy nuceného větrání musí být opatřeny filtrací přiváděného vzduchu odpovídající znečištění venkovního vzduchu,
- hladina akustického tlaku v učebnách nesmí převyšovat limitní hodnoty dané nařízením vlády č. 272/2011 Sb. [3].

Přírozené větrání

Funkce přírozeného větrání závisí na přírozených zdrojích pohybu vzduchu:

- rozdílu teploty vnitřního a venkovního vzduchu a na vertikální vzdálenosti otvorů pro přívod a odvod vzduchu, případně na vertikálních rozměrech větracích šachet,
- tlakovém účinku větru,
- v letním období na rozdílu teploty vzduchu na osluněné a neosluněné fasádě.

Působení zdrojů pohybu vzduchu u přírozeného větrání je nahodilé a pro prostory s větším počtem osob (žáků) takto navržené větrání nemůže splnit požadavek na zajištění trvale kvalitního vnitřního prostředí.

Negativní skutečností, která provází přírozené větrání okny, je lokální přívod chladného venkovního vzduchu do učeben v zimním období roku a nemožnost filtrace venkovního vzduchu. Větrání okny je často hodnoceno jako problematické s ohledem na bezpečnost žáků [19].

Přírozené větrání učeben infiltrací a tzv. mikroventilací se nedoporučuje, neboť nelze splnit požadavky na větrání dle této metodiky.

Přírozené větrání učeben okny se obecně nedoporučuje. Použití přírozeného větrání je možné při rekonstrukci památkově chráněných objektů, kde je instalace nuceného větrání problematická. Podmínkou je funkčnost nebo obnova původního systému přírozeného větrání s přívodem i odvodem vzduchu (větracími otvory, šachtami, apod.).

Přírozené větrání v podobě provětrávání ručně otevíratelnými okny se připouští pouze u místností s malým počtem osob a u místností s občasným výskytem osob (např. učebny ZUŠ s 1 - 2 žáky a 1 učitelem, kabinety, apod.).

Přírozené větrání učeben okny neumožňuje vyhovět současnému požadavku na snížení energetické náročnosti budovy.

Nucené podtlakové větrání

Přívod venkovního vzduchu podtlakem (přisáváním) větracími otvory, které jsou integrovány do obálky budovy, v kombinaci s nuceným odvodem vzduchu. Odvod vzduchu zajišťuje ventilátor navržený na potřebný průtok venkovního vzduchu.

Prvky pro přívod venkovního vzduchu musí umožnit požadovaný průtok vzduchu a současně vyhovovat požadavkům na tepelně technické a akustické vlastnosti. V případě, že se jedná o přívodní prvky integrované přímo do oken, nesmí jimi být zhoršeny deklarované vlastnosti oken, resp. vlastnosti oken musí být deklarovány včetně těchto prvků a musí splňovat požadované vlastnosti, zejména tepelně-technické a akustické.

Nucené podtlakové větrání lze použít tam, kde vzduch ve venkovním prostředí má vyhovující kvalitu. Sání venkovního vzduchu je nutno realizovat v místech, kde venkovní vzduch není znehodnocen pachy, zvýšenou prašností, exhalacemi z dopravy, vysokou hlukovou zátěží apod.

Negativní skutečností, která provází nucené podtlakové větrání, je lokální přívod chladného venkovního vzduchu do učeben v zimním období roku s rizikem tepelného diskomfortu v blízkosti otvorů pro přívod vzduchu.

Nucené podtlakové větrání neumožňuje vyhovět současnému požadavku na snížení energetické náročnosti budovy.

Nucené rovnotlaké větrání

Nucené rovnotlaké větrání zajišťuje nucený přívod i odvod vzduchu (mechanicky ventilátorem) a představuje vyšší kvalitu větrání než nucené podtlakové větrání. Nucené rovnotlaké větrání umožňuje využití zpětného získávání tepla (dále ZZT), vyhovuje současnému požadavku na snížení energetické náročnosti budovy a pro větrání učeben je doporučovaným systémem.

Pro větrání slouží větrací jednotka vybavená ventilátory, filtrací vzduchu, výměníkem ZZT, případně ohřevačem. Je-li jednotka vybavena ohřevačem vzduchu, jeho výkon se reguluje na konstantní teplotu přiváděného vzduchu.

Sání venkovního vzduchu u nuceného rovnotlakého větrání je nutno realizovat v neosluněných místech, kde venkovní vzduch není znehodnocen pachy, zvýšenou prašností, exhalacemi z dopravy, apod.

Hybridní větrání s mechanicky otevíranými okny

K větrání se využívá přirozeného tlakového rozdílu na okně (vlivem rozdílu hustot vzduchu a účinku větru), při nedostatečném tlakovém rozdílu se uvádí automaticky do chodu ventilátor a systém pracuje jako podtlakový. Průtok vzduchu je regulován podle koncentrace CO₂.

Pro přirozené větrání slouží dělená okna s výklopnými horními křídly ovládanými servopohonem na základě potřeby (koncentrace CO₂). Servopohony na oknech vyžadují kontrolu a sledování polohy otevíraných křídel, současně je nutné zajistit bezpečnost objektu proti násilnému vniknutí, uzavření všech oken při opuštění budovy atd.

