

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Vývoj kvality ovzduší v DDM
v závislosti na využití místnosti**

Diplomová práce

Autor práce: **Bc. Andrea Matoušová**

Obor studia: **Rozvoj venkovského prostoru**

Vedoucí práce: **doc. RNDr. Petr Pišoft, Ph.D.**

© 2020 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Andrea Matoušová

Rozvoj venkova a zemědělství

Rozvoj venkovského prostoru

Název práce

Vývoj kvality ovzduší v DDM v závislosti na využití místnosti

Název anglicky

Air quality changes in relation to classroom utilization in a house of children and youth

Cíle práce

Obecným cílem práce je analyzovat charakteristiky kvality ovzduší jako je celková prašnost anebo koncentrace oxidu uhličitého ve vybraných učebnách Domu dětí a mládeže se zaměřením na probíhající aktivity a vývoj během roku. Specifické cíle práce:

- 1) Vytvořit a aplikovat základní metodiku měření a analýzy vybraných charakteristik kvality ovzduší jako je celková prašnost, koncentrace oxidu uhličitého, vlhkost a teplota vzduchu. Průběžně provádět měření těchto charakteristik během řešení diplomové práce.
- 2) Získaná data analyzovat, určit časový vývoj naměřených veličin a provést porovnání měřených lokalit. Posoudit výsledky analýzy s platnými normami.
- 3) Po zhodnocení výsledků navrhnout konkrétní opatření pro zlepšení kvality ovzduší a snižování případných negativních dopadů v místech měření. Formulovat obecná doporučení pro podobné případy.

Pracovní hypotézy pro zadání práce: 1) měřené charakteristiky kvality ovzduší jsou závislé zejména na aktivitě v daném místě, 2) v případě zvýšené úrovně aktivit může docházet k významnému krátkodobému nárůstu koncentrací oxidu uhličitého a celkové prašnosti, 3) sledované koncentrace se mění během roku.

Metodika

V pravidelných intervalech provádět na více místech měření celkové prašnosti, koncentrací oxidu uhličitého, vlhkosti a teploty vzduchu. Místa měření zvolit tak, aby bylo možné porovnat vliv různých aktivit. Měření provádět pravidelně a dostatečně dlouho, aby bylo možné porovnat vývoj během roku, vliv chladných a teplých období, resp. možný vliv topení a ventilace. Údaje zpracovat do databáze ilustrující vývoj naměřených hodnot koncentrací znečištění. Získané údaje komplexně statisticky analyzovat se zaměřením časové změny, extrémní hodnoty a srovnání měřených lokalit. Vyvodit závěry ohledně vlivu aktivit v daných lokalitách a ročního období.

Citace se musí řídit normami uvedenými v "Závazná pravidla tvoření citací a seznamů použité literatury pro FAPPZ, ČZU v Praze"



Doporučený rozsah práce

Minimálně 50 normovaných stran textu bez příloh

Klíčová slova

Kvalita ovzduší, dům dětí a mládeže, celková prašnost, oxid uhličitý

Doporučené zdroje informací

Bartoňová A. 2004. Aktuální otázky znečištění ovzduší. Univerzita Karlova, Praha.

Braniš M, Hůnová I. 2009. Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší. Karolinum. Praha.

Desonie, D. 2007. Atmosphere: Air Pollution and Its Effects. Chelsea House Publications. UK.

Hanáková E. 2008. Práce a zdraví, rizikové faktory pracovního prostředí. Výzkumný ústav bezpečnosti práce. Praha.

Tiwary A, Colls J. 2010. Air Pollution: Measurement, Modelling and Mitigation. Routledge, USA

Vallero DA. 2008. Fundamentals of air pollution. Elsevier. Boston.



Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FAPPZ

Vedoucí práce

doc. RNDr. Petr Pišoft, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra agroekologie a rostlinné produkce

Elektronicky schváleno dne 6. 1. 2020

prof. Ing. Josef Soukup, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 1. 2020

prof. Ing. Iva Langrová, CSc.

Děkanka

V Praze dne 23. 07. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Vývoj kvality ovzduší v DDM v závislosti na využití místnosti“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Jaroměři dne: 22.7.2020

Bc. Andrea Matoušová

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu diplomové práce doc. RNDr. Petru Pišoftovi, Ph.D. za vstřícnost, ochotu a odbornou pomoc při zpracování diplomové práce. Rovněž bych ráda poděkovala paní Nelle Pražákové, majitelce firmy Ekotech - ochrana ovzduší s.r.o., za trpělivý, profesionální přístup, poskytnutí měřicí aparatury a spolupráci při zpracování výsledků měření a v neposlední řadě patří mé poděkování rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

Vývoj kvality ovzduší v DDM v závislosti na využití místnosti

Abstrakt

Obecným cílem této práce bylo analyzovat charakteristiky kvality ovzduší, jako je koncentrace oxidu uhličitého anebo celková prašnost ve vybraných učebnách Domu dětí a mládeže Klíč v Josefově (DDM) se zaměřením na vývoj probíhajících aktivit během kalendářního roku. Zaměřena byla i na změny koncentrací těchto charakteristik v průběhu roku, kdy byly ovlivněny mírou větrání.

V úvodu teoretické části práce byly popsány základní měřené parametry prostředí, jako je oxid uhličitý, teplota a prach. Představena byla metodika měření a popis měřících přístrojů. Další část práce byla věnována popisu jednotlivých místností a jejich využití. V praktické části práce byly zařazeny již konkrétní výsledky měření, které probíhalo intenzivně během celého roku 2019.

Práce měla dva hlavní cíle. Prvním cílem bylo uskutečnit řadu měření pro zjištění stavu koncentrace oxidu uhličitého při cvičení žen v tanečním sále, porovnání výsledků měření z průběhu roku a závěrečné vyhodnocení. Součástí vyhodnocení bylo doporučení dalších postupů, především způsobu větrání, vedoucích ke zlepšení kvality ovzduší v dané místnosti. Druhým cílem bylo zjistit koncentraci prachu v dětské herně nacházející se ve stejném objektu DDM. Zde byla po dobu jednoho roku měřena celková prašnost, vždy při plném provozu, následně byla data porovnána a vyhodnocena s ohledem k ročnímu období měřených hodnot.

Dosažené výsledky:

- ✓ Vytvoření a aplikace základní metodiky měření a analýzy vybraných charakteristik kvality ovzduší, tedy celkové prašnosti, koncentrace oxidu uhličitého a okrajově i teploty vzduchu. Měření bylo prováděno průběžně během jednoho roku.
- ✓ Získaná data byla analyzována, byl určen časový vývoj naměřených veličin. Výsledky byly porovnány s platnou legislativou.
- ✓ Měření bylo zjištěno, že koncentrace prachu je hluboko pod stanoveným limitem, ale koncentrace CO₂ vždy přesáhla doporučený limit 1000 ppm. Na základě tohoto zjištění bylo navrženo konkrétní opatření pro zlepšení kvality ovzduší v tanečním sále, především režim větrání.

Klíčová slova: kvalita ovzduší, dům dětí a mládeže, celková prašnost, oxid uhličitý (CO₂), větrání

Air quality changes in relation to classroom utilization in a house of children and youth

Abstract

The general aim of this thesis was to analyze the characteristics of the air quality, such as the concentration of CO₂ or the overall level of dust in the chosen rooms of Klíč DDM (Afterschool Activities Club) in Josefov focusing on the actual activities over the calendar year. The thesis also dealt with the changes of concentration of these characteristics in the given year which were influenced by the amount of ventilation.

In the Introduction of the theoretical part the basic measured variables of the environment were described, such as CO₂, temperature and dust. The measuring method and the description of the measuring devices were introduced. The next part focused on the description of actual rooms and its usage. The practical part described actual results of the measuring which was carried out intensively throughout the year of 2019.

There were two aims of this thesis. The first aim was to take several measurements to find out what the concentration of CO₂ was during the exercise of ladies in the gym, then to compare the results gained throughout the year and the final conclusion. The part of the evaluation was to recommend the measures, especially the way of ventilation leading to the improvement of air in a given room. The second aim was to find out the concentration of dust in a children playroom in the same facility of DDM. There the overall level of dust was measured throughout the year, always when used most. Consequently the data was compared and evaluated with regard to the season.

The results obtained:

- ✓ The creation and application of the basic methodology of measuring and analysis of the chosen characteristics of the air quality, i.e. the overall level of dust, the concentration of CO₂ and the temperature of air. The measuring was done over a one years' time.
- ✓ The obtained data were analyzed, the change of quantities over time was determined. The results were compared with the valid legislation.
- ✓ During the measuring it was found out that the concentration of dust was highly under the allowed limit but the concentration of CO₂ always exceeded the recommended limit 1000 ppm. Based on these findings a certain measurement to improve the air quality was suggested for the gym, especially the ventilation.

Key words: quality of climate, the House for children and youngsters, total dustiness, carbon dioxide (CO₂), ventilation

Obsah

1 Úvod	15
1.1 Metodika práce	16
1.2 Hypotézy a cíle	16
2 Základní měřené parametry prostředí	17
2.1. Oxid uhličitý (CO₂)	17
2.1.1 Zdroje CO ₂	18
2.1.2 CO ₂ v interiéru	19
2.1.3 Vliv koncentrace CO ₂ na člověka	19
2.1.4 Způsoby snižování koncentrace oxidu uhličitého v interiéru	20
2.2 Teplota.....	21
2.2.1 Optimální teplota v místnosti	22
2.2.2 Tepelná pohoda	23
2.3 Prach.....	23
2.3.1 Základní rozdělení prachu.....	24
2.3.2 Další dělení prachu	25
2.3.3 Zdroje prachu	26
2.3.4 Účinky prachu na lidský organismus.....	27
2.3.5 Negativní vliv na životní prostředí	27
3 Metodika práce pro měření CO₂ a teploty	28
3.1 Popis odběrového místa - taneční sál.....	28
3.1.1 Popis činnosti - taneční sál.....	29
3.2 Použitá odběrová zařízení pro měření CO₂	29
4 Metodika práce pro měření prachu.....	32
4.1 Popis odběrového místa - dětská herna.....	33
4.1.1 Popis činnosti - dětská herna.....	33
4.2 Odběrové čerpadlo, hlavice, filtr	34
4.2.1 Volba doby trvání odběru	36
4.2.2 Kompletace odběrové aparatury.....	36
5 Dokumentace odběru	37
5.1 Zápisy z měření CO₂ a teploty	37
5.2 Zápisy z měření prachu	38
5.2.1 Výpočty.....	39
6 Výsledky měření.....	40
6.1 Měření CO₂	40
6.1.1 Výsledky dotazníkového průzkumu (CO ₂).....	62
6.2 Měření prachu.....	63
6.2.1 Výsledky měření prachu	66

7 Diskuze	69
8 Závěr	71
Seznam použitých zdrojů - knihy, tiskopisy, články, internet	73
Seznam dalších použitých zdrojů - legislativa (vyhlášky, normy)	80
Seznam použitých symbolů a zkratk	82
Přílohy	83

1 Úvod

Jednou ze základních potřeb člověka je dýchání. S tím je úzce propojena kvalita vnitřního ovzduší. Složení a kvalita vnitřního ovzduší je velmi diskutovaný problém posledních let. Snaha o snižování energetické náročnosti budov s sebou přináší řadu problémů se snižováním provzdušňenosti objektu. V posledních letech byla vypracována řada studií s měřením kvality vzduchu ve školních i kancelářských prostorách. Jedním z hlavních ukazatelů kvality vzduchu ve vnitřním prostředí je koncentrace oxidu uhličitého (CO₂). V objektech škol a kanceláří je přípustná koncentrace 1500 ppm CO₂, což je uvedeno ve vyhlášce č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby (dále jen vyhláška č. 268/2009 Sb.). Ale již při koncentraci CO₂ 1000 ppm nastávají u lidí příznaky únavy a snižování koncentrace.

V této práci monitoruji jako první veličinu koncentraci oxidu uhličitého v tanečním sále střediska volného času Domu dětí a mládeže Klíč v Josefově (DDM), kde pracuji na pozici vedoucí oddělení sportu, techniky a přírodovědné zájmové činnosti pro děti, mládež a dospělé zájemce v jejich volném čase. Monitorování koncentrace CO₂ probíhalo vždy po dobu jedné hodiny při lekci cvičení pilates pro ženy během kalendářního roku 2019. V první polovině roku (leden-červen) probíhalo měření bez otevřených oken nebo jiného způsobu větrání. V druhé polovině roku (září-prosinec) byla místnost při měření větrána okny.

Druhá část práce se zabývá monitoringem koncentrace prachových částí v dětské herně ve stejném středisku volného času. Toto měření probíhalo jeden vybraný den v měsíci, po dobu téhož roku (2019), a to za plného využití místnosti dětmi.

Tato práce má za úkol poskytnout komplexní představu o vývoji koncentrace CO₂ během hodiny cvičení pilates pro ženy a o vývoji koncentrace prachu v herně, kde tráví svoje volno převážně děti, které navštěvují různé zájmové činnosti nabízené DDM.

V závěru práce je doporučena četnost větrání s ohledem na koncentraci CO₂ a potvrzení tohoto předpokladu opětovným opakovaným měřením.

1.1 Metodika práce

Zjišťovala jsem kvalitu vnitřního prostředí ve dvou místnostech DDM Klíč. Prvním odběrovým místem (1. OM) byl taneční sál, druhým odběrovým místem (2. OM) byla dětská herna. Měření probíhalo od ledna 2019 do prosince 2019. Měřeny byly veličiny určující pohodu člověka, a to CO₂, teplota a prach.

Na prvním odběrovém místě byla měřena koncentrace CO₂ a teplota. Měření probíhalo vždy po dobu minimálně jedné hodiny. To koresponduje s délkou cvičení pro ženy, které bylo vedeno během měření. V první části práce jsem provedla deset měření. Po vyhodnocení výsledků jsem provedla dalších deset měření za shodných podmínek, tedy počet žen cvičících v místnosti a délky měření. Během druhého bloku cvičení bylo navrženo větrání po dobu jedné minuty. Výsledky těchto měření byly zaznamenány.

Na druhém odběrovém místě byla měřena koncentrace prachu. Toto měření probíhalo v dětské herně po dobu, kdy byla herna obsazena účastníky činnosti, čímž se zajišťovalo víření prachu. Měření bylo prováděno v průběhu jednoho roku, mimo letní prázdniny, kdy v DDM neprobíhá pravidelná činnost ani cvičení.

1.2 Hypotézy a cíle

1. Předpokládáme, že koncentrace CO₂ během měření bez větrání přesáhne hodnotu 1000 ppm, což bereme pro účely této diplomové práce jako hraniční.
2. Domníváme se, že během používání místnosti „taneční sál“ vystoupne hodnota CO₂ nad 1000 ppm a bude pak dostačující větrání po dobu jedné minuty, aby hodnota klesla pod námi stanovenou mez.
3. Záměrem je kvantifikovat rozdíl mezi hodnotou CO₂ při používání tanečního sálu bez větrání a s režimem větrání. Následně navrhnout režim větrání během používání tanečního sálu.
4. Předpokládáme naměřenou koncentraci prachových částic pod přípustným expozičním limitem.
5. Cílem je vyjádření, jaké roční období je z hlediska prachu uvnitř budovy nejhorší a návrh řešení v případě hraniční koncentrace prachových částic.

Záměrem této práce bylo analyzovat faktory podílející se na kvalitě vnitřního prostředí učeben DDM Klíč. Jednotlivá měření samostatně vyhodnotit a v závěru provést komplexní hodnocení celého dlouhodobého měření, stanovení koncentrace oxidu uhličitého a prachu, porovnání s limitními hodnotami, návrh na zlepšení kvality vnitřního prostředí, pokud nebude dle výsledků vyhovovat.

2 Základní měřené parametry prostředí

2.1. Oxid uhličitý (CO₂)

Oxid uhličitý (dříve kysličník uhličitý) je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu; při vyšších koncentracích může mít v ústech slabě nakyslou chuť. Je těžší než vzduch. V pevném skupenství je znám také jako suchý led. Jeho molekula je tvořena jedním atomem uhlíku a dvěma atomy kyslíku, jak je patrné z obrázků 1, 2 a 3 (Yale University 2016).

Pro udávání množství oxidu uhličitého se nejčastěji používá jednotka ppm (parts per milion). Přípustná hodnota v interiéru se pohybuje do 1500 ppm dle vyhlášky č. 268/2009 Sb.

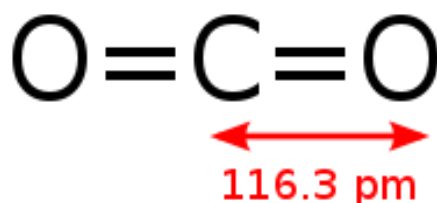
Oxid uhličitý je běžnou součástí zemské atmosféry a jeho koncentrace v ovzduší se pohybuje kolem 0,035 – 0,04 % tedy 350 až 400 ppm.

Samozřejmostí je, že v městských oblastech je tato hodnota vyšší a může dosáhnout i hodnoty kolem 450 ppm. (Hůnová & Janoušková 2004; Turanjani et al. 2014).

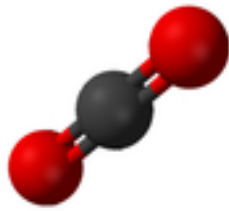
Oxid uhličitý je za běžných podmínek stabilní plyn rozpustný ve vodě, který nehoří. Při hodnotách přesahující hodnotu 1000 ppm ve vnitřním prostředí může vyvolat pocity únavy, nesoustředěnosti a pocit vydýchaného vzduchu. Při mnohonásobném překročení přípustné hranice působí na člověka dusivě (Jokl 2002).

Koncentrace CO₂ v ovzduší závisí na místních podmínkách, např. na výšce nad zemským povrchem, relativní vlhkosti vzduchu či znečištění automobilovou dopravou, průmyslem atd. V důsledku průmyslových antropogenních emisí však průměrná koncentrace CO₂ ve vzduchu stále vzrůstá, každý rok zhruba o 2 ppm (Cortés-Borda et al. 2015). Množství oxidu uhličitého v atmosféře se za uplynulých 150 let zvýšilo přibližně o 110 ppm (z 280 na 390 ppm).

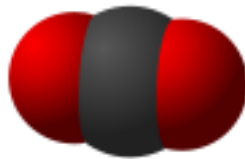
Vnitřní prostředí ovlivňuje z velké části naše zdraví. Hlavní ukazatelem kvality vnitřního mikroklimatu je koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu. Zvýšená koncentrace CO₂ je často spojována s výskytem bolesti hlavy, astmatu, respiračních onemocnění, příznaků onemocnění horních dýchacích cest, kašle, dýchavičnosti, poruchami dýchání, alergickými rýmami, zánětem průdušek a zhoršení výkonu či soustředění (Csobod et al. 2014).



Obrázek 1: 2D schéma molekuly CO₂ (Yale University 2016)



Obrázek 2: Struktura CO_2 (Yale University 2016)



Obrázek 3: 2D model molekuly CO_2 (Yale University 2016)

2.1.1 Zdroje CO_2

CO_2 je běžným kontaminantem vnitřního ovzduší. Jeho zdrojem je především sám člověk. Ten, stejně jako jiné živé organizmy, vylučuje oxid uhličitý při dýchání. Hlavním zdrojem oxidu uhličitého ve vnitřním prostředí je dýchání (Rosina et al. 2006).

Člověk dýcháním odebírá z ovzduší kyslík a předává ho do krevního oběhu. Dýchací systém z krve odstraní nepotřebné látky, jako je CO_2 a voda a vydechnutím je vypouští do ovzduší (Krejsová 2013). Rosina et al. (2006) dále uvádí, že dospělý člověk za normálních okolností v klidu přijímá cca 250 ml kyslíku a vydává cca 200 ml oxidu uhličitého za jednu minutu.

Dalším zdrojem CO_2 mohou být jiné živé organizmy, např. domácí zvířata a rostliny, plynové spotřebiče či jiná zařízení, v nichž dochází ke spalování (Šubrt et al. 2011).

V přírodě vzniká oxid uhličitý přirozeně, např. únikem ze sopek, buněčným dýcháním, tlením, hnitím či kvašením. Výrazný nárůst množství CO_2 byl způsoben především spalováním fosilních paliv - ropa, zemní plyn, uhlí, ale i rozvojem živočišné výroby, převážně rostoucím množstvím hospodářských zvířat (Braun & Lawrence 2006).

„Oxid uhličitý je díky své schopnosti absorbovat infračervené záření nejvýznamnějším skleníkovým plynem hned po vodní páře. Zajímavé též může být, že díky rozpustnosti oxidu uhličitého ve vodě (za vzniku slabé kyseliny uhličitě) není dešťová voda pH neutrální, ale mírně kyselá. Opomenout nelze ani jeho biologickou úlohu jako látky nezbytné pro existenci zelených rostlin a tím i většiny vyššího života na Zemi.“ (Pišoft 2018).

2.1.2 CO₂ v interiéru

Pro interiér byla doporučena limitní hodnota koncentrace oxidu uhličitého 1000 ppm zavedená Maxem Josephem von Pettenkoferem. Z této hodnoty bylo odvozeno minimální množství větracího vzduchu v interiéru 25 m³/hod na osobu (Novák 2008).

Podle dosavadních výzkumů způsobují koncentrace okolo 1000 ppm pocit ospalosti a vydýchaného vzduchu (odlišné u různých osob). Tato hranice se nazývá, podle svého objevitele, Pettenkoferovo kritérium a nad tuto koncentraci se nám může vzduch zdát vydýchaný a těžký, u některých osob se objevuje pocit únavy a ospalosti (Papež et al. 2005). Pro zvyšující se koncentrace do 5000 ppm je typická bolest hlavy, nad 5000 ppm mohou osoby vystavené této koncentraci počítat s přímým zdravotním rizikem (Colton et al. 2014).

Nejvyšší koncentrace bývají ráno v pokojích určených ke spaní, kdy jsou lidé v uzavřené místnosti a nevětrají. V ostatních objektech jsou koncentrace oxidu uhličitého závislé na obsazenosti lidmi. Čím více lidí se v objektu bude vyskytovat, tím více se bude koncentrace oxidu uhličitého zvyšovat, proto bude nutné větrat (koncentrace oxidu uhličitého se také přímo úměrně zvyšuje s tělesnou zátěží člověka).

Pro porovnání ve venkovním prostředí, kde je špatná kvalita vzduchu, se vyskytují koncentrace oxidu uhličitého běžně kolem 350 až 400 ppm, v centru měst kolem 450 ppm. V prostředí, v němž je dobrá kvalita vzduchu, je koncentrace oxidu uhličitého do 350 ppm. U moře je koncentrace oxidu uhličitého 300 až 340 ppm. (Rosina et al. 2006).

Objekty občanské výstavby postavené v současné době se již vybavují čidly na měření kvality vnitřního prostředí. Tato čidla většinou měří vnitřní teplotu, relativní vlhkost vzduchu a již zmiňovanou koncentraci oxidu uhličitého, popř. těkavé organické látky (VOC). Dle koncentrace oxidu uhličitého v interiéru pak dochází k výměně vzduchu buď otevřením oken, nebo zapnutím vzduchotechniky. Čidla jsou nastavena na určitou hodnotu koncentrace oxidu uhličitého a při dosažení této hodnoty se na čidle rozsvítí kontrolka nebo se automaticky sepne vzduchotechnika. Toto vybavení však u starších budov není, přitom jsou budovy rekonstruovány dle současných technických požadavků a možností. Lidé současnosti tráví většinu svého času v uzavřených objektech – člověk žijící ve městě až 90 % času (Frontczak & Wargocki 2011; Almeida & Wolterbeek 2014; Colton et al. 2014).

2.1.3 Vliv koncentrace CO₂ na člověka

Kolik CO₂ je už příliš? Přestože je oxid uhličitý neviditelný a bez zápachu, je jeho zvýšená úroveň zřejmá, protože dochází k únavě a k poklesu schopnosti koncentrace. Zejména v prostorách s větším množstvím lidí, jako jsou například školská zařízení, kanceláře, divadla, zdravotnická zařízení, je negativní dopad zvýšené koncentrace CO₂ ve vzduchu velmi znatelný (Rubin 2008).

Koncentrace CO₂ do 5000 ppm nepředstavují vážné nebezpečí pro lidské zdraví. Ovšem podle výzkumů dochází při zvýšené koncentraci CO₂ k ospalosti, letargii, únavě a poklesu schopnosti koncentrace a k nepříjemnému pocitu vydýchaného vzduchu (viz tabulka 1).

Některé výzkumy zkoumají spojitost mezi zvýšenou koncentrací CO₂ ve vzduchu a poklesem produktivity činnosti a výkonnosti. Doporučená koncentrace CO₂ ve vzduchu by měla být udržována na, respektive spíše pod hodnotou 1000 ppm (Colton et al. 2014).

Tabulka 1: Vliv koncentrace CO₂ na člověka (upraveno dle Coltona et al. 2014)

360-400 ppm	- čerstvý vzduch v přírodě
800-1000 ppm	- doporučená úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorech
> 1000 ppm	- nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
5000 ppm	- maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
35 000-50 000 ppm	- vydechovaný vzduch dospělého člověka

2.1.4 Způsoby snižování koncentrace oxidu uhličitého v interiéru

Nejjednodušším způsobem snižování koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší interiéru je přirozené větrání. Při větrání dochází k odvodu vzduchu s vyšším obsahem CO₂ z interiéru a místo něj je přiváděn dovnitř vzduch s nižší koncentrací CO₂. U starých netěsných oken docházelo k infiltraci vzduchu skrze tyto netěsnosti a vzduch byl neustále ředěn. Pokud dojde k větší koncentraci osob uvnitř místnosti, je dostačující přirozené větrání okny. Jde o neefektivní regulaci, neboť při delším pobytu v místnosti se člověk na dané prostředí adaptuje a nevnímá zhoršující se kvalitu vzduchu. Lidé navíc vnímají čistotu vzduchu i kvalitu vnitřního prostředí různě, každý má jiné požadavky a hranice přípustnosti (Zikan 2003).

