

Měření kvality vnitřního ovzduší
12. 2. až 16. 2. 2018
Základní škola Čelákovice, třída 4. A,
J.A.Komenského 414, Čelákovice



Projekt INTERREG
InAirQ

Úvod

Základní škola v Čelákovících na ulici J. A. Komenského byla, jako jedna z dvanácti škol v České republice, vybrána pro projekt EU INTERREG InAirQ.

Zaměření celého projektu vychází ze skutečnosti, že děti jsou citlivá populační skupina, která často ve škole tráví podstatnou část dne. Prostředí ve škole ovlivňuje jejich pohodu, podmínky pro učení a může mít vliv na jejich zdraví. Cílem je identifikovat problémy a navrhnout opatření k případnému zlepšení stavu.

V rámci projektu bylo v každé z vybraných škol provedeno měření kvality vnitřního ovzduší, které bylo doplněno o dotazníkové šetření, které se týkalo zdravotního stavu dětí, jejich denního časového rozvrhu a popisu domácího prostředí.

V každé škole byla změřena vždy 1 třída prvního stupně (kmenová), kde děti tráví převážnou část dne. Souběžně s měřením vnitřního ovzduší bylo měřeno i venkovní ovzduší v okolí školy.

ZŠ v Čelákovících reprezentuje městskou pozadovou lokalitu ve středu města. Měření proběhlo v zimním období, ve dnech 12. - 16. 2. 2018, kdy se v oblasti střídaly dobré rozptylové podmínky se zhoršenými a v noci na 16. 2. zde hustě zasněžilo. Teplota se v průběhu měření pohybovala mezi - 6 až 7 °C.



Sledovány byly tyto parametry kvality vnitřního prostředí: fyzikální (teplota, vlhkost), chemické (těkavé organické látky včetně formaldehydu, oxidy dusíku, oxid uhličitý jako indikátor správné výměny vzduchu, suspendované částice frakce $PM_{1,0}$, $PM_{2,5}$ a PM_{10}), radon a distribuce částic velikostního rozmezí 250 nm až 32 μm . Ve venkovním ovzduší byly navíc sledovány hmotnostní koncentrace oxidu siřičitého, ozónu a oxidu uhelnatého. Zároveň byly odebrány vzorky prachu frakce $PM_{2,5}$ z ovzduší pro stanovení vybraných kovů.

Měřené prostory a jejich popis

Škola je panelového typu a pochází z roku 1969, má tři podlaží a ústřední vytápění. V období 1999 až 2002 byla jako celek rekonstruována. V posledních pěti letech prošla částečnou rekonstrukcí (učebny, elektrické rozvody, osvětlení). Nachází se v blízkosti centra města obklopená vilovou nízkopodlažní zástavbou a v nejbližším okolí je parková úprava a školní hřiště. V blízkosti je obslužná komunikace, více frekventovaná je pouze před začátkem vyučování. Budova školy nemá instalovanou klimatizaci, pouze v některých částech je mechanický větrací systém.

Pro měření byla vybrána třída 4. A v přízemí budovy s okny k dopravnímu hřišti. Třída má plochu cca 59,4 m², výška stropu je 3,4 m a obvykle v ní bývá 20 dětí (vychází zde tedy 10,1 m³/na žáka). Podlahovou krytinu tvoří lino, stěny jsou vymalovány ve vodě rozpustnou barvou, okna o ploše 14,6 m² jsou plastová, vybavená kovovými žaluziemi a jsou orientována na jih na školní hřiště. Nábytek z roku 2004 a další vybavení je z laminátu nebo kompozit, ve třídě je instalovaná bílá tabule s lihovými fixy.

Třída byla při měření větrána okny (v průběhu vyučování byly otevřeny až tři spodní ventilačky, nárazově jedno celé okno), o přestávkách bylo používáno průvanové větrání (otevřené dveře, okno a 2 až 3 spodní ventilačky).