Hybridní větrání učeben neumožňuje vyhovět současnému požadavku na snížení energetické náročnosti budovy.

4 Související aspekty návrhu větracích systémů

4.1 Ohřev venkovního vzduchu

U všech větracích systémů musí být zajištěn ohřev přiváděného venkovního vzduchu následovně:

- u přirozeného, hybridního a nuceného podtlakového větrání musí ohřev venkovního vzduchu zajistit otopná soustava v místnosti, tento požadavek výrazně ovlivňuje dimenzování velikosti zdroje tepla a otopných ploch i jejich regulační schopnosti.
- u nuceného rovnotlakého větrání zajišťuje přehřev venkovního vzduchu výměník ZZT a dohřev musí pokrýt otopná soustava nebo ohřevač vzduchu ve větrací jednotce.

Ohřev vzduchu musí být zajištěn za všech provozních stavů, charakterizovaných zejména

- proměnlivostí počtu osob (žáků v učebnách),
- proměnlivostí venkovních klimatických podmínek (především teploty venkovního vzduchu),
- změnami doby užívání učebny během dne a v ročním období.

Projektant profese vytápění musí dimenzovat výkon otopné soustavy v souladu s požadavkem zpracovatele projektové dokumentace vzduchotechniky (větrání) na ohřev venkovního vzduchu. Pro ohříváče vzduchu ve větracích jednotkách zajistí profese vytápění (případně silnoproud) přívod energie o požadovaném výkonu. Výkon ohříváče bude regulován podle požadované teploty přiváděného vzduchu.

4.2 Hlukové parametry

Větrací zařízení musí být navrženo tak, aby hladina akustického tlaku A v učebně při jeho provozu nepřevyšovala limitní hodnoty dané nařízením vlády č. 272/2011 Sb. [3] tj. 45 dB. Doporučuje se, aby hladina akustického tlaku A v učebnách byla v rozmezí 30 – 40 dB v souladu s normou ČSN EN 15 251 [10].

Při návrhu nuceného větrání je nutné věnovat zvýšenou pozornost volbě a umístění větrací jednotky / ventilátoru. Umístění hlučného zařízení pro nucené větrání přímo v učebně může být z hlediska vytvoření pohody prostředí zcela nepřijatelné.

4.3 Znečištění venkovního ovzduší

Přímý přívod venkovního vzduchu do učeben (přirozené, hybridní a nucené podtlakové větrání) lze použít pouze v těch oblastech, kde nejsou překračovány přípustné hodnoty škodlivin ve venkovním prostředí, v souladu s vyhláškou č. 410/2005 Sb. [5] ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb., §18, odst. 4. Zpracovatel dokumentace toto doloží z dostupných podkladů, např. podle map znečištění ovzduší ČHMÚ, z místních měření.

Zařízení pro nucený přívod vzduchu (vzduchotechnické jednotky) musí být vždy vybaveno filtry pro odlučování pevných částic a tam, kde je riziko výskytu chemických látek, i odpovídající filtrací plyných složek (podle ČSN EN 13779 [9]).

4.4 Měření a regulace

Provoz větracího systému se předpokládá dle stanoveného časového plánu. Zejména s ohledem na energetickou náročnost budov musí být průtok venkovního vzduchu do učeben řízen na základě měření koncentrace CO_2 ve větraném prostoru. Pro případný odvod tepelné zátěže (zvýšením průtoku vzduchu nad požadavek podle koncentrace CO_2) v teplém období roku, kdy je teplota venkovního vzduchu nižší než teplota vzduchu v místnosti, se doporučuje kontrolovat teplotu vnitřního vzduchu. Každá učebna s řízeným průtokem vzduchu musí být opatřena nezávislou regulací.

5 Zpracovatel dokumentace

Součástí dokumentace předložené žadatelem musí být projektová dokumentace vzduchotechniky a souvisejících profesí. Projektová dokumentace vzduchotechniky musí být vypracována při použití kteréhokoli větracího systému (přirozený, nucený, hybridní systém).

5.1 Zpracovatel projektové dokumentace vzduchotechniky

Zpracovatelem projektové dokumentace vzduchotechniky, tj. projektu řešícího větrání školy, musí být autorizovaný inženýr pro techniku prostředí staveb, specializace technická zařízení, nebo autorizovaný technik pro techniku prostředí staveb, specializace vytápění a vzduchotechnika.

Přílohou projektové dokumentace vzduchotechniky musí být posouzení splnění požadavku na nepřekročení přípustné koncentrace CO_2 v učebnách (1500 ppm), a to pro všechny druhy učeben se zohledněním jejich kapacity. Pro toto posouzení zpracovatel musí použít výpočetní pomůcku „Stanovení průtoku venkovního vzduchu a bilance CO_2 v učebně“, která je přílohou tohoto metodického pokynu.

5.2 Zpracovatel energetického posudku

Zpracovatelem energetického posudku je energetický specialista podle § 10 odst. 1 písm. a) zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů.

V energetickém posudku musí být uveden denní a roční provozní režim jednotlivých větraných prostorů a příslušný počet uživatelů těchto prostorů (obsazenost), odpovídající současnému, případně budoucímu způsobu využití objektu.