Tento způsob větrání je neřízený, není možná regulace podle potřeby a okamžité koncentrace škodlivin v místnosti. Tento způsob výměny vzduchu má ještě další nevýhodu. V zimních měsících dochází totiž společně se vzduchem i k odvodu tepla, které je nutné doplnit vytápěcím systémem (Rosina et al. 2006).

„Smyslem větrání je zajistit dostatečnou kvalitu vzduchu uvnitř budovy. Větrání musí zajistit zejména přívod dostatečného množství vzduchu pro dýchání a odvod vlhkosti a škodlivin uvolňovaných v budově. V případě obytných budov je zásadním problémem odvod škodlivin.“ (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.).

Druhým možným způsobem snižování koncentrace CO₂ v interiéru je nucené větrání pomocí vzduchotechniky. Dochází tak k řízenému větrání. Nejlepší způsob řízení nuceného větrání je pomocí čidla, které snímá koncentraci oxidu uhličitého. Pomocí tzv. rekuperace

Rekuperace = zpětné získávání tepla. Přiváděný venkovní čerstvý vzduch prochází přes rekuperační výměník uvnitř vzduchotechnické jednotky, do kterého z druhé strany vstupuje teplý odpadní vzduch z objektu. Obě vzdušniny jsou od sebe dokonale odděleny soustavou kanálků, aby nedocházelo ke zpětnému průniku pachů z odváděného do přívodního vzduchu. Přes stěny kanálů teplo z odpadního vzduchu přechází do přívodního, který je tak předehříván. Rekuperační výměníky dosahují vysokých účinností předání tepla, běžně kolem 90 %. Při použití řízeného větrání za použití čidel koncentrace CO₂ je čerstvý vzduch přiváděn, pouze je-li potřeba (Papež 1997; Papež et al. 2005).

2.2 Teplota

Teplota je charakteristika tepelného stavu hmoty. V obecném významu je to vlastnost předmětů a okolí, kterou je člověk schopen vnímat a přiřadit jí pocity studeného, teplého či horkého. V přírodních a technických vědách a jejich aplikacích je to intenzivní veličina, která je vzhledem ke svému pravděpodobnostnímu charakteru vhodná k popisu stavu ustálených makroskopických systémů. Teplota vzduchu patří k těm nejdůležitějším údajům sledovaným meteorologickými ústavy po celém světě. Je to jedna ze zásadních termodynamických veličin, která popisuje tepelné jevy. Termodynamická teplota je základní veličinou z mezinárodní soustavy jednotek SI, která se značí jednotkou Kelvin (K) a vedlejší jednotkou stupeň Celsia (°C). Soustava SI znamená v překladu z francouzštiny „Mezinárodní systém jednotek“, což je mezinárodně domluvená soustava jednotek fyzikálních veličin. Nejnižší možnou teplotou je teplota absolutní nuly (0 K; -273,15 °C), ke které se lze libovolně přiblížit, avšak nelze jí dosáhnout.

V naší zemi se teplota vzduchu měří ve stupních Celsia (°C), naopak v zahraničních zemích se používají jednotky odlišné, například stupeň Fahrenheita (°F). K měření teploty se používají teploměry. Teplota patří mezi nejdůležitější složky vnitřního prostředí vzhledem ke zdraví a spokojenosti lidí, ale také ve vztahu k životnosti stavebních materiálů, budov a technologií (Klusáková & Lacina 2001). Dále má teplota vzduchu značný vliv na pocit člověka, který odpovídá změně tepelné pohody, a tím může dojít i k značnému diskomfortu, jenž může mít mnohem větší následky na subjektivní vnímání nepohody z vnějšího okolí, než jiné škodliviny, například hluk nebo nežádoucí obtěžující zápach (Šapošnikov 1964).

2.2.1 Optimální teplota v místnosti

V místnosti není důležitá jen sama teplota ovzduší, ale také prostorové rozložení teplot. Ideální teplota uvnitř budovy je během zimního období pro oblečeného člověka 20-22 °C a přes letní období 26 °C ± 2 °C. Vnitřní teplota v budově přes léto je závislá především na venkovní teplotě. Optimální rozdíl mezi teplotou uvnitř a venku během léta je 4-6 °C, tento rozdíl není rizikový z hlediska onemocnění. Dosažení optimální teploty předpokládá vytápění v zimě a chlazení v létě, alespoň skrze ochranu před nadměrným zářením slunce, např. žaluziemi či závěsy. Teplota v místnosti by neměla klesnout pod 16 °C, protože pak se snižuje obranyschopnost organismu vůči respiračním onemocněním. (Jokl 2002; Lajčiková & Mathauserová 2006; Rubin 2008). V těchto vnitřních zařízeních musí být dodržena relativní vlhkost vzduchu 40 až 60 %. Ve školském prostředí jsou parametry upraveny vyhláškou č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělání dětí a mladistvých (viz tabulka 2).

Tabulka 2: Parametry teploty ve školském prostředí (Vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělání dětí a mladistvých)

Typ prostoru	Výsledná teplota		
	Minimální	Optimální	Maximální
učebny, pracovny, klubovny, místnosti k delším pobytům	20	22 ± 2	28
tělocvičny	18	20 ± 2	28
šatny	20	22 ± 2	28
sprchy, umývárna	24	-	-
záchody	18	-	-
chodby	18	-	-

2.2.2 Tepelná pohoda

Tepelná pohoda je pojem, který vysvětluje, jak člověk pocitově vnímá okolí v prostředí, v němž se nachází. Jelikož je produkce tepla u každého jednotlivce rozdílná a je proměnlivá v závislosti na různých činnostech, musí být zajištěn odvod produkovaného tepla člověka do prostoru přirozeně, aby nedošlo ke zvýšení teploty těla. Zároveň nesmí být tento odvod tepla příliš silný, protože by mohlo dojít k ochlazení na hranici nepříjemného pocitu (Frontczak & Wargocki 2011).

Jiný zdroj uvádí, že teplota podstatně ovlivňuje pohodu člověka a předpokladem tepelné pohody je vyrovnaný stav toku tepla mezi člověkem a prostředím bez viditelného pocení, nebo naopak bez pocitu chladu a bez použití ochranných termoregulačních procesů lidského těla. Tepelná pohoda je také ovlivněna rychlostí proudění vzduchu, rychle proudící vzduch snižuje pocitovou teplotu. Tepelná pohoda znamená, že je dosaženo takových tepelných poměrů, kdy člověku není ani chladno, ani příliš teplo, jedinec se cítí příjemně. „*Tepelná pohoda je stav mysli, jenž vyjadřuje spokojenost s teplotním klimatem a který vychází ze subjektivního hodnocení.*“ (Cihelka 1985).

Dvě hlavní metody používané pro zjišťování tepelné pohody u lidí:

- ✓ Měření fyziologických změn člověka, jako je pocení, vlhkost pokožky nebo její teplota. Měření probíhá v laboratořích, v klimatické komoře.
- ✓ Dotazník, kdy dotazovaní subjektivně odpovídají na otázky týkající se převážně vnímání teploty a současně se měří parametry vzduchu v místnosti. Tato metoda se používá hlavně v interiérech běžně obydlených lidmi, tedy v konkrétní budově při běžném provozu.

Ne vždy však budou všichni spokojeni. Tepelná rovnováha (neutralita) nemusí nutně znamenat tepelnou pohodu pro všechny, což se potvrzuje i v dotazníkovém šetření v kapitole 6.1.1 Výsledky dotazníkového průzkumu z měření (CO₂).

2.3 Prach

Polévatý prach (PM₁₀) je nesprávný překlad anglického termínu „particulate matter (PM₁₀)“ uvedeného v původním znění Regulations (EC) 166/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 January 2006 concerning the establishment of a European pollutant release and transfer register and amending Council Directives 91/689/EEC and 96/61/EC).

Pojem „particulate matter“ se překládá do češtiny dvěma způsoby podle oblasti využití tohoto pojmu:

- ✓ Při hodnocení znaků kvality volného ovzduší (tj. venkovního, vnitřního a pracovního) se tento pojem překládá jako aerosolové částice (všechny částice v daném objemu vzduchu), (ČSN EN 12341).

- ✓ Při posuzování odpadních plynů se pojem překládá do češtiny jako tuhé znečišťující látky (Zákon o ochraně ovzduší 86/2002).

Je třeba poznamenat, že určitá nejednotnost panuje i v mezinárodních normách, např. mezinárodní norma (ČSN ISO 4225) uvádí pojem „prach“ (dust) jako malé tuhé částice o průměru pod 75 μm , které se vlastní hmotností usazují, ale mohou zůstat v suspendovaném stavu po jistou dobu a dále „prach“ (grit) jako polévaté tuhé částice přenášené v ovzduší nebo v odpadních plynech.

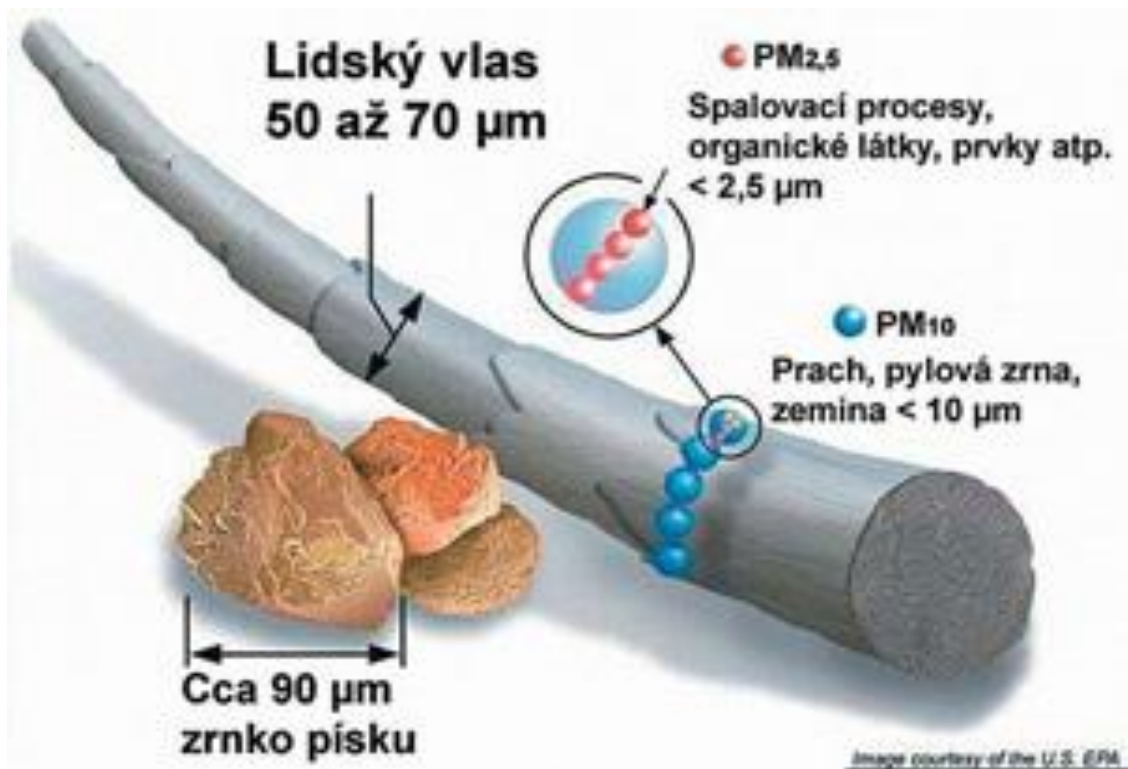
2.3.1 Základní rozdělení prachu

Polévatý prach PM je pojem pro mikročástice o velikosti několika mikrometrů (μm).

Běžně se rozlišuje PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a $\text{PM}_{1,0}$:

- ✓ PM_{10} označuje polévatý prach o velikosti menší než 10 mikrometrů, což je méně než šířka jednoho lidského vlasu (viz obrázek 4). Místo zachytu závisí na jejich velikosti. Větší částice se zachycují na chloupkách v nose a nezpůsobují větší potíže. Částice menší se mohou usazovat v průduškách a způsobovat zdravotní problémy, např. chronickou bronchitidu a chronické plicní choroby.
- ✓ $\text{PM}_{2,5}$ značí částice menší než 2,5 mikrometru v průměru, nazývají se "jemné". Tyto částice jsou tak malé, že mohou být detekovány pouze s elektronovým mikroskopem. Zdroje jemných částic zahrnují všechny typy hoření, včetně spalování pohonných hmot v motorech vozidel, spalování fosilních paliv v elektrárnách, produkty ze spalování dřeva v rodinných domech, lesní požáry, zemědělské pálení a některé průmyslové procesy.
- ✓ $\text{PM}_{1,0}$ určuje částice, které jsou menší než 0,1 mikrometr. Jsou pojmenovány jako velmi jemné někdy i ultrajemné částice. Přispívají pouze několika procenty k celkové hmotnosti, i když jsou nejpočetnější, což představuje více než 90 % z počtu částic. Částice menší než 1 μm mohou vstupovat přímo do plicních sklípků, proto jsou tyto částice nejnebezpečnější.

Kromě chemických, fyzikálních a biologických vlastností má velký význam z hlediska ohrožení lidského zdraví velikost částic prachu. Pro zhodnocení zdravotního rizika je důležitá skutečnost, jak hluboko se částice dostanou do dýchacího ústrojí. Na částice polévatého prachu se vážou těžké organické látky (VOC – z anglického názvu volatile organic compounds), které pak v organismu působí toxicky. Inhalace PM_{10} poškozuje hlavně kardiovaskulární a plicní systém. Dlouhodobá expozice snižuje délku dožití a zvyšuje kojeneckou úmrtnost. Může způsobovat chronickou bronchitidu a chronické plicní choroby. V důsledku absorpce organických látek s mutagenními a karcinogenními účinky může expozice PM_{10} způsobovat rakovinu plic (Hnilicová et al. 2009).



Obrázek 4: Porovnání polétavého prachu s lidským vlasem, zrnkem písku a zeminou (<http://www.cistenebe.cz/stav-ovzduši-na-ostravsku/slovnicek-pojmu/13-poletavy-prach-pm10-pm25-pm10>)

2.3.2 Další dělení prachu

Prach lze dělit podle různých kritérií, základní dělení je na toxický a netoxický. Podle původu ho lze rozdělit na skupiny, od kterých se pak odvíjejí účinky na lidský organismus. Následné dělení prachu podle účinků je v předpisech používáno při hodnocení prašnosti v pracovním prostředí.

Z hlediska působení prachu na člověka se netoxické prachové částice dělí:

- ✓ Prach s převážně nespecifickým účinkem [22] - baryt, cement, sádra, saze, půdní prachy, ocelářská struska, oxidy železa
- ✓ Prach s fibrogenním účinkem - slída, saze, talek, svářečské dýmy, bentonit
- ✓ Prach s převážně fibrogenním účinkem - křemen, kristobalit, tridymitnebo gama-oxid hlinitý (<http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/prasnost-na-pracovisti-1>)

- ✓ Prach s dráždivým účinkem (případně senzibilizujícím účinkem)
 - textilní (bavlna, len, juta, syntetická textilní vlákna, kapok, sisal, hedvábí)
 - minerální (oxid vápenatý a hořečnatý, cement, uhličitany alkálií)
 - živočišný (srst, vlna, peří a jiné živočišné prachy)
 - rostlinný (obilný prach, prachy ze dřeva, káva, koření, tabák, čaj, mouka)

 - ✓ Minerální vláknité prachy
 - přírodní (azbest)
 - umělé (keramická a skleněná vlákna)
- <https://www.pevi.cz/cz/zajimavosti-z-oboru/prasnost-na-pracovisti-i>

Expozice prašných částic a jejich zdravotní účinky mohou mít různou formu. Styk pokožky s některými prachy, jako je většina organických prachů a některé anorganické a vláknité prachy, může způsobovat podráždění nebo alergické odezvy, zvláště u citlivých osob. Hlavní a nejčastější cestou vstupu prachu do lidského organismu jsou dýchací cesty. Hrubé prachové částice jsou zadržovány v horních cestách dýchacích. Pohybem řasinkového epitelu, kterým je vystlána nosní dutina, se dostávají s hlenem do nosohltanu a jsou spolknuty, vykašlány nebo vykýchány. Větší částice postupně v dýchacích cestách sedimentují (horní cesty dýchací zachytí většinu částic větších než 5 μm), menší částice pronikají hlouběji. Se zmenšující se velikostí částic pravděpodobnost průchodu do plicních sklípků stoupá, pro částice velikosti 3 μm je tato pravděpodobnost vyšší než 50%. Frakce prachu tvořená malými částicemi, které lze vdechnout až do plic, je z hlediska zdravotního rizika nejnebezpečnější (Hnilicová et al. 2009; Villanyi 2010).

2.3.3 Zdroje prachu

Drobné částice prachu menší než 10 μm jsou schopné volného pohybu v atmosféře. Přirozeně se částice do atmosféry uvolňují při vulkanické činnosti, požárech, erozi nebo z mořské vody. Mezi antropogenní zdroje pak patří především spalovací procesy. K nejvýznamnějším primárním zdrojům prašnosti patří domácí topeniště a doprava. Vliv průmyslu je patrný hlavně v lokalitách s jeho vysokou koncentrací (severní Čechy, Ostravsko).

Velikost a tvar částic se mění. Částice PM_{10} jsou tvořeny komplexní směsí mnoha různých druhů látek včetně sazí (uhlíku), částic síranů, kovů a anorganických solí jako je i mořská sůl. Významným zdrojem je tzv. sekundární prašnost, zvíření již usazeného prachu (těžba, doprava, stavebnictví).

V domácnosti může být zdrojem polétavého prachu například svíčka, lak na vlasy, nebo jen hořící vařič. Prachové částice jsou palčivý problém současnosti.

Ke snižování množství prachových částic se ČR zavázala v rámci Úmluvy o dálkovém znečišťování ovzduší přecházejícím hranice států. CLRTAP – je zkratka dané úmluvy a je významným nástrojem k omezení přenosu látek znečišťujících ovzduší na velké vzdálenosti. Má rámcový charakter a vlastní omezování znečišťování ovzduší je prováděno na základě

postupně přijímaných konkrétních protokolů, kterých bylo přijato osm. Úmluva byla sjednána v rámci Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů 13. listopadu 1979 v Ženevě a v současné době má 51 smluvních stran. Pro Československo vstoupila úmluva v platnost 22. března 1984. Česká republika se smluvní stranou stala ode dne svého vzniku, tedy od 1. ledna 1993, kdy převzala závazky Československa, a je smluvní stranou i všech osmi protokolů (Doležilková 2010).

2.3.4 Účinky prachu na lidský organismus

Vliv prachu na lidské zdraví závisí na velikosti částic, jejich tvaru a chemickém složení. PM_{10} jsou schopny pronikat do dolních cest dýchacích, částice $PM_{2,5}$ pronikají do průdušinek, částice $PM_{1,0}$ do plicních sklípků. V případě nanočástic můžeme hovořit o pronikání až do krevního řečiště.

Aerosolové částice obsažené ve vdechovaném vzduchu mají široké spektrum účinků na srdečně-cévní a respirační ústrojí. Dráždí sliznici dýchacích cest, mohou způsobit změnu struktury a funkce řasinkové tkáně, zvýšit produkci hlenu a snížit samočisticí schopnosti dýchacího ústrojí. Tyto změny omezují přirozené obranné mechanismy a usnadňují vznik infekce. V roce 2013 zařadila Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) prašný aerosol mezi prokázané lidské karcinogeny skupiny 1, přispívající ke vzniku rakoviny plic (<https://arnika.org/poletavy-prach-pm10>).

Vysoké koncentrace prachu v ovzduší způsobují usazování prachových částic v očích, nosu a ústech a s tím spojené nepříjemné pocity. Dlouhodobá expozice těmito koncentracím i u prachu bez specifických účinků (někdy nazývanému "inertní") přetěžuje samočisticí mechanismy plic, snižuje celkovou obranyschopnost člověka a přispívá ke vzniku chronického zánětu průdušek. Kromě mechanického působení těchto částic i jejich odstraňování způsobuje poranění pokožky nebo sliznic.

Nadměrné vdechování polévatého prachu způsobuje:

- ✓ astma, plicní choroby, rakovinu plic
- ✓ poškození nenarozených dětí již v prvním měsíci těhotenství, častější onemocnění dýchacích cest u dětí
- ✓ ve vyšším věku zvyšuje počet onemocnění cukrovkou, vysokým krevním tlakem a různými srdečními onemocněními

2.3.5 Negativní vliv na životní prostředí

Z ovzduší se aerosol dostává do ostatních složek životního prostředí pomocí suché nebo mokré atmosférické depozice. V principu platí, že čím menší průměr částice má, tím déle zůstane v ovzduší. Částice o velikosti přes 10 μm sedimentují na zemský povrch v průběhu několika hodin, zatímco částice jemnější (menší než 2,5 μm) mohou v atmosféře setrávat týdny, než jsou mokrou depozicí odstraněny (Adamec et al. 2008).

3 Metodika práce pro měření CO₂ a teploty

Měření bylo prováděno v intervalu od února 2019 do prosince 2019 tak, aby pokrylo co možná nejvíce různých proměnných, tedy venkovní teploty a počtu lidí v místnosti. Měření bylo provedeno 10x a pak byla stanovena hypotéza, která byla na podzim ověřena opětovným desetinásobným měřením s co nejvíce shodnými parametry, tedy počtem osob v tanečním sále. Měření probíhalo vždy minimálně hodinu. K měření byl použitý přístroj TESTO 435 se sondou IAQ, jež je schopna změřit hodnotu koncentrace CO₂ a teplotu.

Prvních deset měření probíhalo za totožných podmínek, tedy cvičení žen, kdy při dané lekci nebylo otevřené okno, jak bývá standardně. Koncentrace oxidu uhličitého a hodnota teploty byla měřena v dýchací zóně člověka, cca 120 cm nad podlahou, vždy na stejném místě na parapetu okna. Tato měření byla provedena v první polovině roku 2019. V druhé polovině roku 2019 probíhala následná měření s tím rozdílem, že byla nastavena intenzita větrání v době, kdy koncentrace CO₂ dosahovala hodnoty 1000 ppm. V tu dobu byla otevřena dvě okna tak, aby vznikl průvan. Větrání bylo prováděno po dobu jedné minuty. I během tohoto větrání byla měřena hodnota koncentrace CO₂. Sonda byla umístěna tak, aby nevadila cvičícím ženám. Měření vždy trvalo po dobu minimálně 60 minut.

3.1 Popis odběrového místa - taneční sál

Taneční sál se nachází v prvním patře budovy bývalé školy v pevnostním městě Josefov. Místnost je určena převážně pro cvičení a tanec, podlahu tvoří parkety. Rozměrově je tento sál 13,20 m dlouhý, 6,50 m široký a 4,20 m vysoký. Jsou zde čtyři velká dvoukřídlá okna, včetně malých ventilačních oken nad nimi, pod okny je stejný počet radiátorů. Naproti na zdi je v dřevěné liště připevněno deset zrcadel těsně vedle sebe. Dále se v místnosti nacházejí dva reproduktory zavěšené na zdi, umístěné zprava a zleva nad zrcadly, propojené s aparaturou, která stojí na stolku při příchodu do místnosti jedinými dveřmi vpravo u okna. Pod tímto stolkem jsou vyskládané cvičící podložky. Na protilehlé straně sálu stojí dvě skříňky na ukládání sportovních a cvičebních pomůcek, nad nimi je napevno přidělaná kovová tyč, držící gumové míče – gymbaly, určené ke cvičení a protahování zad. Velkých míčů je v horním patře 18 kusů, to odpovídá i kapacitě osob, které se pohodlně vejdou do tanečního sálu při různých typech cvičení a tančení.

Místnost má okna směrem do ulice, je součástí bloku domů, nachází se zhruba uprostřed. Nad tímto sálem je ve druhém patře stejně velká místnost s koberci na parketové podlaze. Přes teplé měsíce je uvnitř velké teplo, protože je místnost směřována na západ. Pro tyto účely má každé ze čtyř oken po obou stranách připraveny vertikální žaluzie.

3.1.1 Popis činnosti - taneční sál

Vzhledem k tomu, že na tanečním sále jsou umístěna téměř po celé jedné straně zrcadla, nazývají ho místní rádi „zrcadlovým sálem“. Místnost má široké využití, slouží převážně cvičícím a tančícím dětem, mládeži i dospělým, ale také se tu pořádají různá školení, semináře, karnevaly a diskotéky pro malé děti, táborová setkání a rovněž zde přespávají dětské kolektivy a skupiny v rámci celorepublikové spolupráce mezi domy dětí a mládeže a středisky volného času. K těmto posledně zmiňovaným aktivitám slouží místo tvrdých karimatek, měkkí molitanové podložky, uložené v jiné místnosti.

Pro tuto diplomovou práci jsem zvolila po dohodě s vedoucí činnosti cvičení pilates, které se v poslední době těší velké popularitě, je vždy plně obsazené zájemci, probíhá pravidelně 2x týdně po dobu jedné hodiny pro začátečníky a zvláště pro pokročilé, během této doby cvičenky intenzivně dýchají, což je hlavní součástí cvičení, jak ve stoje, tak i vleže a hodí se tudíž ideálně pro účely této práce měření hodnot vydýchaného vzduchu.



Obrázek 5 a 6: Činnost probíhající na tanečním sále během roku - při měření CO₂

3.2 Použitá odběrová zařízení pro měření CO₂

Měřicí přístroj Testo

Přístroj, jenž byl použit k měření CO₂, je multifunkční měřicí přístroj Testo 435. Vlastní jej firma Ekotech ochrana ovzduší s.r.o.

Zařízení je určeno k měření klimatických podmínek v místnostech a ke kontrole kvality vzduchu. Tento aparát je přesný, spolehlivý a stabilní pro kontrolu ukazatelů kvality vnitřního prostředí, konkrétně CO₂, teploty a vlhkosti. Pro účely měření v této diplomové práci bylo pracováno pouze s hodnotami CO₂ a teploty.

K přístroji samotnému je nutno připojit sondu, která se připojuje do konektoru zespoda na přístroji. K němu náleží i stojánek pro bezpečný odběr a monitoring. Aparát je vybaven předdefinovanými profily měření. Ve standardním profilu jsou k dispozici všechny funkce. Tento standardní profil byl používán k měření. V ostatních profilech lze některé funkce

vypnout nebo zredukovat, toto je třeba ke snadnější obsluze přístroje. Pro účely této práce nebyly zredukovány profily používány.

Přístroj má v sobě paměť, která ukládá naměřené hodnoty. Při připojení zařízení do PC lze definovat interval měření. V tomto případě byl použit interval zápisu hodnot jedna minuta.

Při samotném měření se do přístroje musí připojit odběrová sonda. Umístění přístroje bylo v době měření na kraji místnosti, konkrétně na parapetu okna se sondou namířenou na střed místnosti. V druhé polovině roku byl přístroj pro měření umístěn již uprostřed místnosti, a to vzhledem k nutnosti otevírání oken v průběhu měření. Délka měření závisela na délce aktivit pořádaných v místnosti, pohybovala se v závislosti na délce cvičení v tanečním sále, vždy minimálně 60 minut.

Konkrétně u měření se přístroj používal k záznamu průběhu (změn) hodnot měřených parametrů a byl vždy připojen k PC. Vzhledem k vysokému odběru energie na vyhřívání žhavené kuličky se používá pouze zapojený do sítě 230 V přes příslušný adaptér (12 V DC).

Přístroj se zapojí do sítě, po cca 30 sekundách začíná přístroj měřit. Na řídicím PC se spustí příslušný software. Aktivuje se komunikace mezi PC a přístrojem – volba v menu autotetekce. Po cca 1 minutě se na panelu objeví symbol přístroje a aktivuje se zelená ikona start. V menu volba měření se nastaví měřené veličiny, měřicí rozsahy, jednotky, integrační časy (pro potřeby projektu bude nastaven integrační čas – 1 minuta). Kliknutím na zelenou ikonu start se spustí měření se záznamem hodnot do řídicího PC. U jednotlivých měřených hodnot (kliknutím pravého tlačítka myši na parametr se objeví tabulka vlastnosti) se na začátku měření nastaví počet desetinných míst (dvě desetinná místa - nutno vždy nastavovat).

Po iniciaci přístroje probíhá měření vybraných parametrů zcela automaticky a displej na čelním panelu zobrazuje stejně jako řídicí software přímo hodnoty měřených veličin v odpovídajících jednotkách, případně jiný údaj podle aktuálního nastavení přístroje. Přístroj může předávat přes port RS 232 do počítače integrální hodnoty za měřený interval. Aby se zabránilo ztrátě dat při poruše pevného disku, jsou data zálohována po měření na „Flashmemory“ a dále v centrálním záložním systému (externí síťový disk) nebo CD-ROM/DVD-ROM. Firemní software ComSoft 3.4 umožňuje výstup měřených hodnot přímo do tabulkového procesoru Excel a dále na připojenou tiskárnu v tabulkové i grafické podobě.

Měření se ukončuje kliknutím na červenou ikonu stop. Naměřené hodnoty je nutno po ukončení měření uložit v PC v daném typu souboru. Přenos hodnot do procesoru Excel se provádí v software ComSoft 3.4 postupným sledem příkazů: zpracovat-kopírovat-vložit (do otevřeného nového souboru Excel). Dále se s daty pracuje podle potřeb a možností tabulkového procesoru.



Obrázek 7: Kufřík na přístroj Testo 435

Přístroj Testo typ 435

Rozsah:

Teplota: -20 až 70 °C

R. Vlhkost: 0 až 100 %

CO₂: 0 až 10 000 ppm (0 – 1 obj. %)

Rozlišení:

Teplota: 0,1 °C

R. Vlhkost: 0,1 %

CO₂: 10 ppm

Přesnost:

Teplota: ± 0,3 °C z měřené hodnoty

R. Vlhkost: ± 2 %

CO₂: ± 50 ppm CO₂ ± 3 % z nam. hodnoty (0 – 5000 ppm CO₂), ± 100 ppm CO₂ ± 5 % z naměřené hodnoty (5001 – 10000 ppm CO₂)

Provozní rozsah: +0 °C až +50 °C

Pozorovací čas: 2 sekundy až minuty



Obrázek 8: Přístroj TESTO 435



Obrázek 9 a 10: Přístroj Testo 435 při měření hodnot CO₂ na tanečním sále – při cvičení



Obrázek 11a 12: Umístění přístroje na měření hodnot CO_2 na tanečním sále při cvičení

4 Metodika práce pro měření prachu

Měření prachu bylo prováděno v místnosti dětské herny vždy za přítomnosti dětí. Toto měření se rozprostřelo do celého roku 2019 (vyjma letních prázdnin, kdy pravidelná činnost neprobíhá) tak, aby proběhlo za shodných podmínek s měřením prvním. Celé měření pokrylo tedy všechna roční období a výsledky byly poté porovnány v závislosti na ročním období.

Tato metodika platí pro odběry vzorků aerosolů a prachu v ovzduší a následné gravimetrické stanovení. Popisovaný postup lze použít především pro ovzduší pracovní, případně mimopracovní.

Metoda se používá pro následující účely:

- ✓ odběry vzorků ovzduší a stanovení celkové (vdechovatelné) hmotnostní koncentrace prašného aerosolu gravimetricky
- ✓ odběry vzorků ovzduší a stanovení celkové hmotnostní koncentrace a koncentrace respirabilní frakce prašného aerosolu gravimetricky
- ✓ odběry vzorků olejového aerosolu v ovzduší a stanovení celkové hmotnostní koncentrace gravimetricky
- ✓ odběry vzorků a stanovení celkové koncentrace aerosolu chemických sloučenin a tuhých znečišťujících látek, jejichž koncentrace se dále stanovují metodami instrumentálními

Tato metoda vychází z metodiky „Způsob a technika odběru a stanovení koncentrace frakcí polétavého prachu inhalabilní a respirabilní frakce v pracovním ovzduší gravimetricky podle přijatých konvencí v ČSN EN 481“, vydané v Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., příloha č. 3, část D. Strategie měření, výběr měřicího postupu a zpracování výsledků vychází z ČSN EN 482 a ČSN EN 689.

Veškerá manipulace a zpracování musí být prováděny takovým způsobem, aby při nich nemohlo dojít ke ztrátě navážky prachu. Při přepravě a veškeré manipulaci musí být exponované filtry ve vodorovné poloze. Exponované filtry nesmí být ukládány do exsikátoru společně s filtry neexponovanými.

4.1 Popis odběrového místa - dětská herna

Dětská herna je místnost, jež se nachází stejně jako taneční sál v prvním patře DDM.

Místnost je rozměrově 9,60 m dlouhá, 6,50 m široká a 4,20 m vysoká. Na podlaze je na parketách položen zátěžový koberec. Místnost má oproti sálu pouze tři okna směřující také do ulice v blokové zástavbě domů směrem na západ. Vedle oken zprava a zleva (obdobně jako u tanečního sálu) jsou vertikální žaluzie připraveny zastínit sluneční záření. Pod každým oknem je připevněn radiátor – místní lokální vytápění ovládané z kotelny umístěné ve sklepech DDM.

Jsou zde vsazeny dvojce dveře, jedny vstupní z chodby, které jsou naproti tanečnímu sálu a druhé vedou do ředitelny. Dále jsou zde dřevěné stoly a židle, stojánek s televizí a další technikou, flipchart visící na zdi, řada skříněk plných deskových her, karet a různých drobností potřebných v kuchyni. V zadní části místnosti je přidělaná napevno kuchyňská linka se dvěma dřezy a dvěma elektrickými sporáky, vedle stojí lednička. Tato kuchyňská část je bez koberce, pro lepší udržení pořádku při vaření. Pod okny je regálová skříň s mikrovlnnou troubou, vedle je umístěno nádobí pro větší skupiny účastníků, dále zde stojí tři šicí stroje a jedna velká skříň s nitěmi, látkami, žehlicím prknem a žehličkou, vše je určeno převážně pro ruční práce a k šití. U hlavních chodbových dveří je navíc přidělané umyvadlo.

Osvětlení je řešeno spojenými zářivkami, možno volit viditelnost nad jednotlivými stoly. Místnost je oproti sálu hodně zaplněna různorodými věcmi (lapači prachu), které vyhovují právě mým požadavkům na měření prašnosti.

4.1.1 Popis činnosti - dětská herna

Dětská herna, přezdívaná také dívčí klub, slouží převážně dětem a mládeži ke hraní různých deskových her, zejména šachů. Navštěvují ji také mládežníci ze stále populární fantasy hry „Dračí doupě“. Rovněž se zde scházejí děvčata na ruční práce, probíhají tu kurzy vaření, chodí se sem učit mladí rybáři a další zájemci, kteří potřebují ke své činnosti stoly, židle, popř. televizi nebo kuchyňskou linku s vybavením. V případě ubytovaných skupinek dětských kolektivů se v této místnosti vaří a stravuje, to platí převážně o letních a dalších prázdninách a víkendových pobytech během školního roku.

Výjimkou nejsou ani školení a semináře, používající flipchart, televizi, popř. dataprojektor, CD a DVD přehrávač a někteří ještě občas sáhnou i po video přehrávači.

Tato místnost je (hned po tanečním sále) druhá nejvíce vytížená a navštěvovaná místnost v DDM, proto jsem ji také zvolila pro svůj záměr – měření prachu.



Obrázek 13 a 14: Činnost probíhající v dětské herně během roku - měření prachu

4.2 Odběrové čerpadlo, hlavice, filtr

Jako čerpadlo byl použit přístroj Casella v majetku firmy Ekotech ochrana ovzduší s.r.o. Casella využívá membránového čerpadla s průtokem přesně udržovaným pomocí automatického řídicího obvodu. Čerpadlo nasává kontaminovaný vzduch odběrovou trubicí s odpovídajícím průtokem určeným odběrovou strategií. V našem případě bylo čerpadlo nastaveno na průtok 2 l/minutu. Čerpadlo je vybaveno kompenzací výkonu čerpadla, která udržuje konstantní nastavený průtok vzduchu po celou dobu odběru vzorků, tedy i při vzrůstajícím odporu zanášených filtrů.

Před odběrem vzorků a po skončení odběru vzorků je nutné u použitých čerpadel nastavit a ověřit skutečný průtok vzdušiny přes kolektor pomocí kalibračního zařízení (plynoměr, rotametr, bublinkový nebo pístový digitální průtokoměr apod.). Hodnoty objemového průtoku před a po odběru se nesmí lišit o více než $\pm 5\%$.

Na čerpadlo je nasazena odběrová hlavice. Ta je vyrobena z inertního materiálu neovlivňujícího stanovení koncentrace prachu. V odběrové hlavici je umístěn filtr. Filtry jsou obecně používány z různých materiálů, ať už nitrocelulóзовé, ze skleněných vláken, PVC, teflonové apod. K účelu této diplomové práce postačil odběr na nitrocelulóзовé filtry. Všechny části sestavy jsou propojeny přiměřeně dlouhou hadicí.

Měření bylo provedeno stacionárně. To znamená, že odběrové zařízení bylo umístěno na stativu. Stativ byl umístěn přibližně doprostřed místnosti (herny). V době měření zde probíhala standardní výuka a mimoškolní aktivita. Děti se v místnosti pohybovaly a tím zajišťovaly víření prachu. Metoda je určena k odběru vzorků pracovního, případně vnitřního a venkovního ovzduší, pro následné stanovení hmotnostních koncentrací aerosolu gravimetricky a následnému výpočtu koncentrací po zjištění naváжки odebraného vzorku.

Obecně nesmí během transportu a manipulaci dojít k odpadávání prachu z filtru.

Stanovení koncentrace prachu vychází z rozdílu hmotnosti filtru exponovaného a neexponovaného. V první řadě je třeba filtry vysušit v exsikátoru. Filtry jsou nadepsány, aby nedošlo k záměně. Pro tuto práci byly filtry očíslovány 1 – 11.

Před každým vážením (čisté - před odběrem a exponované - po odběru) musí být filtry nejméně 24 hodin kondicionovány při konstantních podmínkách:

- relativní vlhkost: 20 – 45 %, ± 5 % (přechovávají se v exsikátoru s nasyceným roztokem uhličitanu draselného K_2CO_3 , který udržuje při pokojové teplotě relativní vlhkost 44 %)
- teplota: doporučená 15 - 30 $^{\circ}C$, ± 3 $^{\circ}C$.

Dále jsou po vysušení filtry váženy na analytických vahách zvláštní třídy přesnosti s citlivostí 0,01 mg. Pro účely této diplomové práce jsem filtry jen po měření předávala zaměstnanci firmy Ekotech ochrana ovzduší s.r.o. Filtry byly opět vloženy do exsikátoru, vysušeny a opět převáženy. Dále jsem pracovala s hodnotou navážky na filtrech.

Veškerá manipulace s používanými filtry se provádí pinzetou s plochými konci tak, aby nedošlo k jejich kontaminaci nebo k úbytku odebraného prachu. Z exsikátoru se filtr pinzetou vyjme těsně před vážením, ihned se položí na misku analytických vah (kde je umístěna nádobka s nasyceným roztokem uhličitanu draselného) a zváží se s citlivostí 0,01 mg, hodnota se zaznamená. Po zvážení se filtr přenesení pinzetou do označené transportní kazety, odběrové hlavice nebo do přepravní plastové misky. Tuto činnost prováděl pracovník firmy Ekotech ochrana ovzduší s.r.o.



Obrázek 15: Příklad na měření prachu



Obrázek 16: Umístění přístroje při měření prachu v dětské herně

4.2.1 Volba doby trvání odběru

Celková doba měření, interval a frekvence odběru vzorků závisí na účelu měření, charakteristikách zdroje (režim, vydatnost, závislost na mikroklimatických faktorech) a na mezi stanovitelnosti. Doporučený minimální interval vzorkování jsou dvě hodiny. Ve většině měřených případů se doba trvání 120 minut podařila dodržet, výjimkou byly akce, kdy děti ukončily svoji činnost předčasně a z místnosti odešly. Poté měření ztrácelo již svůj původní záměr a bylo ukončeno o něco dříve.

4.2.2 Kompletace odběrové aparatury

Odběrová aparatura se zkompletuje (viz obrázek 17-19), do odběrové hlavičky nebo cyklonu se vloží filtr. Výběr druhu filtru musí být přizpůsoben podmínkám odběru vzorku a charakteru odebíraného aerosolu (viz obrázek 20). Všechny části odběrové aparatury jsou propojeny přiměřeně dlouhými hadicemi.

Před zahájením odběru se nastaví požadovaný objemový průtok vzduchu, v tomto případě 2 litry za minutu.

Nedílnou součástí měření je měření mikroklimatických podmínek, tj. teploty a atmosférického tlaku.



Obrázek 17, 18 a 19 : Odběrová aparatura na měření prachu v dětské herně



Obrázek 20: Rozložený prachový filtr

5 Dokumentace odběru

5.1 Zápisy z měření CO₂ a teploty

Měření CO₂ probíhalo celoročně ve dvou fázích (viz tabulka 3). Během první poloviny roku byla měřena koncentrace CO₂ v tanečním sále vždy minimálně po dobu jedné hodiny. Taneční sál byl v čase měření využíván skupinou žen, které tam cvičily. Během cvičení nebylo otevíráno okno, cvičilo se v běžném režimu. Bylo provedeno deset měření. V době, kdy probíhalo měření, cvičilo v tanečním sále 14 až 15 žen. Koncentrace CO₂ v průběhu měření přesáhla vždy hodnotu 1000 ppm. Maximální koncentrace CO₂ během měření za půl roku se pohybovala pod mezí 2000 ppm. Podle Pettenkoferova kritéria by neměla být překročena hodnota 1000 ppm (Frontczak et al. 2012). K překročení hranice 1000 ppm došlo u všech měření. V druhé polovině roku se provádělo opětovné měření koncentrace CO₂ za jiných podmínek. Během měření byla odečítána okamžitá hodnota ppm a v případě, že se blížila k hraniční hodnotě 1000 ppm, bylo provedeno větrání po dobu jedné minuty. Větrání bylo provedeno dvěma okny, která jsou od sebe nejdále. Během jedné minuty klesla hodnota koncentrace CO₂ výrazně pod limitních 1000 ppm.

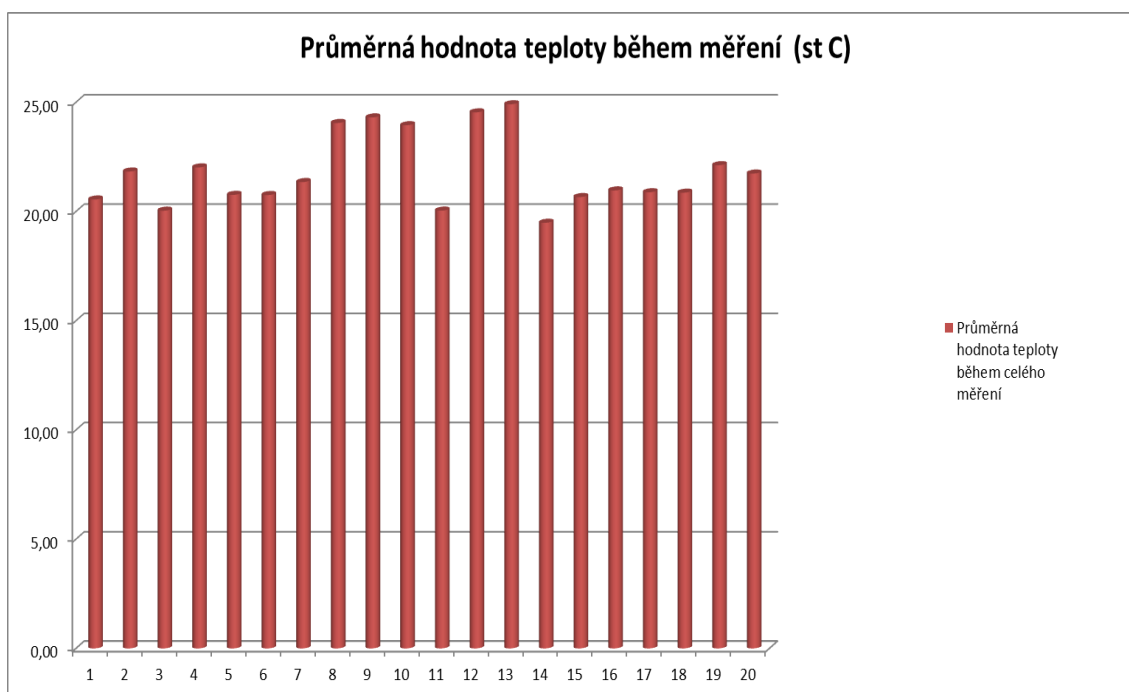
Tabulka 3: Rozpis celoročního měření CO₂

Tabulka názvu odběrových míst a data měření		
1	21.2.2019	Měření bez režimu větrání
2	27.2.2019	
3	14.3.2019	
4	19.3.2019	
5	20.3.2019	
6	11.4.2019	
7	17.4.2019	
8	24.4.2019	
9	13.5.2019	
10	22.5.2019	
11	15.10.2019	Měření s režimem větrání
12	28.10.2019	
13	2.11.2019	
14	21.11.2019	
15	26.11.2019	
16	3.12.2019	
17	6.12.2019	
18	10.12.2019	
19	12.12.2019	
20	16.12.2019	

Měřením intenzity větrání a koncentrace CO₂ se zabývá celá řada studií. Zjistilo se, že vysoké koncentrace CO₂ jsou výrazným problémem hlavně tam, kde je shromážděno více lidí. Ve Švédsku se provedla řada měření koncentrace CO₂ a odhalilo se, že zhoršená kvalita ovzduší má výrazný vliv na soustředění a výkonnost žáků (Smedje et al. 2011). Proto jsem ve své práci vzala hodnotu 1000 ppm jako hraniční.

Během měření CO₂ byla současně zaznamenána přístrojem TESTO 435 i teplota, která byla měřena každou minutu. Tyto jednotlivé hodnoty teploty jsou zaneseny ve všech grafech měření CO₂. Graf 1 ukazuje průměrnou hodnotu teploty za jedno měření. V praxi se ukázalo, že hodnota teploty během měření není nijak významná, co se týká tepelné pohody člověka. Přesto jsem tuto teplotu zanesla do grafů, aby celkově vystihla situaci během měření.

Z grafu 1 je zřetelné, že průměrná hodnota teploty během jednoho měření se nijak výrazně neliší v průběhu celého roku.



Graf 1: Zápis teploty během celoročního měření

5.2 Zápisy z měření prachu

Zápisy z každého měření jsem prováděla ručně vypsáním do formuláře, který je přílohou k této diplomové práci. V zápise jsem vždy uvedla datum měření, mikroklimatické podmínky, identifikaci odběrového místa. Dále bylo třeba uvést začátek a konec měření. V zápisu jsem identifikovala čerpadlo, kterým byl odběr proveden, včetně objemového průtoku. Podle údajů v těchto záznamech byl pak vypracován protokol o měření, tedy výpočty na základě naměřených dat.

Odebrané vzorky byly jednoznačně identifikovány a evidovány. Výsledky gravimetrické analýzy jsem zapsala do soupisu vážení. Na základě těchto parametrů byl proveden výpočet hmotnostní koncentrace prachu.

Při klasickém vzorkování jsou zajišťovány terénní slepé vzorky (fieldblank), výsledky jsou doplňovány do regulačního diagramu. Průměrná hodnota zjištěná nejméně z deseti stanovení slouží pro odhad meze stanovitelnosti. Pro diplomovou práci jsem toto vyhodnotila jako nerelevantní.

5.2.1 Výpočty

Koncentrace aerosolu v ovzduší je dána poměrem hmotnosti aerosolu a odebraného objemu vzduchu.

Vzorec pro výpočet koncentrace:

$$c = m / V,$$

c	-	koncentrace aerosolu v ovzduší (mg/m ³)
m	-	hmotnost aerosolu, navážka (mg)
V	-	objem odebraného vzduchu (m ³)

Stanovení odebraného objemu vzduchu V

- měřením objemu prošlého objemu vzduchu plynoměrem
- jako součin průměrného objemového průtoku a doby odběru:

$$V = Q \cdot t,$$

Q (m ³ .min. ⁻¹)	-	objemový průtok, aritmetický průměr na začátku a na konci odběru
t	-	doba odběru (min)

Přepočet na standardní podmínky se provádí tehdy, nebylo-li při měření použito měřidla kalibrovaného za standardních podmínek (teplota 20 °C, tlak 101,3 kPa).

6 Výsledky měření

Během kalendářního roku 2019 bylo měřeno CO₂ (uváděno vždy na prvním místě) a prach (uváděn druhý v pořadí).

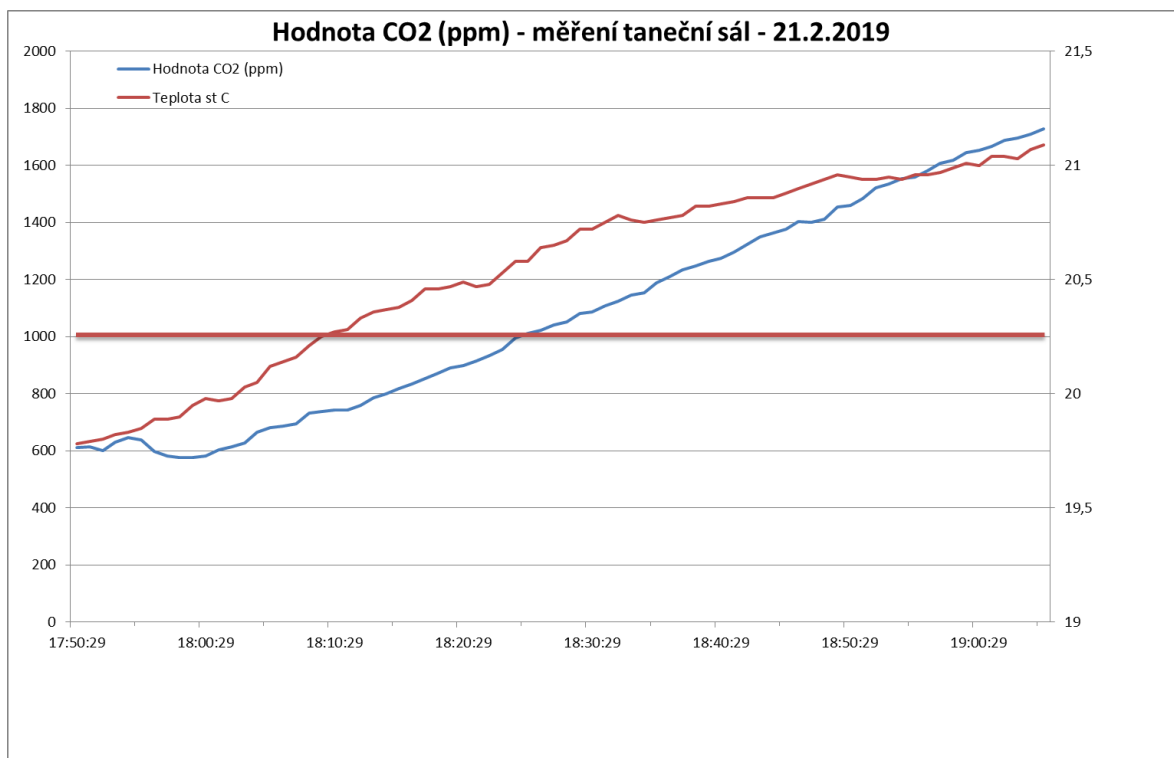
6.1 Měření CO₂

Měření CO₂ během prvního půlroku 2019 probíhalo v místnosti taneční sál. Vždy před začátkem hodiny bylo v tanečním sále instalováno měřicí zařízení Testo 435. Přístroj byl spuštěn ihned po naplnění sálu daným počtem osob. Měření bylo tedy započato po příchodu zapsaných žen. Poté začaly ženy cvičit. Cvičení trvalo vždy jednu hodinu. Během této hodiny se s měřicím aparátem nehýbalo. Přístroj Testo 435 zapisoval jednotlivé hodnoty koncentrace CO₂ v ppm. Tyto hodnoty se odečítaly po minutě. K přístroji se nikdo nepřibližoval, aby nebyly hodnoty CO₂ nijak ovlivněny. Po každém měření byly hodnoty CO₂ a teploty staženy do počítače a vyhodnoceny do grafů.