Zpracovatel energetického posudku musí v energetické bilanci zohlednit výchozí i nově navrhovaný systém větrání. Spotřeba energie na pokrytí tepelných ztrát větráním je společně se spotřebou energie na pokrytí tepelných ztrát prostupem tepla zahrnuta ve spotřebě energie na vytápění a v celkové energetické bilanci sestavené dle přílohy č. 4 vyhlášky č. 480/2012 Sb. je uvedena v řádku č. 7.

Spotřeba energie na pokrytí tepelných ztrát větráním ve výchozím i navrhovaném stavu musí odpovídat požadovanému průtoku venkovního vzduchu, resp. požadované intenzitě větrání v jednotlivých větraných prostorech budovy v souladu s tímto metodickým pokynem. Maximální návrhová intenzita větrání může být uvažována pouze v provozní době těchto prostorů. Mimo dobu pobytu osob ve větraných prostorech je doporučená minimální intenzita větrání $0,1 \text{ h}^{-1}$ v souladu s ČSN 73 0540-2 [13].

Pro vyčíslení energetických přínosů instalací nuceného větrání se zpětným získáváním tepla musí být v souladu s vyhláškou č. 78/2013 Sb. [2] použita účinnost zpětného získávání tepla stanovená podle ČSN EN 308 [8].

Zpracovatel energetického posudku musí v energetické bilanci zohlednit spotřebu elektrické energie pro pohon ventilátorů větracích systémů, která odpovídá jejich příkonu a provozním hodinám. Tato spotřeba se uvádí v řádku 10 celkové energetické bilance sestavené dle vyhlášky č. 480/2012 Sb. [6].

6 Závěr

Předložená metodika uvádí přehled větracích systémů a doporučení vedoucí k zajištění požadované kvality vnitřního ovzduší ve školních budovách se zaměřením na učebny. Přehled větracích systémů je uveden v příloze 1, příklad návrhu je uveden v příloze 2. V příloze 3 je uveden popis výpočetní pomůcky „Stanovení průtoku venkovního vzduchu a bilance CO_2 v učebně“, která je součástí tohoto metodického pokynu.

Předložená metodika umožňuje posoudit jednotlivé systémy větrání a zvolit systém vhodný pro danou školní budovu, resp. učebnu. Pro větrání učeben se použijí systémy, které umožňují řízené větrání podle potřeby tj. podle koncentrace CO_2 v učebně. S ohledem na podporu opatření vedoucích k energetickým úsporám se doporučuje využití rovnotlakých větracích systémů se zpětným získáváním tepla. Přirozené větrání lze použít ve výjimečných a odůvodněných případech.

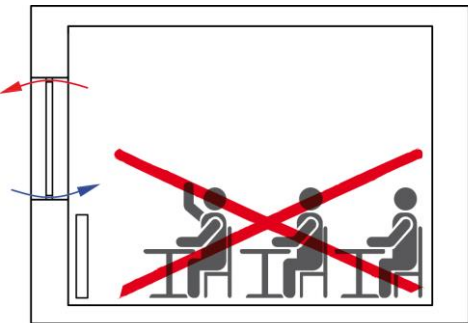
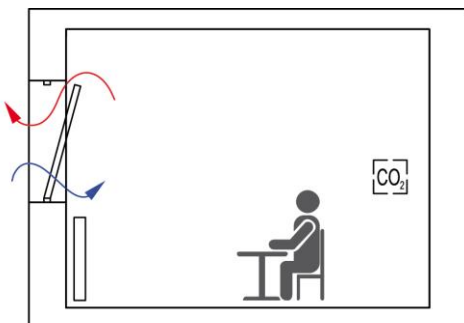
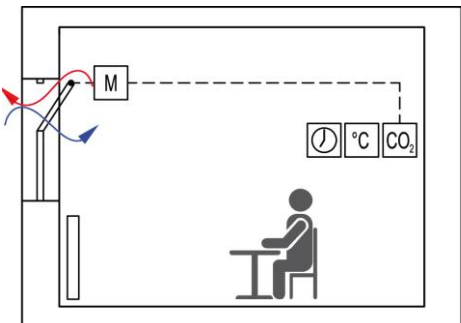
Předmětem této metodiky není návrh a hodnocení větracích systémů vybavených strojním chlazením.

7 Použitá literatura

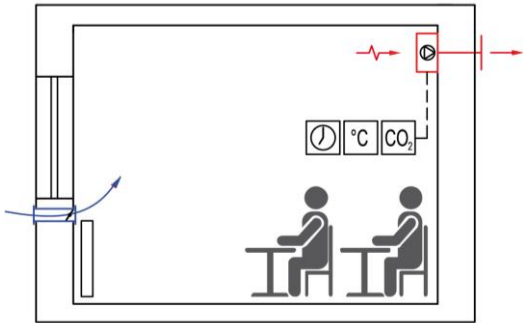
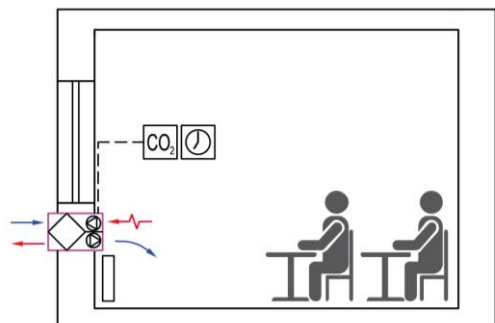
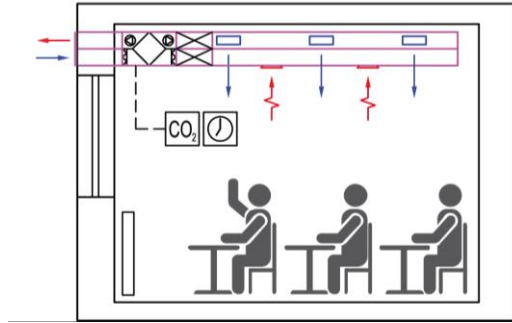
- [1] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií ve znění pozdějších předpisů
- [2] Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov
- [3] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
- [4] Nařízení vlády č. 93/2012 Sb. Nařízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.