V grafech je jasně viditelná hranice 1000 ppm, aby bylo na první pohled jasné, zda a kdy dojde k jejímu překročení. V grafech jsou vedeny dvě osy Y. Osa Y po levé straně představuje hodnotu koncentrace CO₂ v ppm. Osa Y po pravé straně představuje hodnotu teploty ve stupních Celsia. Vodorovná osa X je osou časovou.

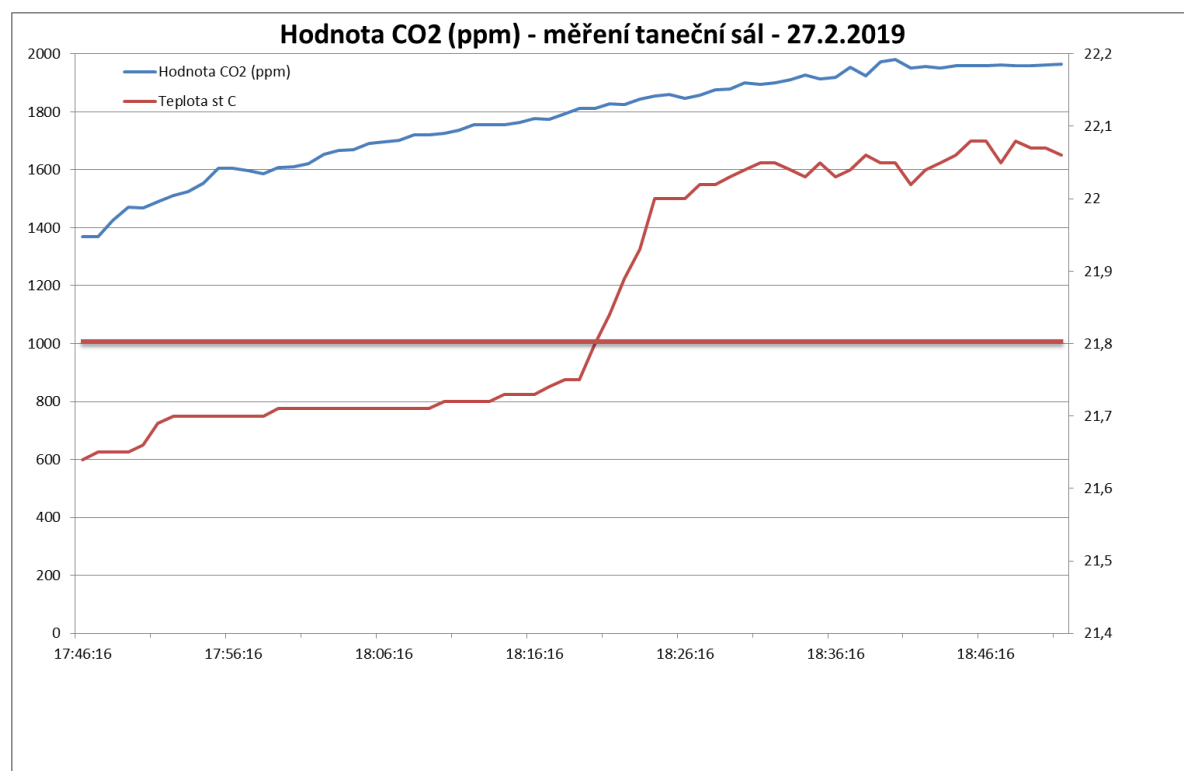
Každé měření během první poloviny roku 2019 má svůj samostatný graf. Měření bylo provedeno deset.

Z grafu 2 je vidět, že první měření proběhlo 21.2.2019. Měření bylo započato v 17:50 hodin a ukončeno v 19:10. Toto měření trvalo delší dobu, než je jedna hodina, a to z důvodu delšího cvičení žen. Tímto jsem prezentovala snahu o co nejvíce objektivní měření odpovídající skutečnosti. Z grafu je patrné, že hodnota 1000 ppm koncentrace CO₂ byla překročena v 18:10 hodin. Jedná se tedy o překročení po 20 minutách cvičení. Celková hodnota koncentrace CO₂ se pohybovala od 600 ppm a vystoupila až na hodnotu 1740 ppm. Při tomto měření bylo přítomno 15 cvičících žen. Jak vzrůstala hodnota koncentrace CO₂, tak vzrůstala hodnota teploty. Teplota byla zpočátku cvičení 19,75 stupňů Celsia, na konci cvičení byla 21,2 stupňů Celsia. Během tohoto měření se nevětralo.



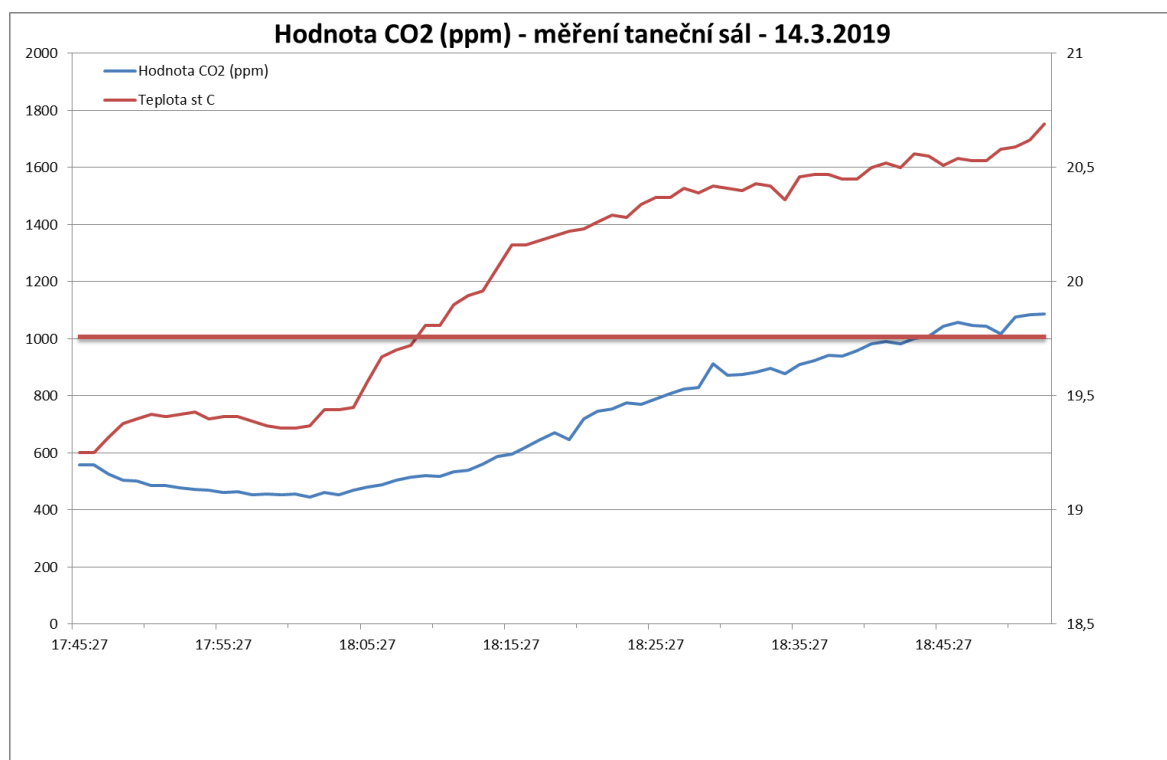
Graf 2: Výsledky měření CO₂ - období únor 2019

V grafu 3 je zřetelné, že hodnota 1000 ppm koncentrace CO₂ byla již na počátku překročena. Toto bylo v důsledku nevětrání místnosti tanečního sálu po předchozí aktivitě. Hodnota koncentrace CO₂ začínala na hodnotě 1390 ppm a vystoupala na hodnotu 1900 ppm. Ačkoliv se cvičení zúčastnilo méně žen než v předchozím měření – 14 cvičenek, hodnota koncentrace CO₂ se zvyšovala natolik, že byla výrazně překročena hranice 1000 ppm. Teplota během tohoto cvičení výrazně stoupala ke konci hodiny. Zpočátku byla teplota 21,65 stupňů Celsia, ke konci hodiny se vyšplhala na 22,75 stupňů Celsia. Tato skutečnost je zapříčiněna jednorázovým zatopením v místnosti. Během tohoto měření se nevětralo.



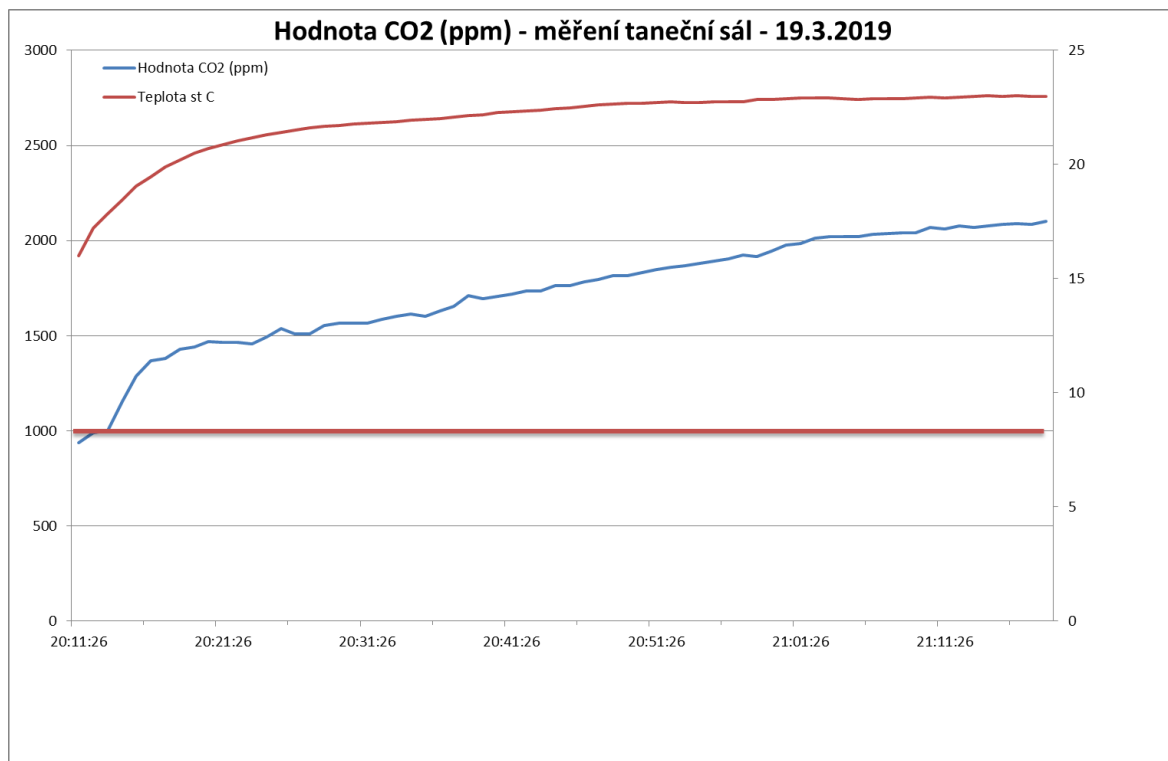
Graf 3: Výsledky měření CO₂ - období únor 2019

Graf 4 reprezentuje měření 14.3.2019. Tohoto měření se zúčastnilo 14 cvičenek. Hodnota koncentrace CO₂ se zpočátku pohybovala kolem hodnoty 600 ppm, pak dokonce o trochu klesla. Toto si vysvětlují tím, že skladba cvičení pro ženy byla tentokrát dynamičtější, ženy se více pohybovaly po místnosti, vířily vzduch, který se tedy po následném promíchání znovu vyšplhal na hodnotu koncentrace 600 ppm CO₂. Nakonec i tak koncentrace CO₂ přesáhla limitní hodnotu 1000 ppm. Teplota stoupala od hodnoty 19,25 až do hodnoty 20,6 stupňů Celsia. Během tohoto měření se nevětralo.



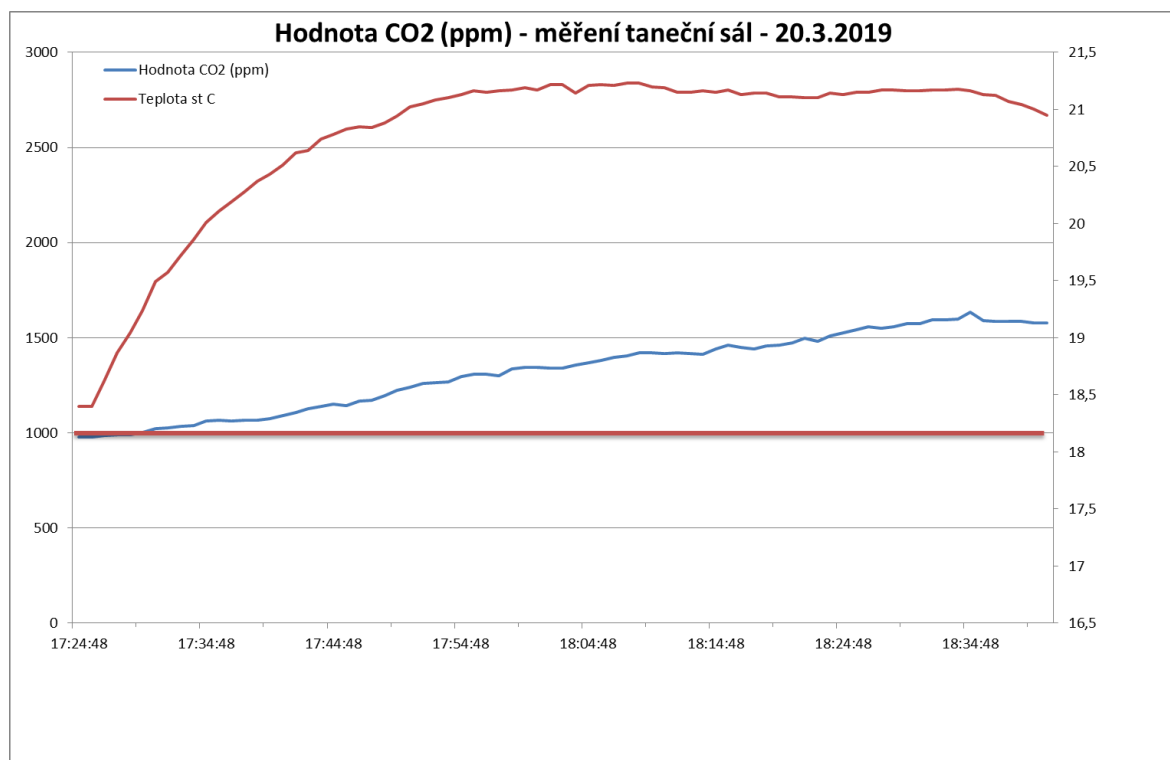
Graf 4: Výsledky měření CO₂ - období březen 2019

Graf 5 odpovídá měření dne 19.3.2019. Hodnota koncentrace CO₂ byla zpočátku nižší, než je limitní hodnota 1000 ppm, což bylo však záhy překonáno. Během tohoto cvičení se sešlo 15 cvičících žen. Hodnota CO₂ i teploty během hodiny stoupaly, koncentrace CO₂ se vyšplhala až na 2100 ppm. Teplota dosáhla hodnoty 22,5 stupně Celsia. Ani během tohoto měření se nevětralo.



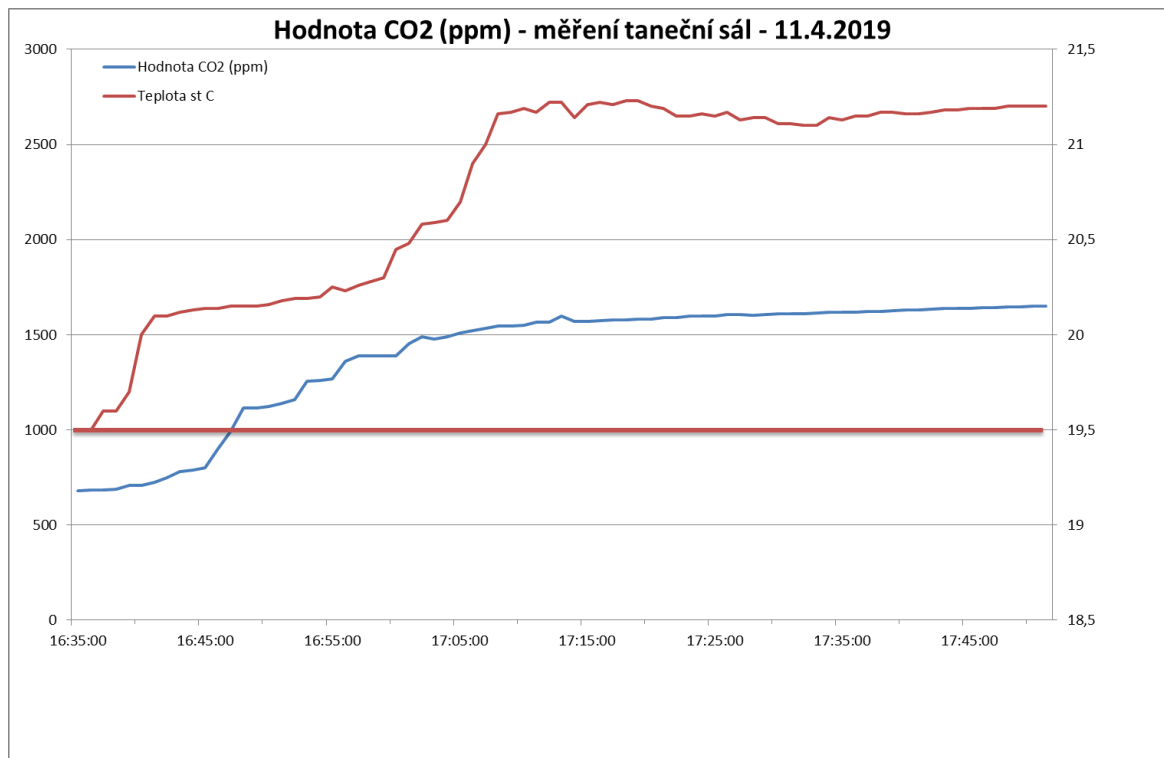
Graf 5: Výsledky měření CO₂ - období březen 2019

Graf 6 ukazuje, že se ihned po spuštění přístroje objevila na displeji hodnota 1000 ppm, což bylo způsobeno jen minimálním vyvětráním před začátkem cvičení. Koncentrace CO₂ pak pomalu stoupala, až dosáhla maxima na konci cvičení, a to hodnoty 1580 ppm. Teplota se úměrně zvyšovala spolu s koncentrací CO₂. Během měření se nevětralo, přítomno bylo 14 cvičenek.



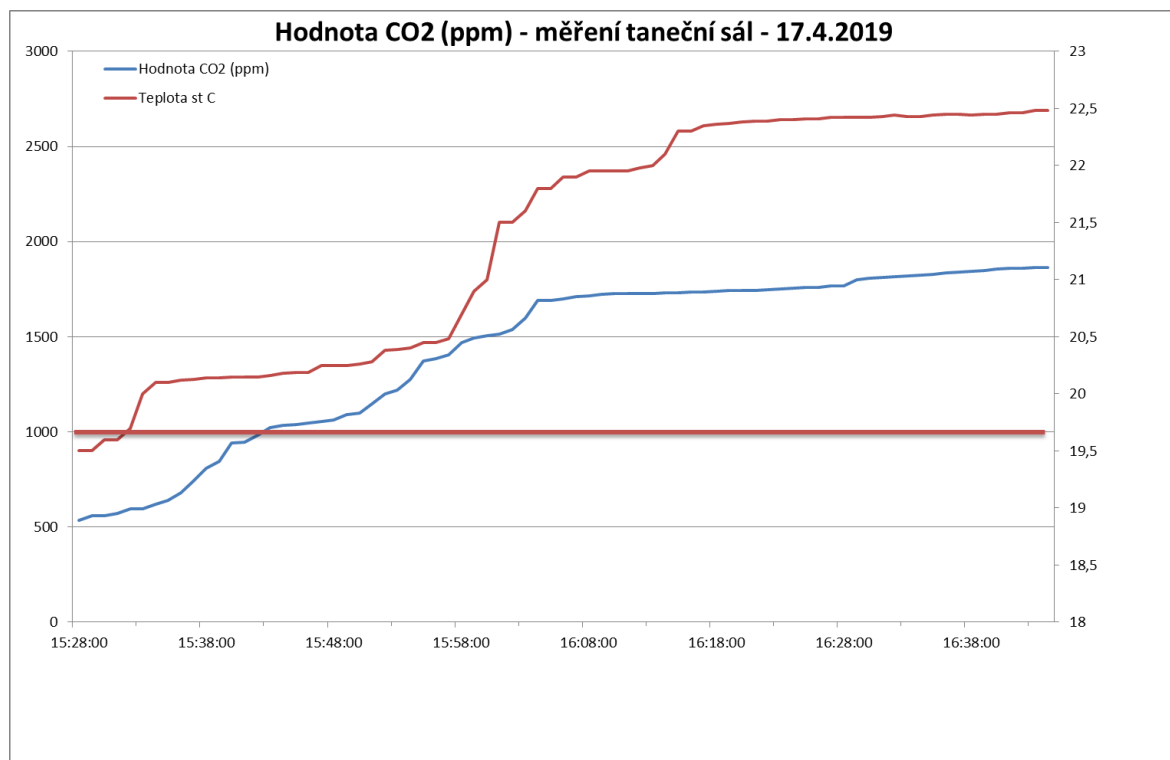
Graf 6: Výsledky měření CO₂ - období březen 2019

I hodnoty v grafu 7 reprezentují hodinu cvičení bez větrání. Hodnota koncentrace CO₂ začínala na hodnotě 700 ppm. Během 15 minut se dostala až k limitní hodnotě 1000 ppm, kterou překonala a skončila po 70 minutách měření na hodnotě 1680 ppm. Teplota se také zvyšovala, a to z hodnoty 19,5 až na 21,25 stupňů Celsia. Přítomno bylo 15 cvičících žen.



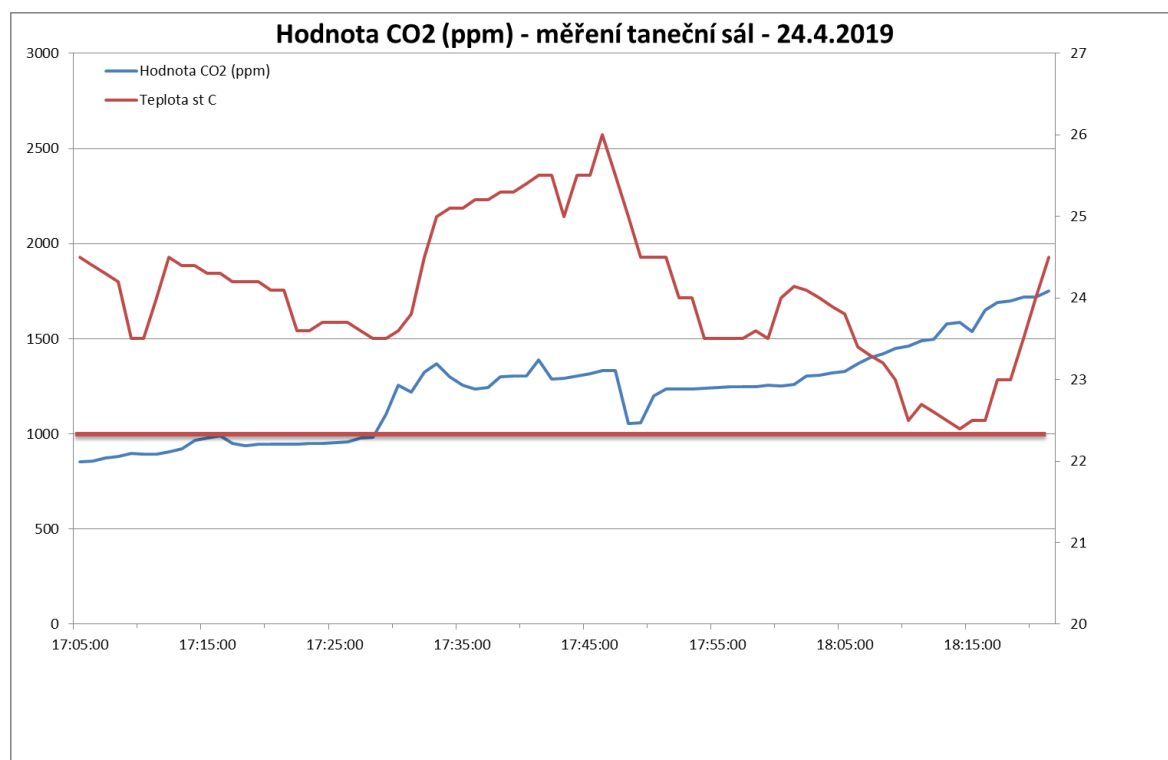
Graf 7: Výsledky měření CO₂ - období duben 2019

Graf 8 znázorňuje hodnoty měření ve dne 17.4.2019. V tento den se začalo měřit v 15:28 hod. Během tohoto měření se nevětralo. Hodnota koncentrace CO₂ začínala na hodnotě 510 ppm a postupně se dostala až na hodnotu 1800 ppm. Teplota korespondovala s nárůstem koncentrace CO₂. Měření opět probíhalo se zavřenými okny bez větrání s počtem 15 cvičících účastnic.



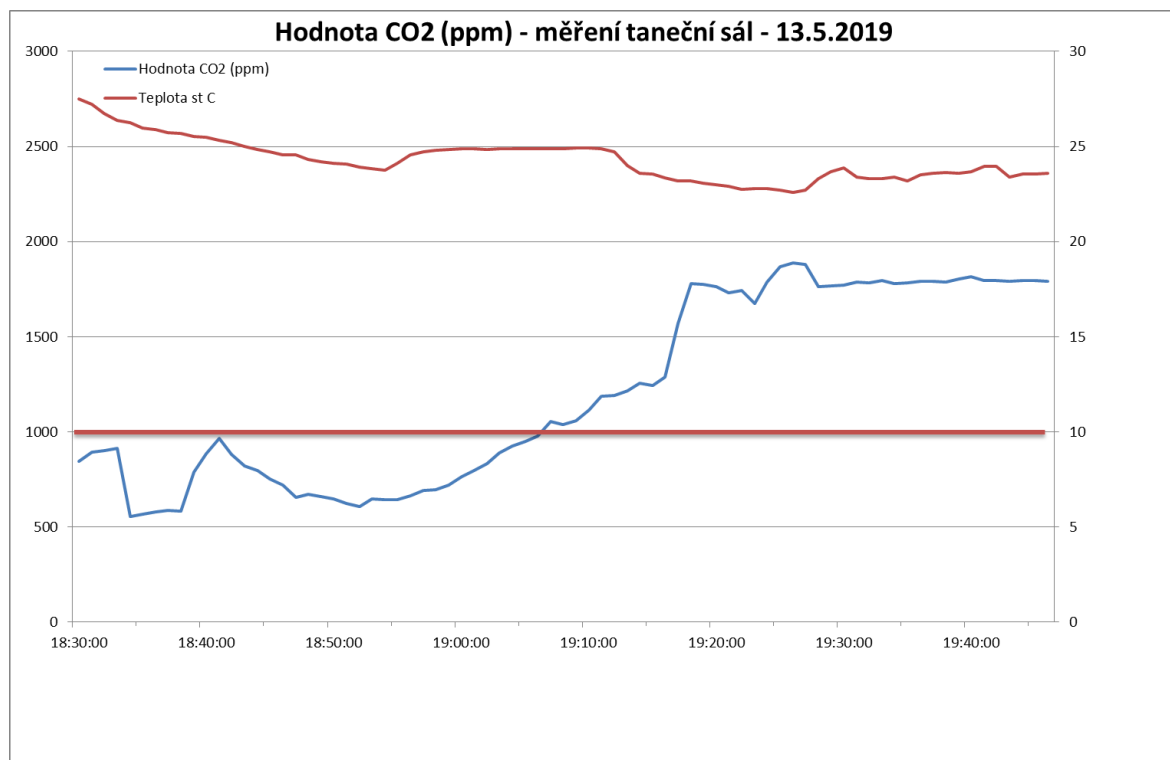
Graf 8: Výsledky měření CO₂ - období duben 2019

Graf 9 - zde jsou zobrazeny výsledky měření z 24.4.2019. Hodnota koncentrace CO₂ započala na hodnotě 815 ppm. Během 10 minut se dotkla hranice 1000 ppm, kterou po 23 minutách překonala. Koncentrace CO₂ v tomto měření značně kolísala, to bylo zapříčiněno tím, že bylo přítomno velké množství osob (15), které se v rámci cvičení pohybovaly i v blízkosti měřicího přístroje. Teplota také kolísala, a to v průběhu celého měření od hodnoty 22,5 stupně Celsia po hodnotu 26,2 stupně Celsia. Na sondu umístěnou na okně totiž svítilo střídavě slunce, hodnoty teploty jsou tedy ovlivněny i tímto faktorem.



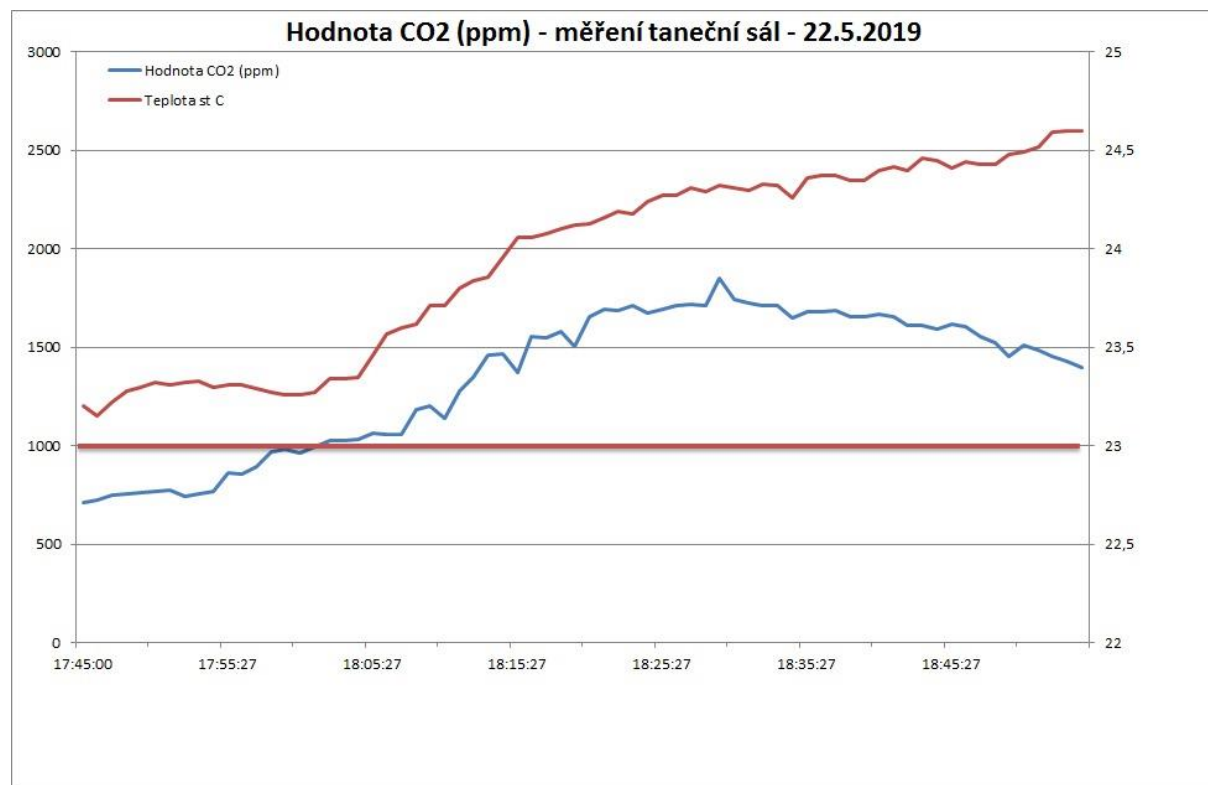
Graf 9: Výsledky měření CO₂ - období duben 2019

Graf 10 představuje měření ze dne 13.5.2019. Během měření bylo přítomno 14 cvičících žen. Hodnota koncentrace CO₂ přesáhla limitní hodnotu 1000 ppm po 35 minutách cvičení. Pak už se jen zvyšovala. Hodnota teploty kolísala od 27 stupňů Celsia do 24,6 stupňů Celsia, v závislosti na teplém (květnovém) počasí venku (vytápění v místnosti bylo již vypnuté).



Graf 10: Výsledky měření CO₂ - období květen 2019

Graf 11 uvádí hodnoty koncentrace CO₂ v ppm a teploty ve stupních Celsia ze dne 22.5.2019. Na obojím je vidět znatelný nárůst, koncentrace CO₂ přesáhla hladinu 1000 ppm za 20 minut. Teplota úměrně rostla i vzhledem k venkovnímu slunečnému počasí. Místnost bez větrání, s vypnutým vytápěním. Přítomno bylo 15 cvičenek.



Graf 11: Výsledky měření CO₂ - období květen 2019

Popis grafů při režimu větrání

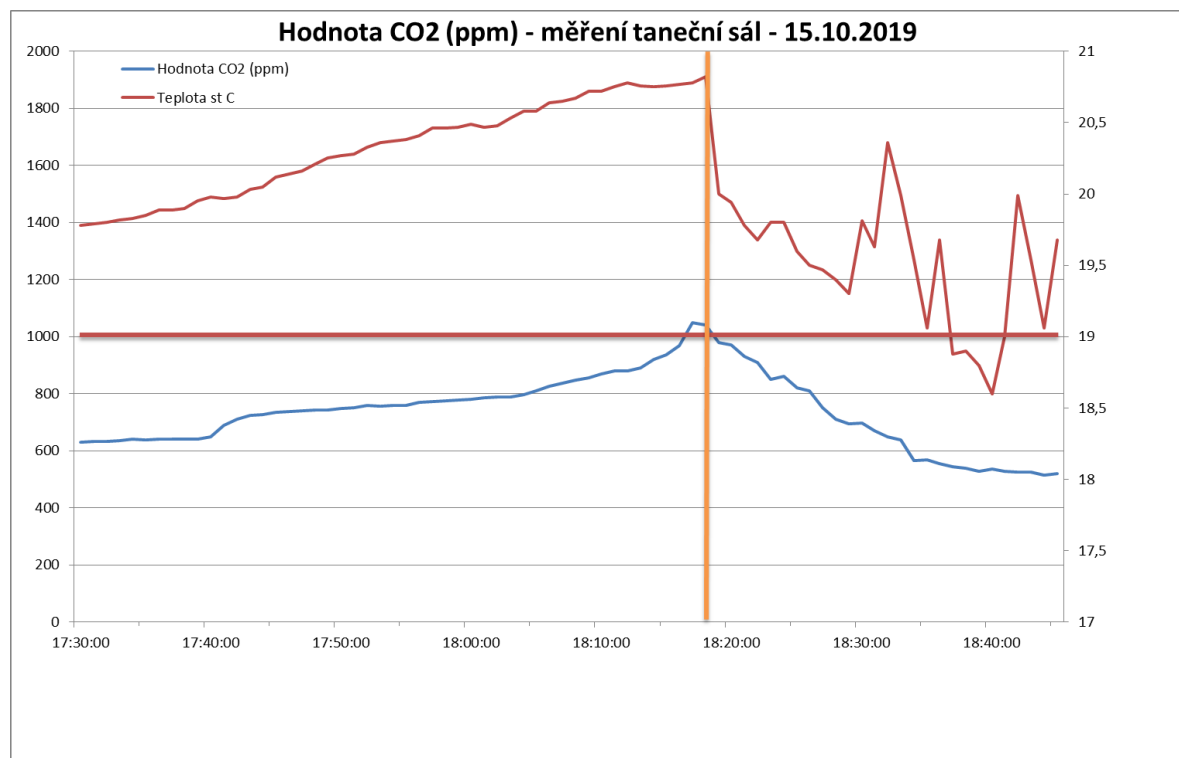
Během druhé části měření jsem se zaměřila na hypotézu, že větrání by mělo způsobit takový pokles hodnoty koncentrace CO₂, který by byl znatelný po celou dobu cvičení. K této hypotéze jsem si vybrala možnost větrání pomocí dvou oken, kdy je téměř okamžitě vytvořen průvan a vzduch v místnosti je měněn velmi rychle. Dobu větrání jsem určila na přesně jednu minutu od doby, kdy hodnota koncentrace CO₂ dosáhne limitní hodnoty 1000 ppm. Následně jsou okna uzavřena a režim cvičení probíhá standardně.

Větrání je v grafech vyznačeno jasně žlutou čarou. Větrání vždy nastalo po překročení hranice 1000 ppm hodnoty koncentrace CO₂.

Měření CO₂ během druhého půlroku 2019 probíhalo taktéž v místnosti taneční sál (stejně jako v první polovině roku). Rozdíl byl takový, že po překročení nebo dosažení hranice 1000 ppm bylo provedeno řízené větrání po dobu jedné minuty. Větrání se provádělo pokaždé dvěma okny, aby byl umožněn průvan a rychlejší vyvětrání prostor. Před začátkem hodiny bylo v tanečním sále instalováno měřicí zařízení Testo. Přístroj byl spuštěn ihned po naplnění sálu daným počtem osob.

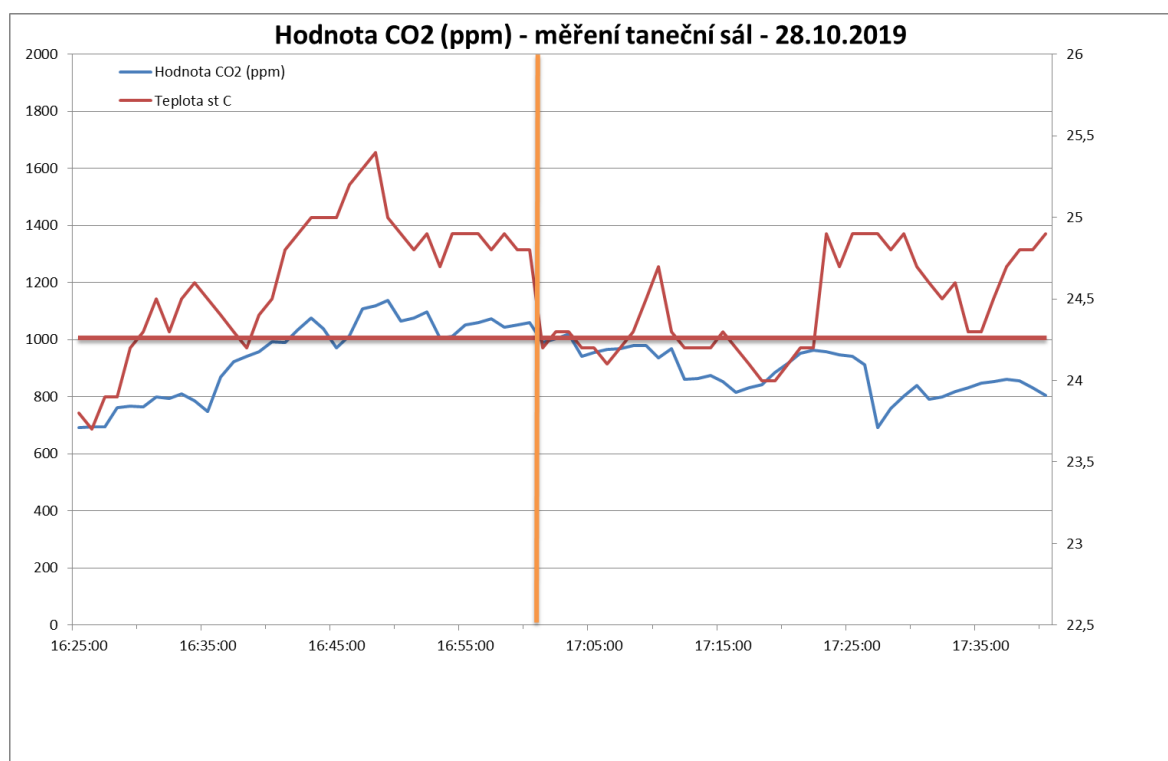
Během měření se s aparátem nehýbalo, byl jen pravidelně kontrolován tak, aby bylo možno přesně otevírat okna při koncentraci 1000 ppm. Měření trvalo po celou dobu cvičení žen, přístroj zapisoval jednotlivé hodnoty koncentrace CO₂ v ppm. Tyto hodnoty se odečítaly po minutě. K přístroji se nikdo schválně nepřibližoval, aby nebyly hodnoty CO₂ nijak ovlivněny. Po každém měření byly hodnoty CO₂ a teploty staženy do počítače a vyhodnoceny do grafů. Každé měření během druhé poloviny roku 2019 má svůj samostatný graf. Měření bylo provedeno deset.

V grafu 12 je vidět překročení hodnoty 1000 ppm. Větrání nastalo v 18:18 hodin, kdy před touto hodnotou přesáhlo měření 1 000 ppm. Větralo se po dobu jedné minuty. Vliv větrání na hladinu koncentrace CO₂ byl velký, koncentrace okamžitě poklesla a klesala po celou dobu cvičení. To bylo způsobeno velkým průvanem a následným promícháváním čerstvého vzduchu se vzduchem vydýchaným. Při tomto měření bylo přítomno 15 žen. Jak vzrůstala hodnota koncentrace CO₂, tak vzrůstala hodnota teploty.



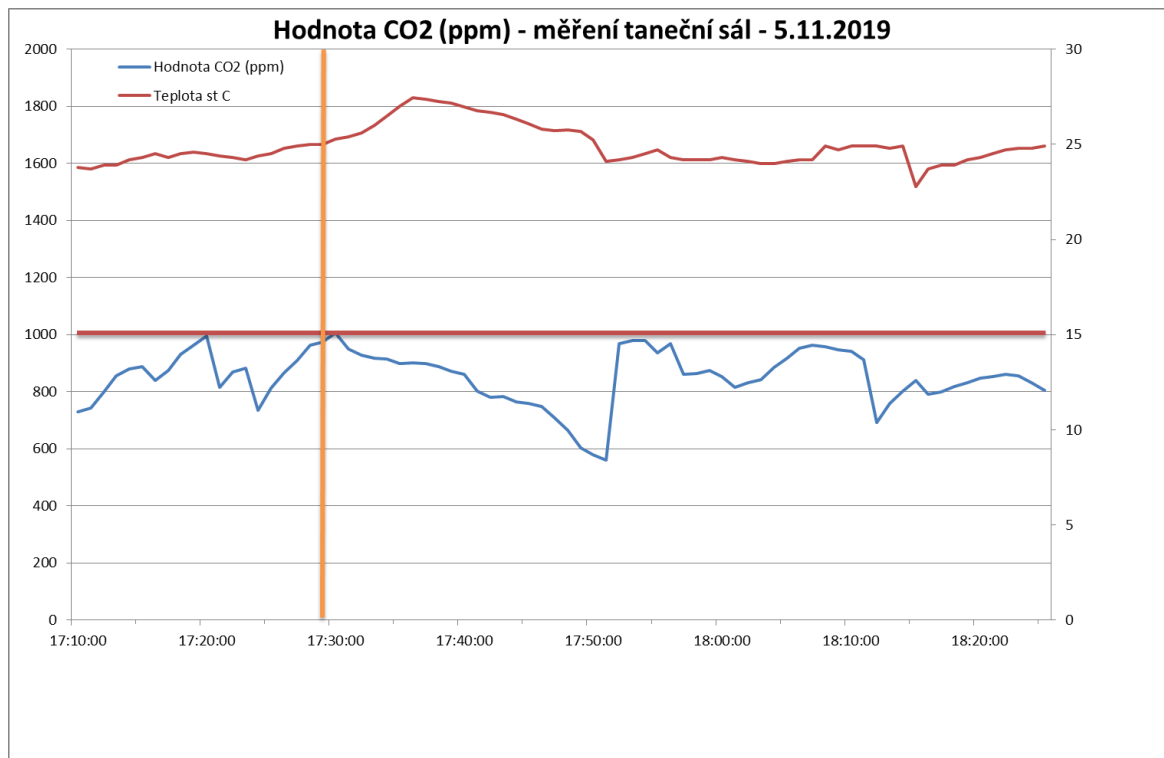
Graf 12: Výsledky měření CO₂ s větráním - období říjen 2019

V grafu 13 je znát kolísání hodnoty koncentrace CO₂ i teploty. To bylo způsobeno mísením vzduchu a vytápěním. Větrání nastalo po překročení hodnoty 1000 ppm u koncentrace CO₂. Hodnota koncentrace pak klesala, teplota se skokově změnila. Zvýšení teploty zapříčinilo zvýšení výkonu topení. Během cvičení bylo přítomno 14 žen.



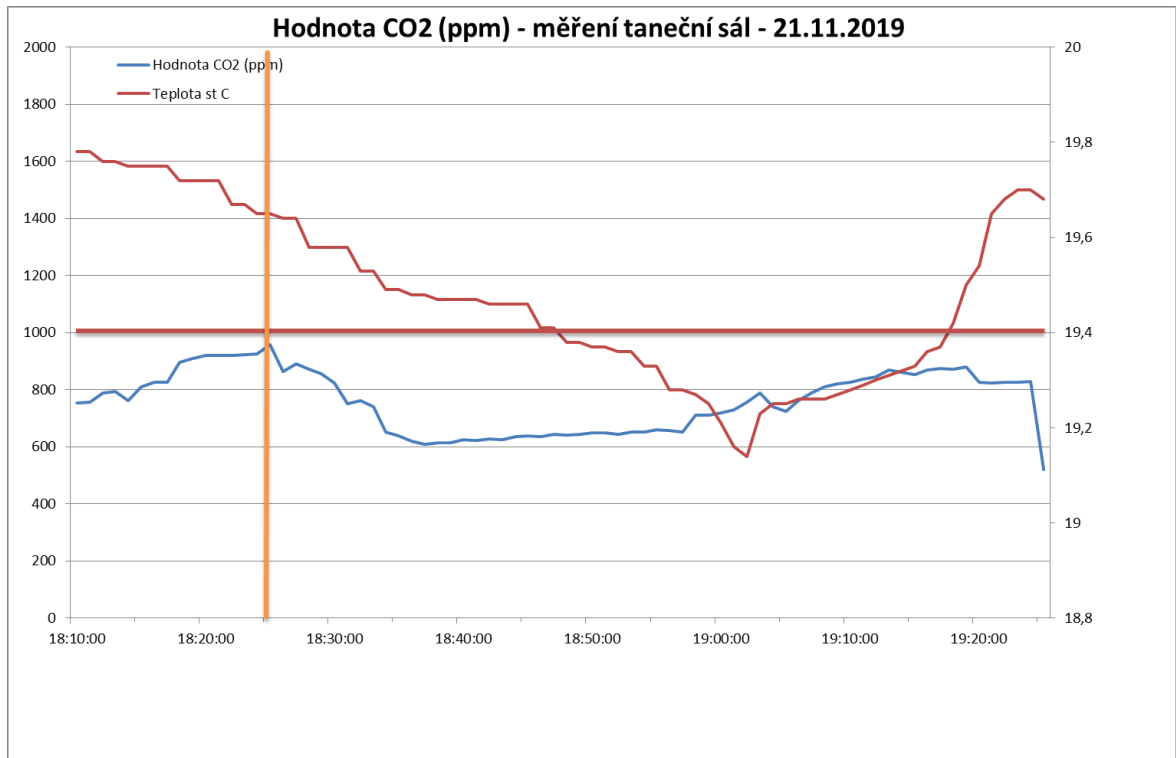
Graf 13: Výsledky měření CO₂ s větráním - období říjen 2019

V grafu 14 byly zaznamenány hodnoty koncentrace CO₂ a teploty ze dne 5.11.2019. Cvičilo v ten den 15 žen. Hodnota koncentrace CO₂ byla překročena již po necelých 20 minutách cvičení. Po vyvětrání (tedy nastavení průvanu pomocí dvou otevřených oken) hladina koncentrace CO₂ poklesla. Klesala ještě 20 minut, pak začala opět stoupat. Do konce cvičení ale již nepřesáhla hodnotu 1000 ppm.