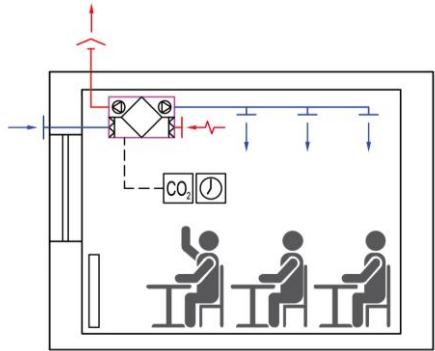
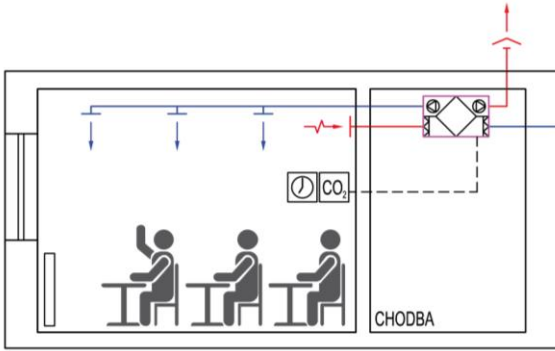
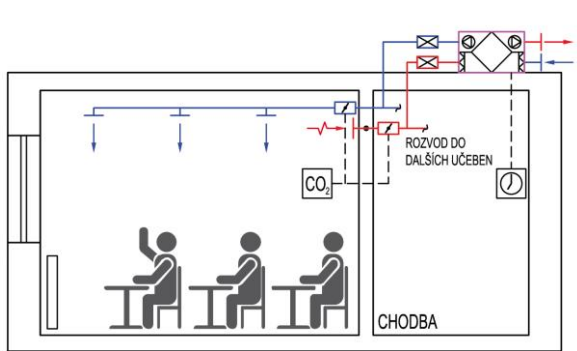
- [5] Vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých ve znění pozdějších předpisů (Vyhláška č. 343/2009 Sb.).
- [6] Vyhláška č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku.
- [7] Vyhláška č. 268/2009 Sb., kterou se mění vyhláška o technických požadavcích na stavby ve znění pozdějších předpisů (Vyhláška č.20/2012 Sb.)
- [8] ČSN EN 308 Výměníky tepla - Metody zkoušek pro ověření výkonnosti zařízení pro regeneraci tepla. ÚNMZ. 1998.
- [9] ČSN EN 13779. Větrání nebytových budov - Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy. ÚNMZ 2010.
- [10] ČSN EN 15251. Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky. Praha: ÚNMZ, 2011. Třídící znak 127028.
- [11] ČSN EN 15665/Z1: 2009. Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov. ÚNMZ 2011.
- [12] ČSN EN 12 831: 2005. Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. ÚNMZ 2011. 2005.
- [13] ČSN 73 0540–2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. ÚNMZ. 2011.
- [14] VDI 6040-1:2011 Raumluftechnik Schulen Anforderungen.
- [15] VDI 6040-2:2014 Raumluftechnik – Schulen - Ausffhrungshmwelse Entwurf (VDI-Lüfflungsregeln, VDI-Schulbaurichtlinien).
- [16] VDI 2052:2006 Raumluftechnische Anlagen für Küchen.
- [17] ÖNORM H 6039:2008 Ventilation and air conditioning plants – Controlled mechanical ventilation of classrooms, training rooms or common rooms as well as of rooms for similar purposes – Requirements, dimensioning, design, operation and maintenance.
- [18] ASHRAE Handbook 2009 Fundamentals. 2009, Atlanta: ASHRAE. ISBN – 978-1-933742-55-7
- [19] BEGENI, M., ZMRHAL, V. Dotazníkový průzkum stavu školských budov. In: portál TZB info. ISSN 1801-4399. 2015.
- [20] BEGENI, M., ZMRHAL, V. Potřeba energie pro větrání učeben. In.: Vytápění, větrání, instalace. 2014, roč. 24, č. 5, s. 218-222. ISSN 1210-1389
- [21] MATHAUSEROVÁ, Z., MORÁVEK P. Větrání kuchyní. Sešit projektanta č. 1. Společnost pro techniku prostředí. 2000.

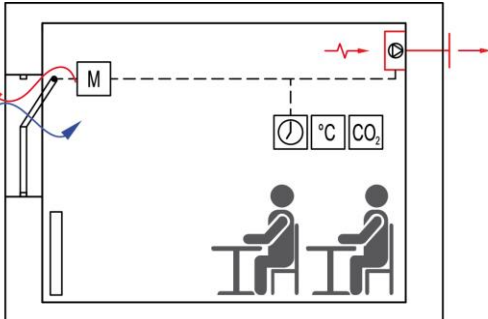
Příloha 1: Přehled větracích systémů a jejich možnosti použití ve školách

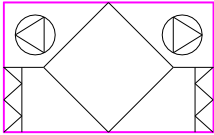
Číslo	1	2	3
Větrání	Přírozené		
Popis	Infiltrace a mikroventilace	Provětrávání otevíratelnými okny	Provětrávání mechanicky otevíratelnými okny (křídly)
Schéma			
Charakteristika	Přírozené větrání netěsnostmi oken. Nová okna se vyznačují minimálním průtočným průřezem funkčních spár. Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT ¹ . Bez nároku na energii pro pohon ventilátorů.	Přírozené větrání závislé na rozdílu teploty vnitřního a venkovního vzduchu a na působení větru. Funkce větrání závisí plně na lidském faktoru. Nejedná se o řízený přívod vzduchu. Nezajistí rovnoměrné provětrání prostoru. V chladném období riziko tepelného diskomfortu v blízkosti oken. Otevřená okna jsou rizikem z pohledu bezpečnosti žáků a ochrany proti vniknutí cizích osob. Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT. Bez nároku na energii pro pohon ventilátorů.	Přírozené větrání závislé na rozdílu teploty vnitřního a venkovního vzduchu a na působení větru. Nezajistí rovnoměrné provětrání prostoru. V chladném období riziko tepelného diskomfortu v blízkosti oken. Otevřená okna jsou rizikem z pohledu ochrany proti vniknutí cizích osob. Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT. Bez nároku na energii pro pohon ventilátorů.
Energie	Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT ¹ . Bez nároku na energii pro pohon ventilátorů.	Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT. Bez nároku na energii pro pohon ventilátorů.	Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT. Bez nároku na energii pro pohon ventilátorů.
Ovládání	Omezeně nastavením průtočného průřezu spáry.	Ruční podle časového plánu nebo podle údajů čidla CO ₂ .	Provoz dle stanoveného časového plánu. Ovládání mechanické servopohonem (automaticky) podle čidla CO ₂ s kontrolou teploty vnitřního vzduchu.
Použití	Pro větrání se nedoporučuje, nelze splnit požadavky na větrání dle předložené metodiky.	Pouze tam, kde není riziko výrazného znečištění venkovního vzduchu. Pro větrání učeben se obecně nedoporučuje. Připouští se pro učebny s malým počtem žáků (1-2 žáci, 1 učitel) nebo kabinety.	Pouze tam, kde není riziko výrazného znečištění venkovního vzduchu. Pro větrání učeben se obecně nedoporučuje. Připouští se pro učebny s malým počtem žáků (1-2 žáci, 1 učitel) nebo kabinety.

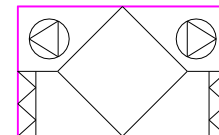
¹ ZZT = zpětné získávání tepla

Číslo	4	5	6
Větrání	Nucené		
	Podtlakové	Rovnotlaké	Rovnotlaké
Popis	Odsávání lokálním ventilátorem	Lokální (parapetní) větrací jednotka v obvodovém plášti	Lokální potrubní podstropní větrací jednotka
Schéma			
Charakteristika	Nucené odsávání ventilátorem s přívodem venkovního vzduchu podtlakem okenními nebo parapetními štěrbinami. Odvod odsávaného vzduchu obvodovou stěnou nebo do vertikální šachty. V chladném období riziko tepelného diskomfortu v blízkosti otvorů pro přívod vzduchu. Ventilátor emituje hluk, nesmí být překročeny hlukové limity. Výhodnější je umístit ventilátor vně větrané místnosti.	Přívod a odvod vzduchu větrací jednotkou se ZZT umístěnou v parapetu. Zpravidla je nutno použít větší počet jednotek prostupujících obvodovým pláštěm. Nezajistí celkové (rovnoměrné) provětrání prostoru. Bez možnosti odvodu kondenzátu (stéká po fasádě). Omezená možnost filtrace vzduchu. Jednotka emituje hluk, nesmí být překročeny hlukové limity.	Přívod a odvod vzduchu podstropní větrací jednotkou se ZZT a filtrací, tlumičem hluku s kompaktním krátkým vzduchovodem pro přívod a odvod vzduchu. Zajistí celkové (rovnoměrné) provětrání prostoru. Nutný prostup v obvodové stěně. Kompaktní zařízení s filtrací, ZZT, tlumením hluku a distribucí přiváděného vzduchu. Jednotka v učebně emituje hluk, nesmí být překročeny hlukové limity. Nutná údržba, servis, výměna filtrů.
Energie	Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT. Potřeba energie pro pohon ventilátoru.	Tepelná ztráta větráním je zčásti hrazena ZZT, zčásti musí být hrazena otopnou soustavou. Omezená účinnost ZZT. Potřeba energie pro pohon ventilátorů pro přívod a odvod vzduchu.	Tepelná ztráta větráním je z podstatné části hrazena ZZT, menší část hradí otopná soustava. Potřeba energie na pohon ventilátorů pro přívod a odvod vzduchu.
Ovládání	Provoz dle stanoveného časového plánu. Regulace průtoku automaticky podle čidla CO ₂ s kontrolou teploty vnitřního vzduchu.	Provoz dle stanoveného časového plánu. Regulace průtoku automaticky podle čidla CO ₂ variantně i s kontrolou teploty vnitřního vzduchu.	Provoz dle stanoveného časového plánu. Regulace průtoku automaticky podle čidla CO ₂ variantně i s kontrolou teploty vnitřního vzduchu.
Použití	Pouze tam, kde není riziko výrazného znečištění venkovního vzduchu. Pro větrání učeben se nedoporučuje s ohledem na energetickou náročnost a riziko tepelného diskomfortu.	Pouze tam, kde není riziko výrazného znečištění venkovního vzduchu. Pro větrání učeben se obecně nedoporučuje. Příklad se pro učebny s malým počtem žáků, kde systém splní požadavek na větrání.	Bez omezení z hlediska kvality venkovního vzduchu, rizikové je pouze znečištění venkovního ovzduší plynnými látkami.