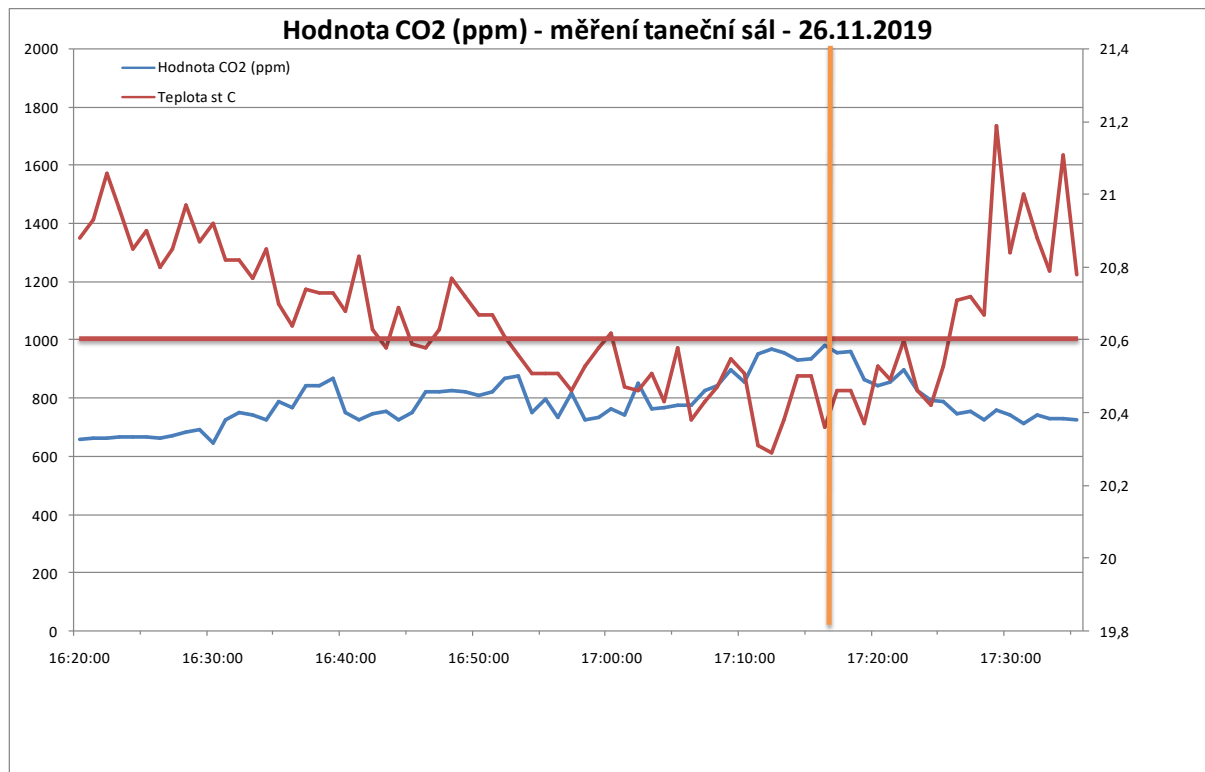
Graf 14: Výsledky měření CO₂ s větráním - období listopad 2019

Graf 15 představuje hladiny koncentrace CO₂ a teploty ze dne 21.11.2019. V té době cvičilo na tanečním sále 15 žen. Hodnota koncentrace dosáhla námi stanovenou hladinu 1000 ppm po 15 minutách cvičení. Po minutovém intenzivním větrání hodnota koncentrace CO₂ klesala stejně jako hodnota teploty. Pak se opět začala mírně zvyšovat, ale do konce cvičení nepřesáhla hranici 1000 ppm.



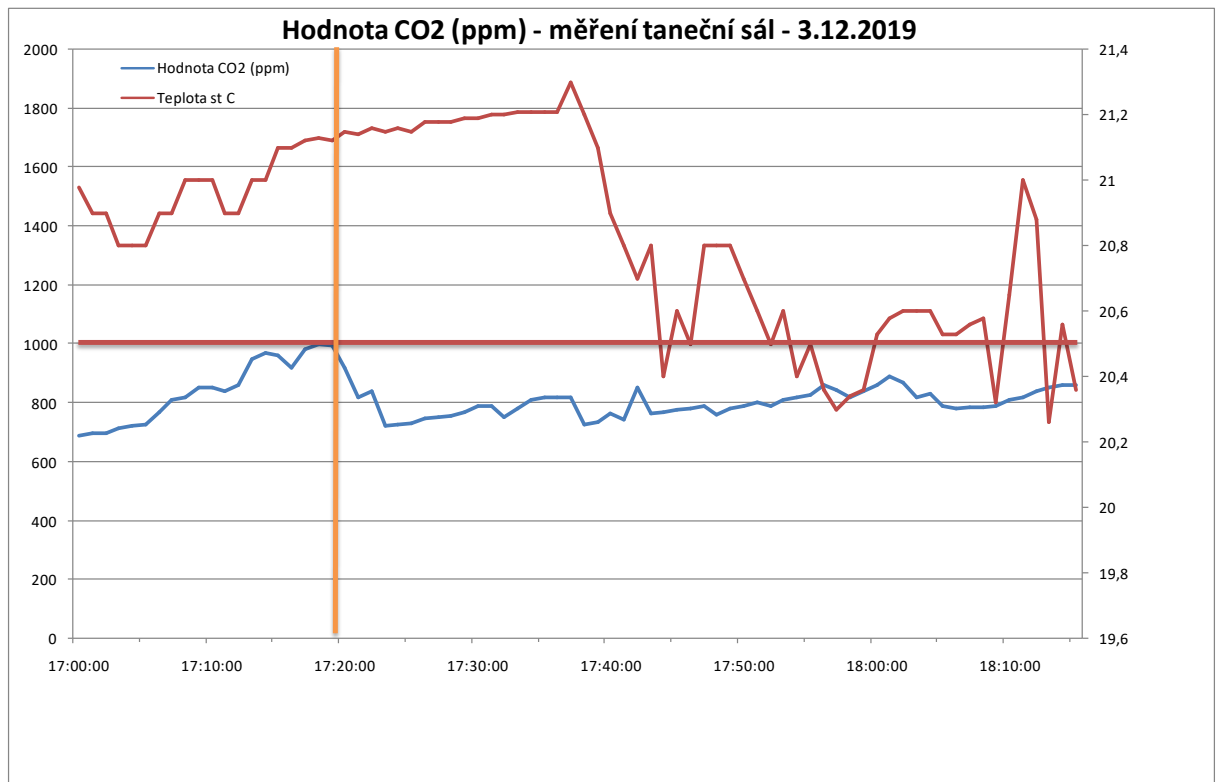
Graf 15: Výsledky měření CO₂ s větráním - období listopad 2019

Graf 16 ukazuje cvičení ze dne 26.11.2019. Zde bylo provedeno větrání až po téměř hodině cvičení. Po vyvětrání hladina koncentrace CO₂ klesala. Větrání nastalo poměrně pozdě, v závislosti na hranici 1000 ppm, to bylo způsobeno i tím, že se cvičení tentokrát zúčastnilo méně žen, a to celkem 14.



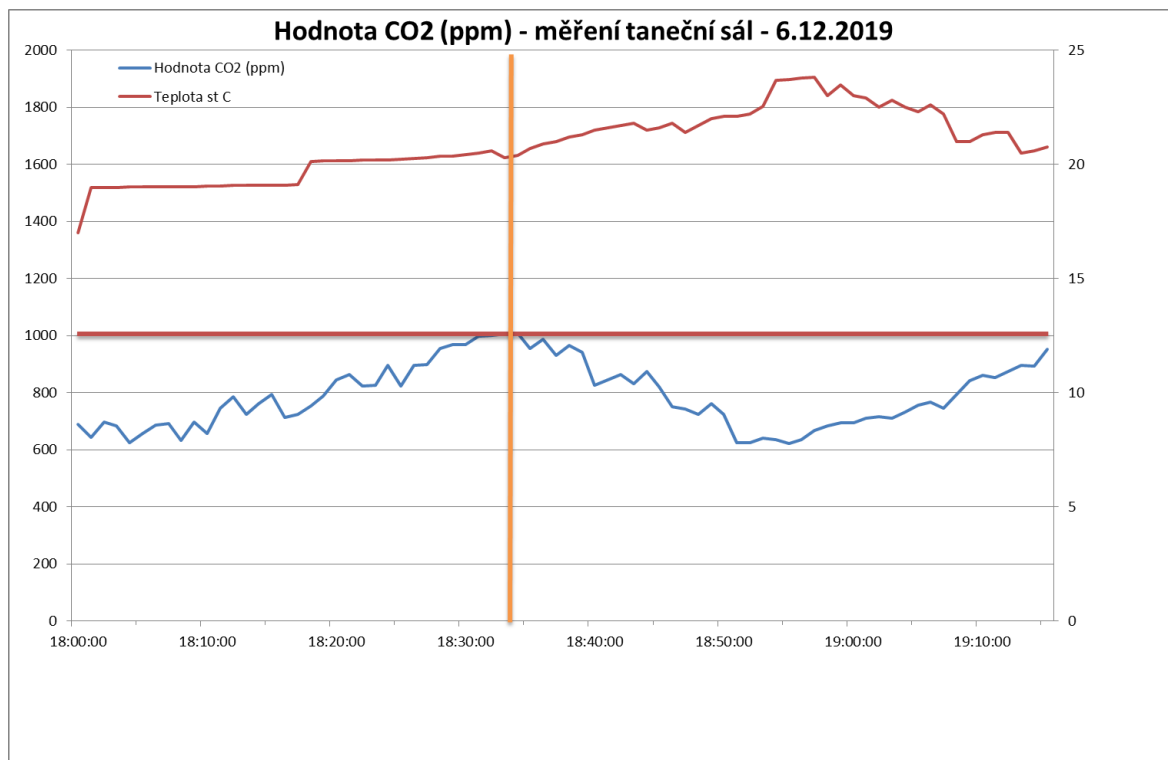
Graf 16: Výsledky měření CO₂ s větráním - období listopad 2019

Z grafu 17 vyplývá, že k větrání se přistoupilo po 20 minutách cvičení, kdy koncentrace CO₂ dosáhla hodnoty 1000 ppm. Po intenzivním minutovém větrání se koncentrace CO₂ ustálila na hodnotě 720 ppm a dál pak rostla přiměřeně. Cvičilo 15 žen.



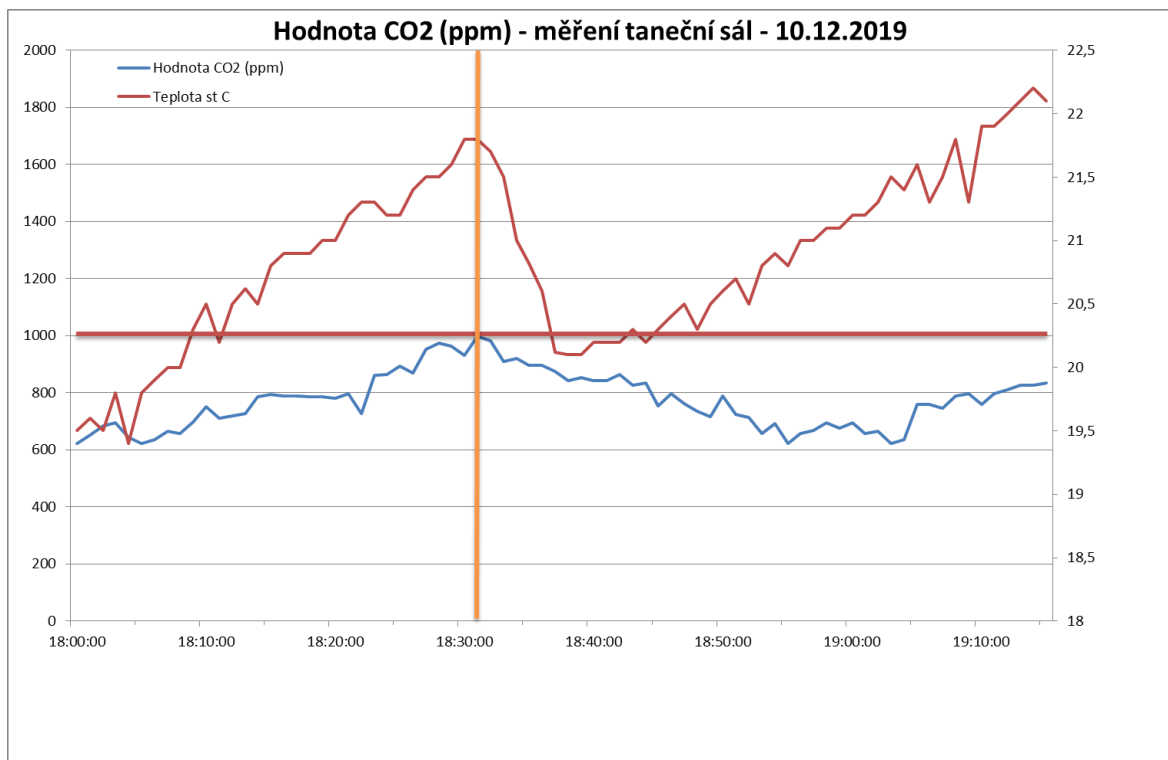
Graf 17: Výsledky měření CO₂ s větráním - období prosinec 2019

Z grafu 18 je patrné, že se hodnota koncentrace CO₂ postupně zvyšovala, hranici 1000 ppm dosáhla po 34 minutách cvičení. Po vyvětrání koncentrace CO₂ klesala, začala se zvyšovat až ke konci cvičení. V sále tento den bylo 15 aktivně cvičících žen.



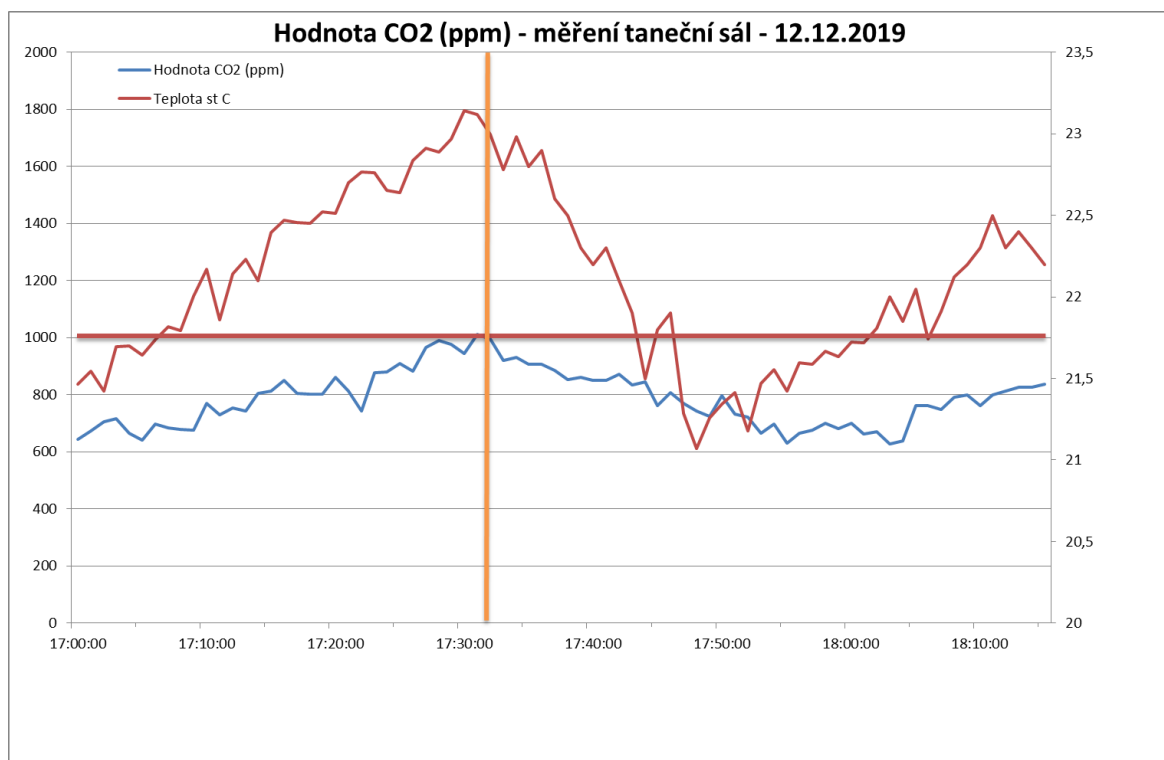
Graf 18: Výsledky měření CO₂ s větráním - období prosinec 2019

V grafu 19 je zřetelné, jak postupně hodnota koncentrace CO₂ narůstala. Po vyvětrání po cca půlhodině došlo k velkému poklesu teploty a docházelo i ke klesání koncentrace CO₂. Ke konci cvičení koncentrace CO₂ začala opět narůstat. Účastnilo se 15 cvičenek.



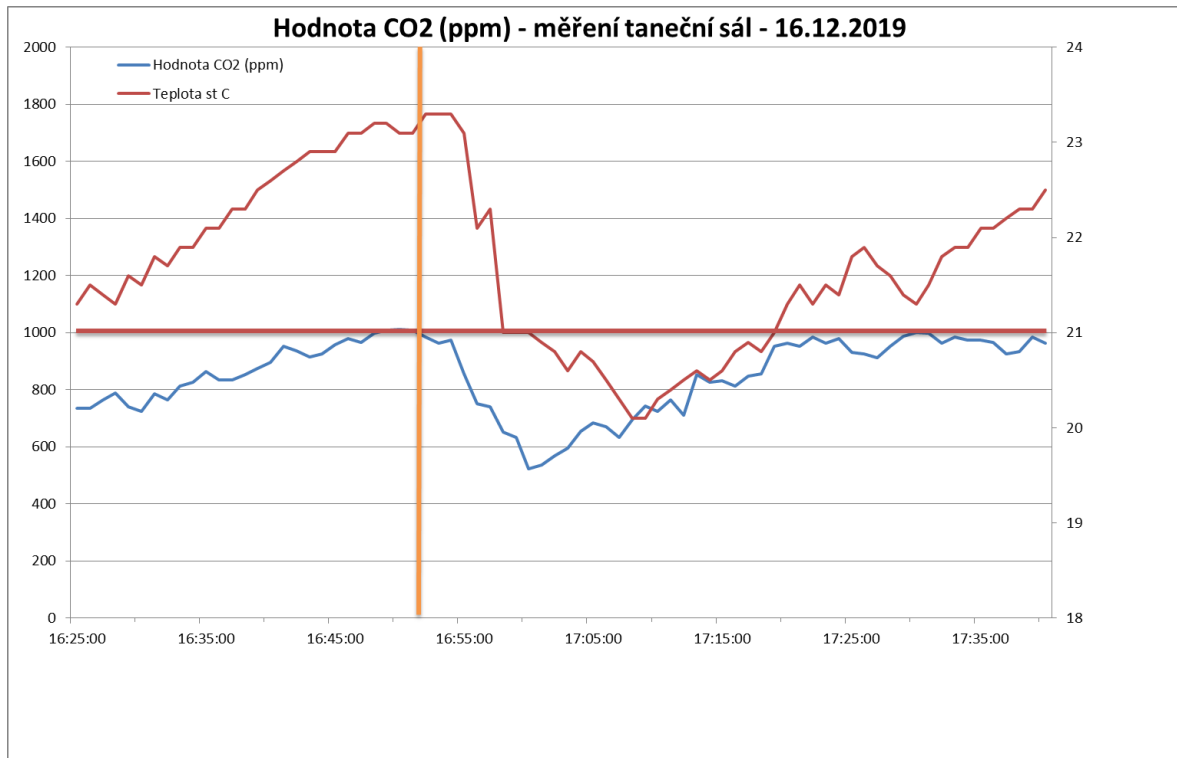
Graf 19: Výsledky měření CO₂ s větráním - období prosinec 2019

Graf 20 vypovídá o tom, že v průběhu cvičení došlo ke zvýšení koncentrace CO₂. Po vyvětrání koncentrace klesala. Zároveň klesala i teplota. Ke konci výuky cvičení začaly opět obě hodnoty narůstat. Cvičilo 15 žen.



Graf 20: Výsledky měření CO₂ s větráním - období prosinec 2019

V grafu č. 21 je vidět, že k dosažení hranice 1000 ppm koncentrace CO₂ došlo po 28 minutách cvičení. Po intenzivním vyvětrání klesla hodnota koncentrace CO₂ i teploty. Následně obě hodnoty začaly narůstat, koncentrace CO₂ se ke konci cvičení vyšplhala opět na hodnotu 1000 ppm. To je způsobeno tím, že cvičení trvalo delší dobu, než je jedna hodina. Účastnilo se 15 žen.



Graf 21: Výsledky měření CO₂ s větráním - období prosinec 2019

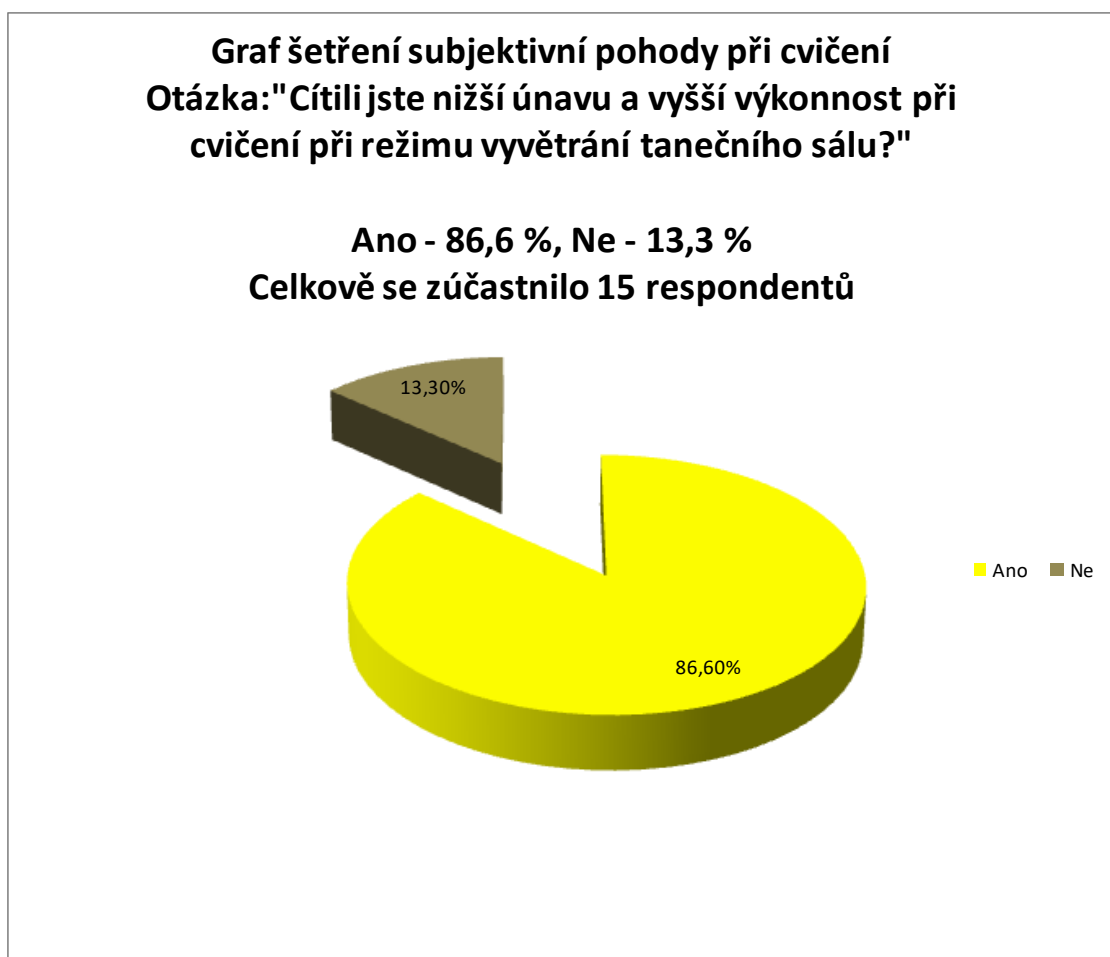
6.1.1 Výsledky dotazníkového průzkumu (CO₂)

Na základě výsledků měření CO₂ byla všem cvičícím ženám, které se účastnily celoročního měření, položena otázka: „Cítíte nižší únavu a vyšší výkonnost při cvičení při režimu vyvětrání tanečního sálu?“

Každá z patnácti účastnic cvičení se měla možnost na závěr měření 16.12.2019 písemně vyjádřit k průběhu měření během roku s možností dopsat své postřehy do poznámek. Z celkového počtu patnácti dotázaných žen odpovědělo třináct žen zcela jasně:

„Ano, cítila jsem se lépe, nebyla jsem tolik unavená jako v nevětrané místnosti“, pouze dvě účastnice nepozorovaly žádný rozdíl, naopak se po vyvětrání cítily o něco chladněji a déle jim poté trvalo, než se zahřály a dostaly zpět do obvyklého cvičebního tempa.

Toto šetření vypovídá o tom, že většině žen (87 %) větrání během cvičení vyhovovalo, pouze dvěma zúčastněným (13 %) nevyhovovalo (viz graf 22).