Číslo	7	8	9
Větrání	Nucené		
Popis	Rovnotlaké Lokální větrací jednotka umístěná v učebně	Rovnotlaké Lokální větrací jednotka umístěná vně učebny	Rovnotlaké Centrální větrací jednotka pro více místností
Schéma			
Charakteristika	Přívod a odvod vzduchu větrací jednotkou se ZZT a filtrací. Nutné prostupy pro přívod a odvod vzduchu v obvodové stěně nebo ve stropě, případně odvod vzduchu vertikální šachtou. Zajistí celkové (rovnoměrné) provětrání prostoru připojeným vzduchovodem pro přívod vzduchu. Jednotka v učebně emituje hluk, nesmí být překročeny hlukové limity. Nutná údržba, servis, výměna filtrů.	Přívod a odvod vzduchu větrací jednotkou se ZZT a filtrací. Zajistí celkové (rovnoměrné) provětrání prostoru připojeným vzduchovodem pro přívod vzduchu. Do učebny pouze prostupy pro přívod a odvod vzduchu. Nasávání venkovního vzduchu a odvod znečištěného vzduchu do/z jednotky stěnami (vertikálními šachtami) mimo učebnu. Jednotka přímo nezatěžuje hlukem prostor učebny, nicméně nesmí být překročeny hlukové limity. Nutná údržba, servis, výměna filtrů.	Přívod a odvod vzduchu větrací jednotkou se ZZT, filtrací a regulátory průtoku vzduchu. Zajistí celkové (rovnoměrné) provětrání prostoru připojeným vzduchovodem pro přívod vzduchu. Jednotka pro více učeben je umístěna ve strojovně nebo na střeše. Nároky na prostor pro umístění jednotky a vedení vzduchovodů. Jednotka emituje hluk, doporučuje se akustické řešení k omezení hluku šířeného do vnitřního i venkovního prostředí. Při návrhu možno respektovat současnost provozu. Nutná údržba, servis, výměna filtrů.
Energie	Tepelná ztráta větráním je z podstatné části hrazena ZZT, menší část hradí otopná soustava, nebo může být jednotka vybavena ohřívačem. Potřeba energie na pohon ventilátorů pro přívod a odvod vzduchu.	Tepelná ztráta větráním je z podstatné části hrazena ZZT, menší část hradí otopná soustava, nebo může být jednotka vybavena ohřívačem. Potřeba energie na pohon ventilátorů pro přívod a odvod vzduchu.	Tepelná ztráta větráním je z podstatné části hrazena ZZT, menší část hradí ohřívač vzduchu ve větrací jednotce. Potřeba energie na pohon ventilátorů pro přívod a odvod vzduchu.
Ovládání	Provoz dle stanoveného časového plánu. Regulace průtoku automaticky podle čidla CO ₂ variantně i s kontrolou teploty vnitřního vzduchu.	Provoz dle stanoveného časového plánu. Regulace průtoku automaticky podle čidla CO ₂ variantně i s kontrolou teploty vnitřního vzduchu.	Provoz dle stanoveného časového plánu. Regulace průtoku automaticky podle čidla CO ₂ variantně i s kontrolou teploty vnitřního vzduchu.
Použití	Bez omezení z hlediska kvality venkovního vzduchu, rizikové je pouze znečištění	Bez omezení z hlediska kvality venkovního vzduchu, rizikové je pouze znečištění venkovního ovzduší plynnými	Bez omezení z hlediska kvality venkovního vzduchu, rizikové je pouze znečištění venkovního ovzduší plynnými látkami.

		venkovního ovzduší plynnými látkami.		látkami.	
Číslo		10			
Větrání		Hybridní			
Popis		Kombinace přirozeného a nuceného větrání pro jednu učebnu			
Schéma					
Charakteristika		Kombinace přirozeného větrání oknem s nuceným podtlakovým větráním (odvodem vzduchu lokálním ventilátorem). Učebna je větrána přirozeně, mechanicky ovládaným otevíratelným oknem (viz systém 3); podle způsobu ovládání, při nedostatečné kvalitě vnitřního vzduchu, se uvádí do chodu odsávací ventilátor (v tomto stavu se funkce hybridního systému shoduje se systémem 4). Ventilátor emituje hluk, nesmí být překročeny hlukové limity. Nutná údržba, servis.			
Energie		Tepelná ztráta větráním musí být zcela hrazena otopnou soustavou. Nelze použít ZZT. Potřeba energie na pohon ventilátoru.			
Způsob ovládání		Provoz dle stanoveného časového plánu. Regulace průtoku automaticky podle čidla CO₂ s kontrolou teploty vnitřního vzduchu. Funkce mechanického otevírání oken musí být spojena s chodem ventilátoru. Okna musí být vybavena elektronickým zámekem pro možnost uzavření.			
Použití		Pouze tam, kde není riziko výrazného znečištění venkovního vzduchu.			

Legenda	
	Vzduchotechnická jednotka
	Ventilátor
	Regulátor průtoku vzduchu
	Tlumič hluku
	Otvor v obvodové stěně pro přívod vzduchu
	Čidlo CO ₂
	Čidlo teploty
	Regulace časového provozu
	Servopohon



Vzduchotechnická jednotka



Ventilátor



Regulátor průtoku vzduchu



Tlumič hluku



Otvor v obvodové stěně pro přívod vzduchu



Čidlo CO₂



Čidlo teploty



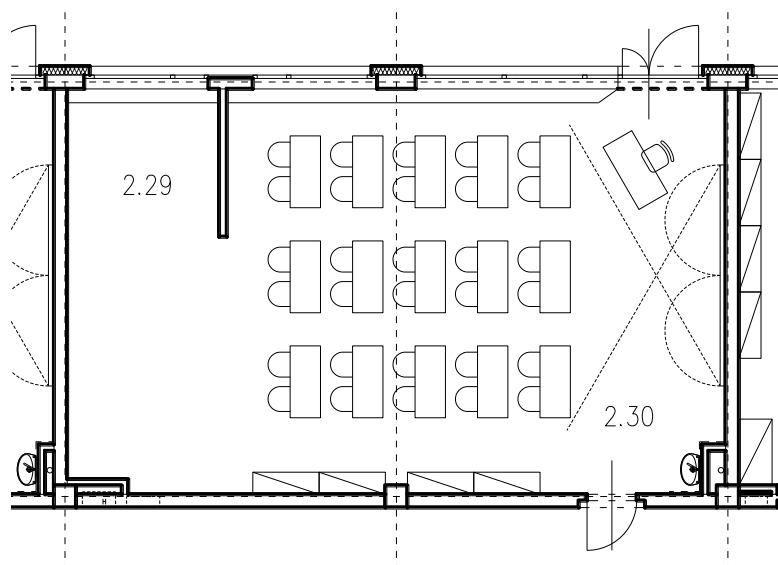
Regulace časového provozu



Servopohon

Příloha 2: Příklad výpočtu větracího vzduchu pro učebnu ZŠ (2. stupeň)

Půdorys učebny



Počet žáků ve třídě n_z	30		
Počet vyučujících (asistentů) n_v	1		
Dávka vzduchu na žáka	18		
Dávka vzduchu na vyučující	50		
Teplota vnitřního vzduchu t_i	21 °C		
Teplota venkovního vzduchu t_e	-15 °C		
Systém větrání	Přirozené větrání	Nucené podtlakové	Nucené rovnotlaké větrání
Průtok větracího vzduchu	$30 \text{ dětí} \cdot 18 \text{ m}^3/\text{h.os} = 540 \text{ m}^3/\text{h}$ $1 \text{ vyučující} \cdot 50 \text{ m}^3/\text{h.os} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$ Celkem průtok: 590 m ³ /h		
Účinnost zpětného získávání tepla	0 %	0 %	70 %
Tepelná ztráta větráním	7,75 kW	7,75 kW	2,32 kW
SFP ventilátoru / jednotky	0	750	1500 W/(m ³ /s)
Předpokládaná doba provozu	5 h/vyučovací den		
Potřeba energie na ohřev vzduchu	2989 kWh/rok	2989 kWh/rok	897 kWh/rok
Potřeba el. energie na pohon ventilátorů	0 kWh/rok	101,5 kWh/rok	203 kWh/rok

*Pro výpočet potřeby tepla na ohřev vzduchu byly použity hodinové klimatické údaje referenčního roku pro Prahu

Příloha 3: Popis výpočetní pomůcky „Stanovení průtoku venkovního vzduchu a bilance CO₂ v učebně“

Výpočetní pomůcka slouží projektantovi pro stanovení průtoku venkovního vzduchu dle předložené metodiky a kontrole, zda nebude překročena limitní koncentrace CO₂ v učebně. Projektant vyplní pouze šedá pole nebo zvolí odpovídající hodnotu z rozbalovacích menu. Všechny ostatní údaje jsou dopočítávány.

Obecné zadání obsahuje:

- název projektu,
- adresu projektu,
- datum vypracování,
- jméno projektanta,
- čísla učeben, na něž se výpočet vztahuje.

Levý sloupec výpočetní pomůcky obsahuje konkrétní zadání učebny z hlediska provozu. Výstupem je návrhový průtok přiváděného venkovního vzduchu.