Graf 22: Výsledek dotazníkového průzkumu (CO₂)

6.2 Měření prachu

Tabulka 4: Výsledky měření prachu – období leden 2019

Měření provedla Bc. Andrea Matoušová, vedoucí oddělení sportu, techniky a přírody DDM Klíč Jaroměř						
Místo měření	Herna v DDM Klíč		Jaroměř-Josefov			
Odběrové místo	Datum měření	Identifikace vzorku	Začátek měření (čas)	Konec měření (čas)	Doba odběru t_i (min)	Koncentrace v ovzduší c_i (mg/m ³)
2	9.1.2019	PVP 1/2019	16:30	18:30	120	0,081

Tabulka 5: Výsledky měření prachu – období únor 2019

Měření provedla Bc. Andrea Matoušová, vedoucí oddělení sportu, techniky a přírody DDM Klíč Jaroměř						
Místo měření	Herna v DDM Klíč		Jaroměř-Josefov			
Odběrové místo	Datum měření	Identifikace vzorku	Začátek měření (čas)	Konec měření (čas)	Doba odběru t_i (min)	Koncentrace v ovzduší c_i (mg/m ³)
2	5.2.2019	PVP 2/2019	17:00	18:50	110	0,059

Tabulka 6: Výsledky měření prachu – období únor 2019

Měření provedla Bc. Andrea Matoušová, vedoucí oddělení sportu, techniky a přírody DDM Klíč Jaroměř						
Místo měření	Herna v DDM Klíč		Jaroměř-Josefov			
Odběrové místo	Datum měření	Identifikace vzorku	Začátek měření (čas)	Konec měření (čas)	Doba odběru t_i (min)	Koncentrace v ovzduší c_i (mg/m ³)
2	22.2.2019	PVP 3/2019	16:00	18:00	120	0,108

Tabulka 7: Výsledky měření prachu – období březen 2019

Měření provedla Bc. Andrea Matoušová, vedoucí oddělení sportu, techniky a přírody DDM Klíč Jaroměř						
Místo měření	Herna v DDM Klíč		Jaroměř-Josefov			
Odběrové místo	Datum měření	Identifikace vzorku	Začátek měření (čas)	Konec měření (čas)	Doba odběru t_i (min)	Koncentrace v ovzduší c_i (mg/m ³)
2	12.3.2019	PVP 4/2019	15:15	17:15	120	0,363

Tabulka 8: Výsledky měření prachu – období duben 2019

Měření provedla Bc. Andrea Matoušová, vedoucí oddělení sportu, techniky a přírody DDM Klíč Jaroměř						
Místo měření	Herna v DDM Klíč		Jaroměř-Josefov			
Odběrové místo	Datum měření	Identifikace vzorku	Začátek měření (čas)	Konec měření (čas)	Doba odběru t (min)	Koncentrace v ovzduší c _i (mg/m ³)
2	16.4.2019	PVP 5/2019	16:30	18:00	90	0,440

Tabulka 9: Výsledky měření prachu – období květen 2019

Měření provedla Bc. Andrea Matoušová, vedoucí oddělení sportu, techniky a přírody DDM Klíč Jaroměř						
Místo měření	Herna v DDM Klíč		Jaroměř-Josefov			
Odběrové místo	Datum měření	Identifikace vzorku	Začátek měření (čas)	Konec měření (čas)	Doba odběru t (min)	Koncentrace v ovzduší c _i (mg/m ³)
2	22.5.2019	PVP 6/2019	17:45	19:30	105	0,547

Tabulka 10: Výsledky měření prachu – období červen 2019

Měření provedla Bc. Andrea Matoušová, vedoucí oddělení sportu, techniky a přírody DDM Klíč Jaroměř						
Místo měření	Herna v DDM Klíč		Jaroměř-Josefov			
Odběrové místo	Datum měření	Identifikace vzorku	Začátek měření (čas)	Konec měření (čas)	Doba odběru t (min)	Koncentrace v ovzduší c _i (mg/m ³)
2	17.6.2019	PVP 7/2019	15:00	17:00	120	0,413

Tabulka 11: Výsledky měření prachu – období září 2019

Měření provedla Bc. Andrea Matoušová, vedoucí oddělení sportu, techniky a přírody DDM Klíč Jaroměř						
Místo měření	Herna v DDM Klíč		Jaroměř-Josefov			
Odběrové místo	Datum měření	Identifikace vzorku	Začátek měření (čas)	Konec měření (čas)	Doba odběru t (min)	Koncentrace v ovzduší c _i (mg/m ³)
2	12.9.2019	PVP 8/2019	14:00	16:00	120	0,033

Tabulka 12: Výsledky měření prachu – období říjen 2019

Měření provedla Bc. Andrea Matoušová, vedoucí oddělení sportu, techniky a přírody DDM Klíč Jaroměř						
Místo měření	Herna v DDM Klíč		Jaroměř-Josefov			
Odběrové místo	Datum měření	Identifikace vzorku	Začátek měření (čas)	Konec měření (čas)	Doba odběru t _i (min)	Koncentrace v ovzduší c _i (mg/m ³)
2	14.10.20109	PVP 9/2019	17:00	19:00	120	0,093

Tabulka 13: Výsledky měření prachu – období listopad 2019

Měření provedla Bc. Andrea Matoušová, vedoucí oddělení sportu, techniky a přírody DDM Klíč Jaroměř						
Místo měření	Herna v DDM Klíč		Jaroměř-Josefov			
Odběrové místo	Datum měření	Identifikace vzorku	Začátek měření (čas)	Konec měření (čas)	Doba odběru t _i (min)	Koncentrace v ovzduší c _i (mg/m ³)
2	19.11.2019	PVP 10/2019	16:00	18:00	120	0,048

Tabulka 14: Výsledky měření prachu – období prosinec 2019

Měření provedla Bc. Andrea Matoušová, vedoucí oddělení sportu, techniky a přírody DDM Klíč Jaroměř						
Místo měření	Herna v DDM Klíč		Jaroměř-Josefov			
Odběrové místo	Datum měření	Identifikace vzorku	Začátek měření (čas)	Konec měření (čas)	Doba odběru t _i (min)	Koncentrace v ovzduší c _i (mg/m ³)
2	13.12.2019	PVP 11/2019	17:00	19:00	120	0,180

6.2.1 Výsledky měření prachu

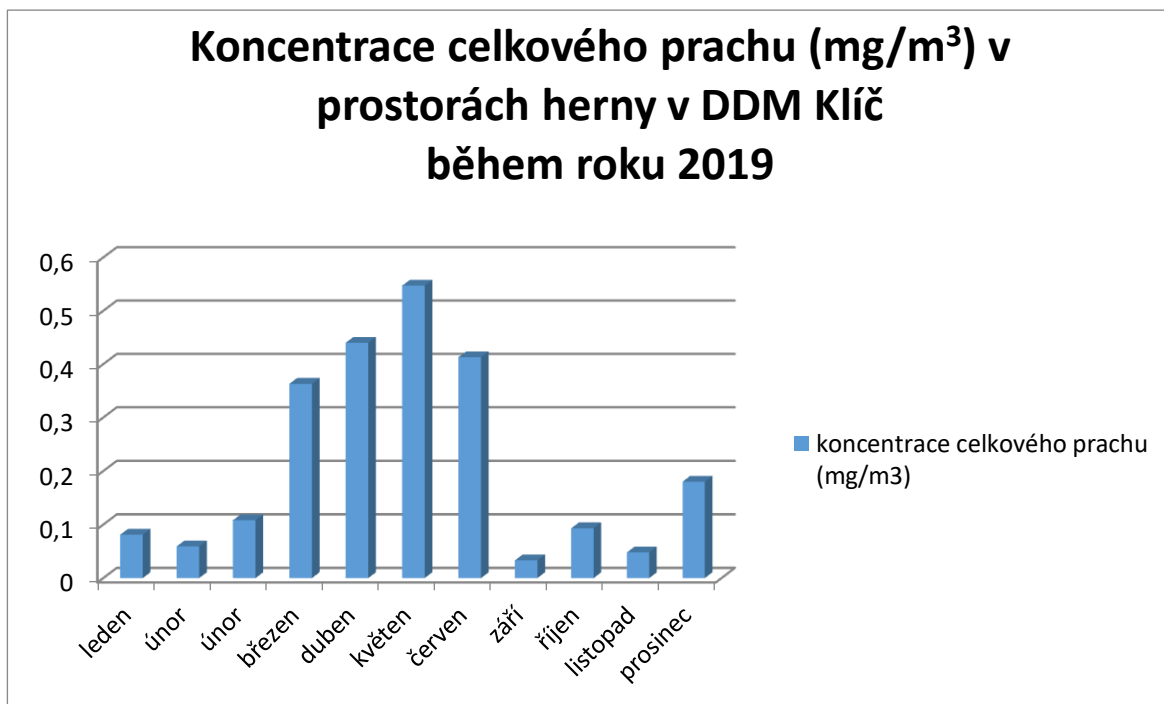
Koncentrace prachových částic byla naměřena v rozmezí od 0,033 do 0,547 mg/m³. Nejnižší koncentraci vykazovalo měření v září 2019 (viz tabulka 11), naopak nejvyšší naměřená koncentrace byla z května 2019 (viz tabulka 9). Ani jedna z naměřených koncentrací nedosahuje přípustného expozičního limitu. Postup pro stanovení přípustného expozičního limitu směsi chemických látek (výňatek z legislativy):

„Koncentrace chemické látky nebo prachu v pracovním ovzduší, jejímž zdrojem není technologický proces, nesmí překročit 1/3 jejich přípustných expozičních limitů.“

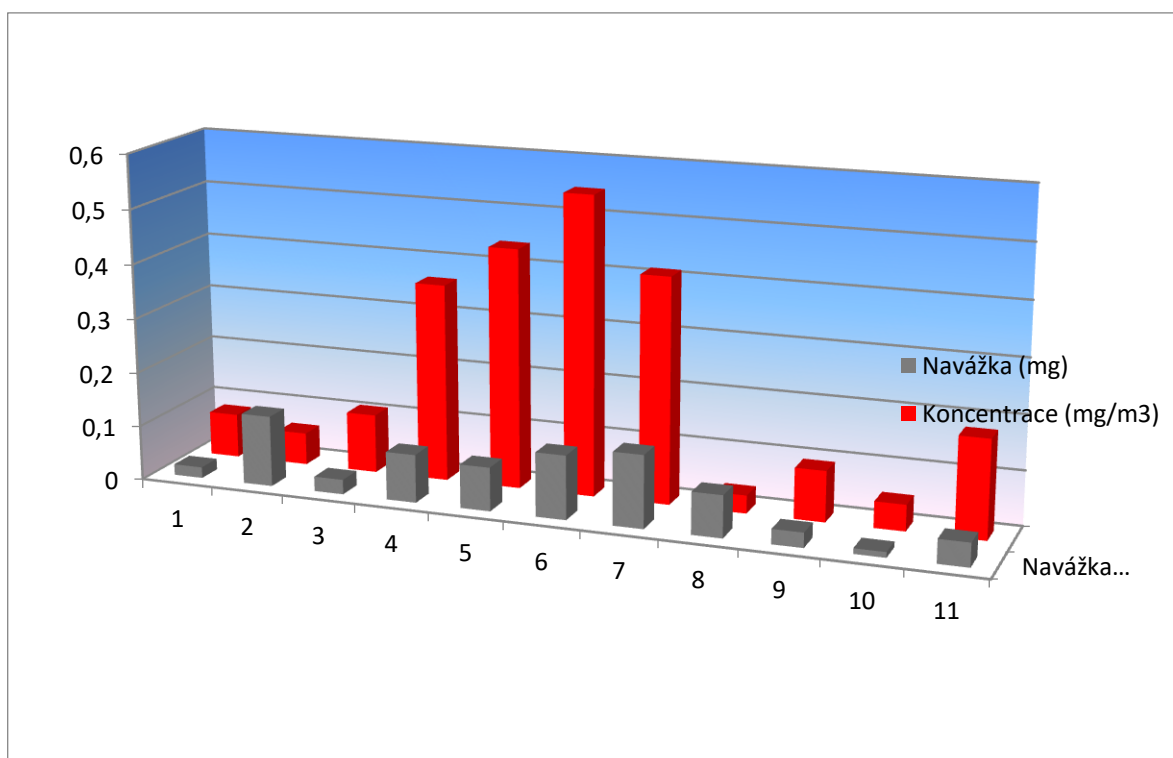
Limitní hodnoty škodlivin v pracovním ovzduší dle přílohy č. 3 k Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., část A, v platném znění pro prachy s převážně dráždivým účinkem - pro prach z bavlny je 2,0 mg/m³. Prach s převážně dráždivým účinkem byl pro účely této práce vybrán jako hodnota limitu, konkrétně pak prach z bavlny s PEL 2,0 mg/m³. Je totiž složité vybrat v legislativě takový prach, který by mohl reprezentovat prach vyskytující se v místnosti herny. Proto byl vybrán prach z bavlny, a to pro poměrně nízkou PEL (jinak se v této kapitole legislativy pohybuje hodnota PEL až 6,0 mg/m³). Pokud budeme brát jako limit pro tento prach hodnotu 2,0 mg/m³, PEL pro vnitřní prostředí je 1/3 hodnoty, tedy 0,666 mg/m³. Ani jedno měření nedosáhlo námi stanovené PEL.

Je ovšem zajímavé posoudit koncentraci prachu v závislosti na ročním období. V měsících březen, duben, květen a červen byla koncentrace prachových částic výrazně vyšší než v zimních měsících. Toto je způsobeno jednak větším množstvím lidí v místnosti, jednak intenzivnějším větráním.

Roční období má prokazatelně vliv na množství prachu v místnosti dětské herny (viz grafy 23-26).

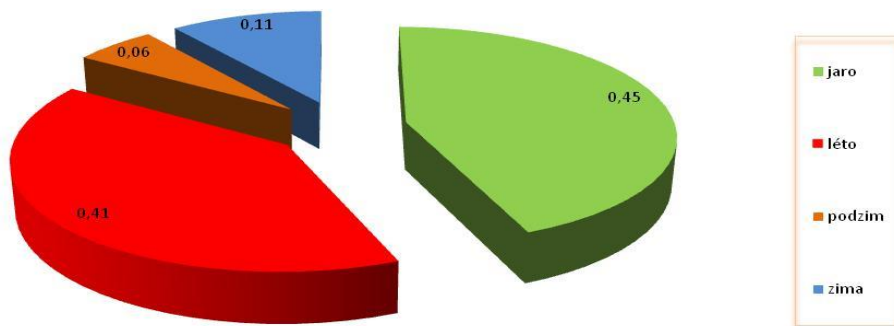


Graf 23: Výsledné celoroční měření prachu v dětské herně - podle kalendářních měsíců



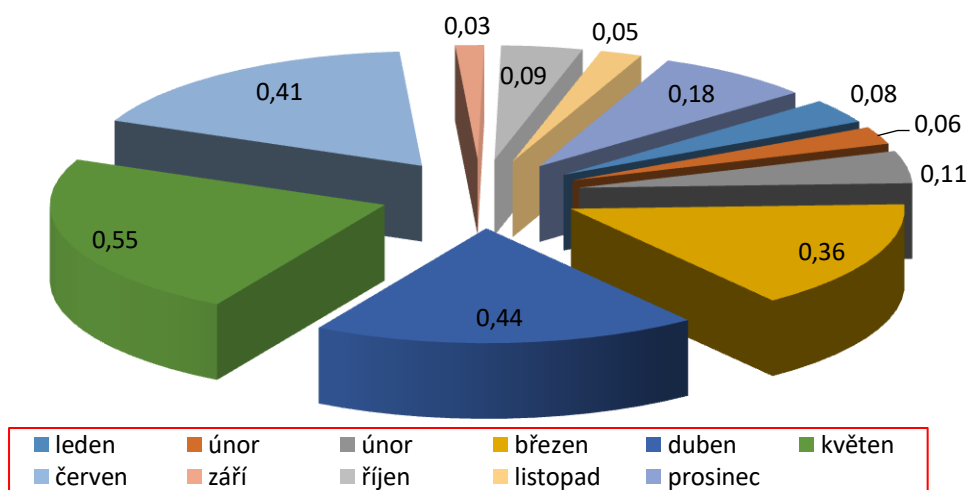
Graf 24: Výsledné měření prachu - podle koncentrace mg/m³

Průměrné koncentrace prachu v herně v závislosti na ročním období (mg/m³)



Graf 25: Výsledné celoroční měření prachu v dětské herně - podle ročního období

Koncentrace prachu v herně za jednotlivé měsíce roku 2019 mg/m³



Graf 26: Výsledné celoroční měření prachu v dětské herně - podle jednotlivých měsíců

7 Diskuze

Měření CO₂ a prachu ve vnitřních prostorech je ojedinělé, zpravidla se měří kvalitativně pouze kanceláře se zabudovanou vzduchotechnikou. Je tomu tak hlavně proto, že v legislativě není nijak jasně uveden limit koncentrace CO₂. Navíc je měření kvality vnitřního ovzduší poměrně finančně náročné. V počátku diskuze bych ráda zmínila fakt, že denně měření probíhalo za pokud možno totožných podmínek, ale nelze aplikovat na všechny místnosti v budově obecně.

Hodnota koncentrace CO₂ podle různých studií ovlivňuje silně lidské chování. Hodnota koncentrace prachu má pak vliv na lidské zdraví. (Bekö et al. 2011; Derbez et al. 2014).

Měření pro účely této diplomové práce bylo provedeno v období jednoho kalendářního roku. Měření CO₂ probíhalo v období 21.2.2019 až 16.12.2019. Celkově bylo provedeno dvacet měření. Každé měření trvalo minimálně 60 minut. Deset měření bylo uskutečněno v průběhu první poloviny roku. Během zpracovávání výsledků byla podpořena hypotéza ohledně nadlimitní koncentrace CO₂. Navazující měření proběhlo v druhé polovině roku 2019, kde byly nastaveny podmínky větrání.

Měření prachu bylo poprvé realizováno 9.1.2019 a poslední měření proběhlo 13.12.2019. Celkem bylo provedeno 11 odběrů, vždy na stejném místě, po celou dobu roku 2019, a bylo rozloženo rovnoměrně do celého roku mimo letní prázdniny.

Cílem této diplomové práce bylo zjištění kvantifikace vlivu větrání během hodiny cvičení na koncentraci CO₂. Dále se práce zabývala vlivem ročního období na koncentraci prachu v místnosti dětská herna.

Během první poloviny měření koncentrace CO₂ nikdy nemohla být otevřená okna, což je standardním režimem při cvičení. Během druhé poloviny měření byla okna naopak otevírána, a to v závislosti na koncentraci CO₂ v daný čas.

V úvodu práce byly nastaveny pracovní hypotézy.

Hypotéza 1 předpokládala, že koncentrace CO₂ během měření bez větrání přesáhne hodnotu 1000 ppm, což se bralo pro účely této diplomové práce jako hraniční. Tato hypotéza byla potvrzena, všech deset měření v režimu bez větrání překročilo v průběhu měření tuto stanovenou hranici koncentrace.

Hypotéza 2 předpokládala, že při překročení koncentrace CO₂ nad limit 1000 ppm bude dostačující větrání po dobu jedné minuty. V průběhu druhé fáze měření koncentrace CO₂ byla hodnota koncentrace sledována a při dosažení hranice 1000 ppm byla otevřena dvě okna tak, aby byl vytvořen průvan. Průvan byl udržován po dobu jedné minuty. V režimu cvičení byl tento časový úsek intenzivního větrání dostačující. Koncentrace CO₂ se pak už na hranici 1000 ppm nedostala. Pokud by ale cvičení trvalo delší dobu, byla by opět hranice atakována a bylo by nutné provést další větrání.

Hypotéza 3 předpokládala rozdíl mezi režimy cvičení s větráním a bez větrání. Rozdíl je patrný z výše uvedených grafů 2 až 21. Bez větrání by vždy byla překročena hranice 1000 ppm.

Hypotéza 4 nadnesla teorii, že koncentrace prachových částic bude pod příslušným expozičním limitem. Měření tuto teorii potvrdilo, koncentrace prachu zdaleka nedosahuje limitu pro vnitřní prostředí.

Hypotéza 5 předpokládala, že rozdíl koncentrace prachu v jednotlivých ročních obdobích bude výrazně jiný. V případě hraniční hodnoty koncentrace prachu by bylo navrženo řešení problému. Hraniční hodnota prachu nebyla zdaleka dosažena. Hypotéza ohledně závislosti koncentrace prachu na ročním období byla potvrzena, koncentrace prachu je závislá na větrání, potažmo na ročním období. Nejvyšší koncentrace bylo dosaženo na jaře a v létě, kdy byla otevřena okna v herně. Tím pádem expozice prachovými částicemi byla vyšší. Ovšem stále nedosahovala ani zdaleka limitu, proto dál nebyla tato hypotéza rozebírána.



Obrázek 17: Měření při cvičení - bez větrání



Obrázek 18: Měření při cvičení - s větráním

8 Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo definovat vývoj kvality ovzduší v závislosti na využití místnosti. Bylo třeba vytvořit a aplikovat základní metodiku měření a analýzy vybraných charakteristik kvality ovzduší jako je celková prašnost, koncentrace CO₂ a teploty vzduchu. Hlavní důraz jsem kladla na metodiku měření. Měření bylo prováděno po dobu jednoho roku.

Měření koncentrace CO₂ probíhalo v tanečním sále, kde bylo přítomno 14 až 15 žen, které cvičily jednu hodinu. Prvních deset měření bylo provedeno v první polovině roku 2019. Každé měření trvalo jednu hodinu. V průběhu hodiny byla naměřena koncentrace CO₂ a teplota. Maximální koncentrace CO₂ během těchto prvních deseti měření nepřesáhla hodnotu 2000 ppm. Zato hodnotu 1000 ppm přesáhla zpravidla již v první půlhodině. Tudíž námi stanovený limit 1000 ppm byl vždy překročen.

Druhá etapa měření koncentrace CO₂ probíhala v druhé polovině roku 2019 (od 15.10. do 16.12.). V hypotéze této práce byla nadnesena teorie, že hodnota 1000 ppm bude překročena. To se stalo, což jsem si ověřila v prvním období měření. V druhé fázi jsem během měření sledovala parametry koncentrace CO₂ v ppm. V době, kdy se blížila koncentrace CO₂ k 1000 ppm, bylo v tanečním sálu otevřeno okno na jedné straně a okno na druhé straně. Toto intenzivní větrání trvalo přesně jednu minutu, během které probíhalo měření koncentrace CO₂. Takto navržené větrání je dostačující. Z naměřených hodnot vyplývá, že je třeba takto vyvětrat během první půlhodiny.

Opatření ke zlepšení kvality ovzduší z hlediska koncentrace CO₂ jsou taková, že je třeba provést intenzivní větrání po dobu minimálně jedné minuty tak, aby bylo dosaženo průvanu. Po tomto intenzivním větrání by koncentrace CO₂ neměla přesáhnout limitní hodnotu 1000 ppm. Z grafů je patrné, že k dosažení této limitní hodnoty dochází nejdříve po 15 minutách cvičení, nejpozději do půlhodiny od začátku cvičení. Proto navrhuji intenzivní větrání provádět po uplynutí 15 minut cvičení, minimálně po dobu jedné minuty s intenzivním průvanem. To zajistí nepřekročení limitu koncentrace CO₂ do konce hodiny cvičení.

Dalším předmětem práce bylo statistické měření koncentrace prachových částic v dětské herně. Toto měření probíhalo po dobu jednoho roku, vždy každý měsíc, vyjma letních prázdnin (červenec, srpen, kdy neprobíhá pravidelná činnost v DDM). S ohledem na vyšší vytíženost místnosti bylo provedeno měření v měsíci únor 2x. Celkově tedy byl prach měřen 11x za kalendářní rok. Předpokladem bylo, že koncentrace prachu bude závislá na ročním období a na intenzitě větrání. Hodnota koncentrace prachu se pohybovala v rozmezí 0,033 – 0,547 mg/m³. Ukázalo se, že v jarních a letních měsících je hodnota koncentrace prachu výrazně vyšší než v zimních. Ovšem i tato hodnota je stále pod mezí přípustného expozičního limitu. Tento limit tvoří jedna třetina PEL, které jsou uvedeny v Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., v příloze 2, části B, v platném znění. Vzhledem k problematickému stanovení prachu v herně byl pro účely této diplomové práce vzat limit prachu s převážně dráždivým účinkem, konkrétně prach z bavlny s PEL 2,0 mg/m³. Limitní koncentrace pro vnitřní prostory je 1/3 PEL, v tomto případě tedy 0,666 mg/m³.

Opatření ke zlepšení kvality ovzduší z hlediska koncentrace prachových částic je tedy v tomto případě irelevantní. V případě překročení limitu by bylo nutno uvažovat o jiném režimu větrání, kupříkladu přes přilehlou chodbu, a to z důvodu snížení expozice prachových částic.

Seznam použitých zdrojů - knihy, tiskopisy, články, internet

Adamec V. a kol. 2008. Doprava, zdraví a životní prostředí. GRADA, Praha.

Almeida SM, Wolterbeek HT. 2014. Eldery exposure indoor air pollutants. Atmospheric Environment.

American Society for Testing and Materials. 2002. ASTM Standard D 6245 – 07 Guide for Using Indoor Carbon Dioxide Concentrations to Evaluate Indoor Air Quality and Ventilation. American Society for Testing and Materials.

ARNIKA. Látky znečišťující ovzduší. Praha. Available from <https://arnika.org/latky-znecistujici-ovzdusi> (accessed December 2019).

ASHRAE. 2017. ANSI/ASHRAE Standard 55-2017 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.

Auliciems A, Szokolay SV. 1997. Thermal Comfort. University of Queensland, Australia.
Barankova P, Sundell J, Melikov A, Naydenov K. 2004. Distribution of carbon dioxide produce by people in a room: Part 2 – field study. Proceeding of Room ventilation. University of Coimbra, Portugal.

Barritauld P, Brun M, Gidon S, Nicoletti S. 2011. Mid – IR source based on a free standing Micro hot plate for autonomous CO₂ sensing in indoor applications. Sensors and Actuators A 172: 379-385.

Bartoňová A. 2004. Aktuální otázky znečištění ovzduší. Univerzita Karlova, Praha.

Bekö G, Toftum J, Clausen G. 2011. Modeling ventilation rates in bedrooms based on building characteristics and occupant behavior. Building and Environment 46: 2230-2237.

Braňiš M, Hůnová I a kolektiv autorů. 2009. Atmosféra a klima Aktuální otázky ochrany ovzduší. Nakladatelství Karolinum, Univerzita Karlova v Praze.

Braun JE, Lawrence TM. 2006. Evaluation of simplified models for predicting CO₂ concentrations in small commercial buildings. Building and Environment 41: 184-194.

Centnerová L. 2000. Tepelná pohoda a nepohoda. Topinfo s.r.o., Praha. Available from <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/404-tepna-pohoda-a-nepohoda> (accessed March 2020).

Centrum pasivního domu. 2019. Z čeho postavit pasivní dům a jak ho větrat? Poradí experti Centra pasivního domu! Centrum pasivního domu, Brno. Available from <https://www.ceskestavby.cz/firmy/centrum-pasivniho-domu.html> (accessed March 2020).

Cifrinec I. 2010. Větrání bytových domů - Základy teorie větrání. Topinfo s.r.o., Praha Available from <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani> (accessed January 2020).

Cihelka J. 1985. Vytápění, větrání a klimatizace. SNTL, Praha.

Clemeents-Croome DJ, Awbi HB, Bakó-Biró Z, Kochhar N, Williams M. 2008. Ventilation rates in schools. Building and Environment. Volume 43, Issue 3, Pages 362-367.

Colton MD, MacNaughton J, Vallarino J, Kane J, Benett – Fripp M et al. 2014. Indoor air quality in green vs conventional multifamily low-income housing. Environmental Science and Technology 48: 7833-7841.