V oblasti „**Zadání učebny**“ se doplní následující údaje:

- z rozbalovacího menu se vybere typ školy (MŠ, ZŠ 1. stupeň, ZŠ 2. stupeň nebo SŠ). Pokud projektant neví, pro jaký stupeň ZŠ bude učebna v budoucnu sloužit, uvede se 2. stupeň.
- objem místnosti, který slouží pro výpočet intenzity větrání a je používán ve výpočtu průběhu koncentrace CO₂,
- počet dětí ve třídě,
- počet vyučujících nebo asistentů - myšleno dospělých osob přítomných při výuce ve třídě.

V oblasti „**Produkce CO₂**“ se doplní/zvolí - je možno volit ze tří hodnot:

- maximální koncentrace CO₂ v učebně - je možno volit ze tří hodnot: 1000 ppm, 1200 ppm a 1500 ppm,
- koncentrace CO₂ ve venkovním ovzduší - je možno volit ze tří hodnot: 400 ppm odpovídá venkovské oblasti, 550 ppm městské aglomeraci a 700 ppm průmyslové oblasti,
- procento dětí o přestávkách ve třídě. Tento údaj slouží pro výpočet produkce CO₂ během přestávek. Pokud děti opouští učebny o přestávkách, uvede se 0 %, pokud mají děti povolen volný pohyb po budově, uvede se 50 %, v ostatních případech 100 %.

V oblasti „**Větrání**“ se doplní:

- průtok větracího vzduchu na vyučujícího (zpravidla 25 – 50 m³/h).

V oblasti „**Tepelná ztráta větráním**“ se doplní/zvolí:

- teplota vzduchu v místnosti,
- venkovní výpočtová teplota podle ČSN EN 12831 (tepelná ztráta větráním se počítá podle ČSN EN 15 665/Z1),
- účinnost (teplotní faktor) zpětného získávání tepla – uvede se v případě použití nucených rovnotlakých systémů.

Pravý sloupec je určen pro kontrolu průběhu koncentrace CO₂ od počátku vyučování, s možností volby (zadání) průtoku vzduchu v 5 minutových intervalech. Počáteční koncentrace v učebně se rovná koncentraci CO₂ ve venkovním ovzduší. Výpočet předpokládá malou přestávku po 1., 3., a 4. vyučovací hodině, velkou přestávku po 2. vyučovací hodině. Průtoky vzduchu zadané pro počátek vyučování se opakují i v dalších vyučovacích hodinách a přestávkách. Pole pro zadání průtoku vzduchu nesmí zůstat prázdné a hodnota musí být vždy větší než 0 (např. 0,001 pro úsek bez větrání).

Výpočet v pravém sloupci umožňuje stanovit průběh koncentrace CO_2 při časově proměnném (případně přerušovaném) větrání, např. pro větrání s rozdílnou intenzitou (rozdílným průtokem venkovního vzduchu) o vyučovacích hodinách a přestávkách.

Stanovení průtoku venkovního vzduchu a bilance CO₂ v učebně

Akce:	Základní škola Jana Masaryka	Vypracoval:	Titul, Jméno Příjmení
Adresa:	Pražská 4, Praha 4	Datum:	16.12.2015
Učebny č.:	401 - 8.A, 402 - 8.B, 403 - 8.C, apod.		

Zadání učebny

Typ školy	Základní škola 2. stupeň	
Objem místnosti	250	m ³
Počet dětí ve třídě	30	osob
Vyučující	1	osob

Produkce CO₂

Produkce CO ₂ od dětí	0,015	m ³ /h.os
Produkce CO ₂ od učitele	0,017	m ³ /h.os
Maximální koncentrace CO ₂ v učebně	1500	ppm
Koncentrace CO ₂ ve venkovním ovzduší	550	ppm
Počáteční koncentrace CO ₂ ve třídě	550	ppm
Procento dětí o přestávkách ve třídě	100	%
Produkce CO ₂ o vyučování	0,46	m ³ /h
Produkce CO ₂ o přestávkách	0,44	m ³ /h

Větrání

Množství vzduchu na žáka	18	m ³ /h.os
Množství vzduchu na vyučujícího	50	m ³ /h.os
Návrhový průtok větracího vzduchu	590	m ³ /h
Intenzita větrání (orientačně)	2,36	h ⁻¹

Tepelná ztráta větráním

Teplota vzduchu v místnosti	20	°C
Venkovní výpočtová teplota ČSN 12831	-12	°C
Účinnost ZZT	0	%
Tepelná ztráta větráním	7532	W

Větrání během vyučovací hodiny

	od	do	Průtok m ³ /h
1. vyučovací hodina 45 min (průtoky vzduchu platí pro 2, 3, 4 a 5 hodinu)	8:00	8:05	580
	8:05	8:10	580
	8:10	8:15	580
	8:15	8:20	580
	8:20	8:25	580
	8:25	8:30	580
	8:30	8:35	580
	8:35	8:40	580
	8:40	8:45	580

Větrání během malé přestávky

10 min	8:45	8:50	580
	8:50	8:55	580

Větrání během velké přestávky

20 min	9:40	9:45	580
	9:45	9:50	580
	9:50	9:55	580
	9:55	10:00	580

ZÁVĚR

Návrhový průtok	590	m ³ /h
Průtok pro dodržení CO ₂	580	m ³ /h
Max. koncentrace CO ₂	1338	ppm
Navržené větrání	VYHOVUJE	