Conrad Electronic Česká republika, s.r.o. 2020. Testo 0516 1435 Messgeräte-Tasche, Etui vhodný pro Testo 435. CONRAD, Praha. Available from https://www.conrad.cz/testo-0516-1435-messgerate-tasche-etui-vhodny-pro-testo-Ceny_Desktop&utm_content=4001-5000&utm_term=# (accessed December 2019).

Cortés BD, Ruiz HA, Guillén GG, Llop M, Guimerà R, Sales PM. 2015. Identifying strategies for mitigating the global warming impact of the EU-25 economy using a multi-objective input-output approach. Energy Policy 21-30.

Csobod É, Annesi – Maesano I, Carrer P, Kephelopoulos S. 2014. SINPHONIE (Schools Indoor Pollution and Health Observatory Network in Europe. Publication Office of the European Union Luxembourg, 27 str.

Čisté nebe o.p.s. Polétavý prach PM₁₀, PM_{2,5}, PM_{1,0}. Čisté nebe o.p.s., Ostrava-Vítkovice. Available from <http://www.cistenebe.cz/stav-ovzdusi-na-ostravsku/slovnicek-pojmu/13-poletavy-prach-pm10-pm25-pm10> (accessed March 2020).

ČVUT, Stavební fakulta. České vysoké učení technické. Available from tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/62/du1pomocne-tabulky.pdf (accessed March 2020).

Dadák L. 2005. ARK, FN u Sv. Anny, Fyziologie a patofyziologie dýchání. Available from <https://adoc.tips/queue/fyziologie-a-patofyziologie-dychani-mudr-luka-dadak-ark-fn-u.html>.

Derbez M, Berthhineau B, Coche V, Lethrosne M, Pignon C et al. 2014. Indoor air quality and comfort in seven newly built, energy-efficient houses in France. Building and Environment 72: 173-187.

- Desonie D. 2007. Atmosphere: Air Pollution and Its Effects. Chelsea House Publications, UK.
- Doležilková H. 2010. Kvalita vnějšího a vnitřního vzduchu. In: TZB-info. Available from <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/6486kvalita-vnejsiho-a-vnitriho-vzduchu>
- Dufka J. 2005. Větrání a klimatizace domů a bytů. Grada Publishing a.s., Praha.
- Fang L, Clausen G, Fanger PO. 1998. Impact of Temperature and Humidity on the Perception of Indoor Air Quality. Indoor Air. Volume 8, no 2: Pages 80-90.
- Frontczak M, Wargocki P. 2011. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. Building and Environment.
- Frontczak M, Andersen RV, Wargocki P. 2012. Questionnaire survey on factors influencing Comfort with indoor environmental quality in Danish housing. Building and Environment 50: 56-64.
- Gilbert NL, Gauvin D, Guay M, Héroux M É, Dupuis G et al. 2006. Housing characteristics and indoor concentration of nitrogen dioxide and formaldehyde in Quebec City. Environment Research 102: 1-8.
- Hack RC. 1989. Occupational Health Practice (Third Edition), Chapter 8 – Ionizing radiation. Edited by: H A Waldron. Pages 151-174. ISBN 978-0-407-33702-2. Pages 544.
- Hanáková E. 2008. Práce a zdraví, rizikové faktory pracovního prostředí. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, Praha.
- Hnilicová H, Hůnová I, Maznová J, Vlček O. 2009. Zlepšení metod hodnocení znečištění ovzduší částicemi PM₁₀ na území České republiky. Občanské sdružení ochrana kvality ovzduší, Praha.
- Hraška J. 2017. Pohodové vnútorné prostredie budov. Vydavateľstvo STU, Bratislava.
- Hůnová I, Janoušková S. 2004. Úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší. Karolinum, Praha.
- Jokl M. 1993. Teorie vnitřního prostředí budov. ČVUT, Praha.
- Jokl M. 2002. Zdravé obytné a pracovní prostředí. Academia, Praha.
- Klusáková M, Lacina A. 2001. Teplota a její měření.

Kmoch T. 2016. Technika a způsoby měření parametrů vnitřního prostředí. Available from <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitriprostredi/9217-technika-a-zpusoby-mereni-parametru-vnitriho-prostredi>.

Kolektiv autorů. 2013. Příručka ochrany kvality ovzduší. Sdružení společnosti IREAS centrum s.r.o. a Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Praha.

Krejsová J. 2012. Uvolňování škodlivin ze stavebních materiálů v závislosti na čase. ČVUT, Fakulta stavební, Praha.

Krejsová J. 2013. Pilotní měření CO₂, relativní vlhkosti a dalších veličin ve výukových prostorách. Sborník přednášek z odborného semináře, VOŠ a SPŠ Volyně, str. 231-238.

Leech JA, Raiyenne M, Gusdorf J. 2004. Health in occupancy of energy efficient homes. Indoor Air.

Maidment CD, Jones CR, Webb TL, Hathway EA, Gilbertson JM. 2014. The impact of Household energy efficiency measures on health: A meta-analysis, Energy Policy Volume 65, Pages 583- 593.

Mathauserová Z. 2000. Mikroklima uvnitř budov. SZÚ, Praha.

Mathauserová Z. 2005. Kvalita vnitřního prostředí v našich předpisech. SZÚ, Praha.

Ministerstvo životního prostředí České republiky. (2012) Polétavý prach. Integrovaný registr znečišťování, Praha. Available from <https://www.irz.cz/repository/latky/poletavyprach.pdf> (accessed December 2019).

Ministerstvo životního prostředí České republiky (2012) Polétavý prach. Metody měření znečišťujících látek v únicích do ovzduší. Integrovaný registr znečišťování, Praha. Available from <https://www.irz.cz/node/179> (accessed December 2019).

Muntinger K. 2013. Pozor na koncentraci CO₂ v domácnosti - správné větrání je základ. Available from <https://www.nazeleno.cz/bydleni/vetrani-1/pozor-na-koncentraci-co2-v-domacnosti-spravne-vetrani-je-zaklad.aspx>.

Norhidayah A, Chia – Kuang L, Azhar MK, Nurulwahida S. 2013. Indoor Air Quality and Sick Building Syndrome in Three Selected Buildings. Procedia Engineering.

Novák J. 2008. Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov. Grada Publishing a.s., Praha.

Nový R a kolektiv. 2000. Technika prostředí. ČVUT, Praha.

- Papež K. 1997. Technická zařízení budov 3: větrání a klimatizace. ČVUT Stavební fakulta, Praha.
- Papež K, Kabrhel M a kolektiv. 2005. Kvalita vnitřního prostředí. ČVUT, Stavební fakulta, Praha.
- Penman J M. 1980. An experimental determination of ventilation rate in occupied rooms Using atmospheric carbon dioxide. *Building and Environment* 15: 45-47.
- Peretti C, Pasut W, Emmi G, De Carli M. 2015. Comfort and Perceived Air Quality in Refurbished Social House with Mechanical Ventilation System: The Impact of Occupants Behaviour, *Energy Procedia*, Volume 78, November 2019, Pages 2887-2892. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215023917>.
- Perez Lombard L, Ortiz J, Pout C. 2008. A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings* 40: 394-398.
- PEVI, s.r.o. 2010. Prašnost na pracovišti (I.), PEVI s.r.o., Lanškroun. Available from <https://www.pevi.cz/cz/zajimavosti-z-oboru/prasnost-na-pracovisti-i> (accessed December 2019).
- Pišoft P. 2018. Přednášky z předmětu „Kvalita ovzduší“, 1. ročník RVP-HK . ČZU, Praha.
- Protronix s.r.o. 2009. Pracujete ve zdravém prostředí? Měření oxidu uhličitého v budovách.
- Pulkrábek J, Cihelka J, Oppl J. 1957. Větrání. SNTL, Praha.
- Redlich CA, Sparer J, Cullen MR. 1997. Sick-building syndrome. *The Lancet*. Volume 349, Issue 9057, 5. April 1997, Pages 1013-1016.
- Rodgers TL. 2019. ANSI/ASHRAE Standards Development Process. BNP media, Troy. Available from <https://www.missioncriticalmagazine.com/articles/92072-ansiashrae-standards-development-process> (accessed March 2020).
- Rosina J, Kolářová H, Staněk J. 2006. Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů. Grada Publishing a.s., Praha.
- Rubin A. 2008. Klimatizace a větrání. ERA, Praha.
- Salthammer T. Formaldehyde in the Ambient Atmosphere: From an Indoor Pollutant to an Outdoor Pollutant?, 2013, Wiley-VCH Verlag GmbH Co. KGaA, Weinheim, *Angewandte Chemie International Edition* 2013, 52, 3320-3327.

- Sharpe RA, Thornton CR, Nikolaou V, Osborne NJ. 2015. Higher energy efficient homes are Associated with increased risk of doctor diagnoses asthma in a UK subpopulation. *Environment International*, Volume 75.
- Smedje G, Mattsson M, Walinder R. 2011. Comparing mixing and displacement ventilation in classroom: pupil' s perception and health. *Indoor Air* 21: 4455-4607.
- Smola J. 2011. Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů. Grada Publishing a.s., Praha.
- SPŠ Uherské Hradiště, Chemie - Oxid uhličitý - CO₂. Available from http://ucebnicechemie.wz.cz/index.php?slozenina=oxid_uhlicity.
- Stýblo Z. 2010. Nauka o stavbách - školské stavby. České vysoké učení technické, Praha.
- Šapošnikov V. 1964. Nauka o teple. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.
- Šubrt R. et al. 2011. Mikroklima ve veřejných budovách jako důvod instalace rekuperace. Energy Consulting Service s.r.o. Ministerstvo průmyslu a obchodu.
- Tiwarý A, Colls J. 2010. Air Pollution: Measurement, Modelling and Mitigation. Routledge, USA.
- Topinfo s.r.o., Praha. Available from <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitрни-prostredi/5827-pracujete-ve-zdravem-prostredi> (accessed March 2020).
- Turanjani V, Vučićević B, Jovanović M, Mirkov N, Lazović I. 2014. Indoor CO₂ Measure mets in Serbian schools and ventilation rate calculation. *Energy* 77: 290-296.
- Typovská S. (2016). Environmentální výchova. Téma: Kvalita vzduchu ve vnitřním prostředí měřená množstvím CO₂. Projekt SAKO, Gymnázium a SOŠ Cihelní 410, Frýdek-Místek. Available from <https://docplayer.cz/2653990-Environmentalni-vychova.html> (accessed December 2019).
- Vallero DA. 2008. Fundamentals of air pollution. Elsevier, Boston.
- Villanyi V. 2010. Air Pollution. Sciyo, Indie.
- Vrána J. a kolektiv. 2007. Technická zařízení budov v praxi. Grada Publishing a.s., Praha.
- Wikipedie. 2008. Teplota. Wikipedie. Available from <https://cs.wikipedia.org/wiki/Teplota> (accessed March 2020).

YALE UNIVERSITY. Managing uncertainty: How oil carbon feedbacks could affect climate change. phys.org. (accessed December 2019).

Zhengsheng et al. 2016. Characteristic soft oral airborne microbes at various air quality levels, Journal of Aerosol Science, Volume 116, February 2020, Pages 57-65. Available from <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2017.11.001>.

Zikán Z. 2013. Větrání a kvalita vnitřního prostředí v českých školách. In: ASB portal. Available from <http://www.asbportal.cz/tzb/vetrani-a-klimatizace/vetrani-a-kvalitavnitriho-prostredi-v-ceskychskolach-2960.html>.

Seznam dalších použitých zdrojů - legislativa (vyhlášky, normy)

ČSN EN 481. 1994. O vzduší na pracovišti. Vymezení velikostních frakcí pro měření poletavého prachu. Český normalizační institut, Praha.

ČSN EN ISO 10882-2. 2002. Ochrana zdraví ve svařování a příbuzných procesech - Odběr vzorků poletavého prachu a plynů v dýchací zóně pracovníka - část 2: Odběr vzorků plynů. Český normalizační institut, Praha.

ČSN EN ISO 7730. 2006. Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu. Český normalizační institut, Praha.

ČSN ISO 4226. 2011. Kvalita ovzduší – Obecná hlediska – Jednotky měření. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

ČSN EN ISO 10882-1. 2012. Ochrana zdraví a bezpečnost při svařování a příbuzných procesech - Odběr vzorků poletavého prachu a plynů v dýchací zóně svářeče - část 1: Odběr vzorků poletavého prachu. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

ČSN EN 1540. 2013. Expozice pracoviště - Terminologie. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

ČSN EN 689. 2018. O vzduší na pracovišti – Pokyny pro stanovení inhalační expozice chemickým látkám pro porovnání s limitními hodnotami a strategie měření. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

Ministerstvo pro místní rozvoj. 2009. Vyhláška č. 268 ze dne 12. srpna 2009 o technických požadavcích na stavby. Strany 3702-3719 in Sběrka zákonů České republiky, 2009, částka 81. Česká republika.

Ministerstvo zdravotnictví. 2003. Vyhláška č. 6 ze dne 16. prosince 2002, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb. Strany 121-127 in Sběrka zákonů České republiky, 2003, částka 4. Česká republika.

Ministerstvo zdravotnictví. 2003. Vyhláška č. 432 ze dne 4. prosince 2003, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli. Strany 7210-7223 in Sběrka zákonů České republiky, 2003, částka 142. Česká republika.

Ministerstvo zdravotnictví, Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy, Ministerstvo práce a sociálních věcí. 2005. Vyhláška č. 410 ze dne 4. října 2005 o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých. Strany 7478-7488 in Sběrka zákonů České republiky, 2005, částka 141. Česká republika.

Parlament České republiky. 2000. Zákon č. 258 ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Strany 3622-3662 in Sběrka zákonů České republiky, 2000, částka 74. Česká republika.

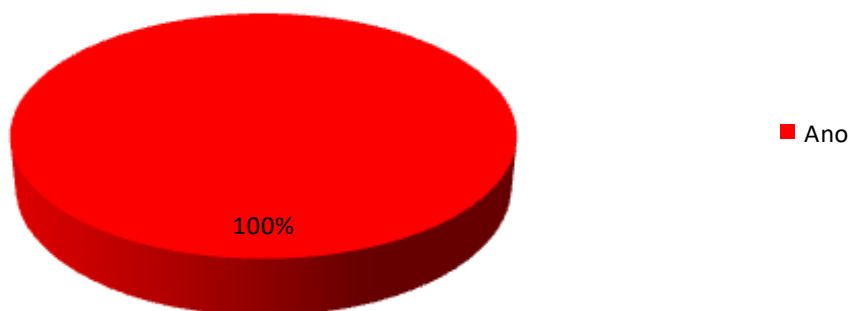
Vláda České republiky. 2007. Nařízení vlády č. 361 ze dne 12. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Strany 5086-5229 in Sběrka zákonů České republiky, 2007, částka 111. Česká republika.

Seznam použitých symbolů a zkratek

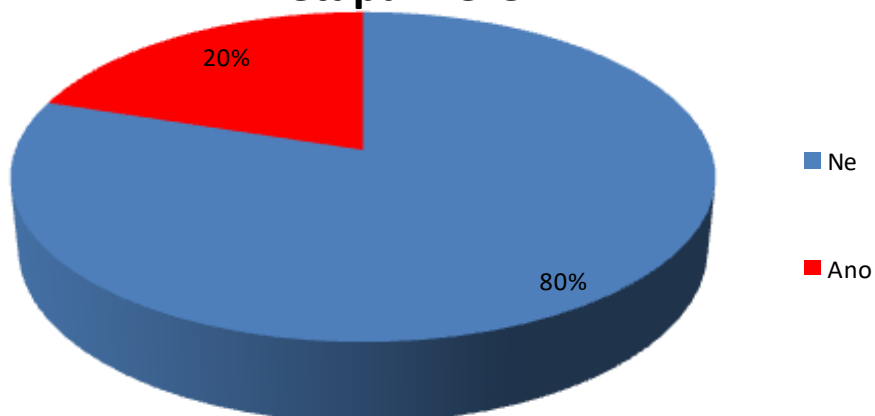
CD	kompaktní disk (angl. Compact disc), disk pro digitální data
CLRTAP	Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší přesahujícím hranice států (angl. Convention on Long-range Transboundary Air Pollution)
CO ₂	chemický vzorec oxidu uhličitého
ČSN	Česká technická norma
DDM	Dům dětí a mládeže (středisko volného času)
DVD	digitální víceúčelový disk (angl. Digital versatile disc)
IAQ	kvalita vnitřního ovzduší (angl. Indoor air quality)
IARC	Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (angl. International Agency for Research on Cancer) je součástí Světové zdravotnické organizace (WHO)
IEQ	kvalita vnitřního prostředí (angl. Indoor environment quality)
K ₂ CO ₃	chemický vzorec uhličitanu draselného (bílá, silně hygroskopická sůl kyseliny uhličité)
MZ ČR	Ministerstvo zdravotnictví České republiky
NV	nařízení vlády
OM	odběrové místo
PC	osobní počítač (angl. Personal computer)
PEL	přípustný expoziční limit
PM	poléťavý prach (angl. Particulate Matter)
PMS	pod mezí stanovitelnosti
ppm	díly či částice na jeden milion (angl. parts per milion) (jedna miliontina celku = latinsky „pars per milion“)
PVP	pracovní a vnitřní prostředí
VOC	těkavé organické sloučeniny (angl. Volatile organic compound)
μm	mikrometr (u měření prachu) Tento symbol μm je odvozená jednotka soustavy SI v délce jedné milióntiny metru (0,000001 metru). Vypadá jako řecké písmeno mý (μ). Pokud symbol μ není k dispozici, bývá mikrometr zapisován jako „um“.

Přílohy

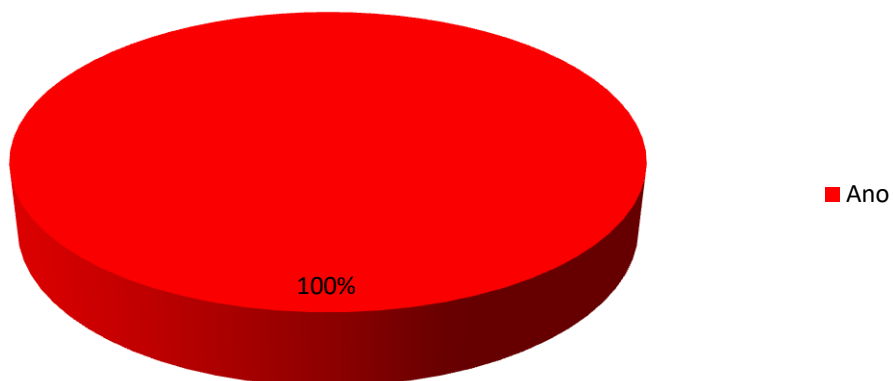
Jednorázové překročení hodnoty koncentrace CO₂ 1000 ppm - 1. 1/2 roku 2019 - I. etapa měření



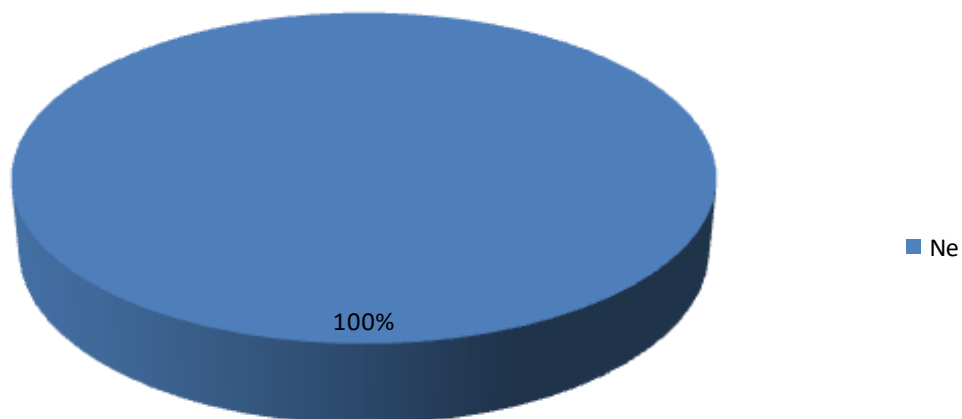
Jednorázové překročení hodnoty koncentrace CO₂ 1000 ppm - 2. 1/2 roku 2019 - II. etapa měření



**Překročení hodnoty koncentrace CO₂ 1 000
ppm po dobu delší než 5 minut
- 1. 1/2 roku 2019 -
I. etapa měření**



**Překročení hodnoty koncentrace CO₂ 1000
ppm po dobu delší než 5 minut
- 2. 1/2 roku 2019 -
II. etapa měření**



Dům dětí a mládeže Klíč v Josefově, Školní 95 (budova bývalé školy postavena v letech 1843-1844)



Pohled na budovu DDM Klíč v Josefově



DDM v Josefově funguje od 4.10.1986



Měření CO₂ na tanečním sále - cvičení



Měření CO₂ na tanečním sále - cvičení



Měření CO₂ na tanečním sále - cvičení



Měření CO₂ na tanečním sále - cvičení

Měření CO₂ na tanečním sále (únor-prosinec 2019)



Měření CO₂ na tanečním sále - cvičení



Měření CO₂ na tanečním sále - cvičení



Měření CO₂ na tanečním sále - cvičení



Měření CO₂ na tanečním sále - cvičení



Měření CO₂ na tanečním sále - cvičení



Další využití tanečního sálu - malé baletky

Měření prachu v dětské herně (leden-červen 2019)



Měření prachu v dětské herně - rybáři



Měření prachu v dětské herně - rybáři



Měření prachu v dětské herně - rybáři



Měření prachu v dětské herně - rybáři



Měření prachu v dětské herně - rybáři



Měření prachu v dětské herně - rybáři

Měření prachu v dětské herně (září-prosinec 2019)



Měření prachu v dětské herně - předškolička



Měření prachu v dětské herně - předškolička



Měření prachu v dětské herně - šachy



Měření prachu v dětské herně - šachy



Měření prachu v dětské herně - čerti



Měření prachu v dětské herně - školení

Další využití tanečního sálu v průběhu roku

(Hrátky s čerty, šachové turnaje, malé baletky)



Formulář zápisu z měření CO₂

Místo měření	TANEČNÍ SÁL	č. 1
Měření provedla	ANDREA MATOUŠOVÁ	

Průběh odběru

Datum měření	Začátek měření	Konec měření	Počet osob při cvičení
21. 2. 2019	17.50	19.06	15
27. 2. 2019	17.46	18.52	14
14. 3. 2019	17.45	18.53	14
19. 3. 2019	20.11	21.19	15
20. 3. 2019	17.24	18.42	14
11. 4. 2019	16.35	17.52	15
14. 4. 2019	15.28	16.45	15
24. 4. 2019	17.05	18.22	15
13. 5. 2019	18.30	19.47	14
22. 5. 2019	17.45	18.55	15

Datum měření	Začátek měření	Konec měření	Větrání začátek	Větrání ukončeno	Doba větrání	Počet osob při cvičení
15. 10. 2019	17.30	18.46	18.18	18.19	1 minuta	15
28. 10. 2019	16.25	17.41	17.01	17.02	1 minuta	14
5. 11. 2019	17.10	18.26	17.29	17.30	1 minuta	15
21. 11. 2019	18.10	19.26	18.25	18.26	1 minuta	15
26. 11. 2019	16.20	17.36	17.17	17.18	1 minuta	14
3. 12. 2019	17.00	18.16	17.20	17.21	1 minuta	15
6. 12. 2019	18.00	19.16	18.34	18.35	1 minuta	15
10. 12. 2019	18.00	19.16	18.31	18.32	1 minuta	15
12. 12. 2019	17.00	18.16	17.32	17.33	1 minuta	15
16. 12. 2019	16.25	17.41	16.52	16.53	1 minuta	15

vypracovala: An

Formulář zápisu z měření prachu

Místo měření	JĚTSKÁ HERNA	č. 2
Měření provedla	AUDREA MATOUŠOVÁ	

Průběh odběru

Datum měření	Označení vzorku	Dobřerová aparatur	Začátek měření	Konec měření	Doba odběru t (min)	Stanovení
9.1.2019	PVP 1/19	M9	16.30	18.30	120	PRACH
5.2.2019	PVP 2/19	M9	14.00	18.50	110	PRACH
22.2.2019	PVP 3/19	M9	16.00	18.00	120	PRACH
12.3.2019	PVP 4/19	M9	15.15	14.15	120	PRACH
16.4.2019	PVP 5/19	M9	16.30	18.00	90	PRACH
22.5.2019	PVP 6/19	M9	14.45	19.30	105	PRACH
14.6.2019	PVP 7/19	M9	15.00	14.00	120	PRACH
12.9.2019	PVP 8/19	M9	14.00	16.00	120	PRACH
14.10.2019	PVP 9/19	M9	14.00	19.00	120	PRACH
19.11.2019	PVP 10/19	M9	16.00	18.00	120	PRACH
13.12.2019	PVP 11/19	M9	14.00	19.00	120	PRACH

Datum měření	Doba měření	Atmosférický tlak p (kPa)	Teplota vzduchu t _a (°C)	Relativní vlhkost vzduchu rh (%)	Rychlost proudění vzduchu v (m.s ⁻¹)
9.1.2019	14.10	101,2	20,1	51	PMS
5.2.2019	14.30	102,1	20,3	53	PMS
22.2.2019	14.10	101,8	20,5	52	PMS
12.3.2019	16.20	101,5	21,8	62	PMS
16.4.2019	16.50	102,6	22,3	40	PMS
22.5.2019	18.15	103,1	23,5	69	PMS
14.6.2019	16.20	102,1	24,1	65	PMS
12.9.2019	15.30	98,9	22,8	40	PMS
14.10.2019	18.00	101,5	21,9	69	PMS
19.11.2019	16.30	102,4	22,4	64	PMS
13.12.2019	18.00	101,1	22,1	61	PMS

mg/m³: *Am!*