Základní popis naměřených hodnot

V níže uvedené tabulce jsou prezentovány základní naměřené hodnoty sledovaných fyzikálních a chemických parametrů. Pro srovnání jsou zde uvedeny limitní hodnoty stanovené přílohou č. 2 Vyhlášky MZ ČR č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb a Vyhláškou MMR č. 20/2012 Sb. o technických požadavcích na stavby, Vyhláškou č. 343/2009 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých a přílohou č. 1. Zákona č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší.

Státní zdravotní ústav
Centrum zdraví a životního prostředí
Laboratoř ovzduší
ZŠ Čelákovice, třída 4. A, J. A. Komenského 414, Čelákovice
Ve třídě měřeno od 12.2. 2018 7:15 do 16. 2. 2018 13:10

Výsledky					
Parametr	Jednotka	Třída 4. A. (*****) (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro vnitřní prostředí(*)	Venkovní ovzduší (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro venkovní ovzduší (**)
Teplota (*)	°C	20,0 / <u>21,7</u> / 24,4	22 ± 2 °C	-6,1 / <u>0,7</u> / 7,2	-
R. vlhkost (*)	%	24 / <u>28</u> / 33	> 30 %	41 / <u>77</u> / 100	-
Tlak	hPa	nesleduje se	-	985 / <u>992</u> / 999	-
Rychl. větru	m/s	nesleduje se	-	0,0 / <u>0,3</u> / 1,4	-
CO ₂ (*)	ppm	650 / <u>898</u> / 1 340	1 500 ppm	nesleduje se	-
NO	µg/m ³	0,3 / <u>31,6</u> / 112,5	-	0,5 / <u>13,4</u> / 63,4	-
NO ₂ (*)	µg/m ³	7,8 / <u>37,4</u> / 76,4	100 µg/m ³ /hod	10,1 / <u>29,0</u> / 59,5	40 µg/m ³ /rok; 200 µg/m ³ /hod
NO _x	µg/m ³	Jako orientační lze vzít hodnoty z venkovního ovzduší, kdy ve třídě je vždy méně než venku. (ve třídě nejsou zdroje)	-	11,7 / <u>49,0</u> / 150,7	-
CO (*)	µg/m ³		5 000 µg/m ³ /hod	174 / <u>410</u> / 963	10 000 µg/m ³ /8hod
SO ₂	µg/m ³		-	4,8 / <u>7,1</u> / 15,4	350 µg/m ³ /hod; 125 µg/m ³ /den
O ₃ (*)	µg/m ³		100 µg/m ³ /hod	0,8 / <u>23,5</u> / 63,0	120 µg/m ³ /8hod
PM _{1,0}	µg/m ³	7 / <u>31</u> / 59	-	3 / <u>30</u> / 70	-
PM _{2,5} (*)	µg/m ³	13 / <u>37</u> / 65	80 µg/m ³ /hod	3 / <u>32</u> / 75	25 µg/m ³ /rok

Výsledky					
Parametr	Jednotka	Třída 4. A. (*****) (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro vnitřní prostředí(*)	Venkovní ovzduší (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro venkovní ovzduší (**)
PM ₁₀ (*)	µg/m ³	7 / <u>56</u> / 123	150 µg/m ³ /hod	3 / <u>33</u> / 87	40 µg/m ³ /rok; 50 µg/m ³ /den
benzen (*)	µg/m ³	3,7	7 µg/m ³ /hod	5,1	5 µg/m ³ /rok
formaldehyd (*)	µg/m ³	4,6	60 µg/m ³ /hod	1,8	-
toluen (*)	µg/m ³	4,0	300 µg/m ³ /hod	1,8	-
suma xylenů (*)	µg/m ³	3,1	200 µg/m ³ /hod	0,6	-
ethylbenzen (*)	µg/m ³	0,9	200 µg/m ³ /hod	0,2	-
trichlorethylen (*)	µg/m ³	0,1	150 µg/m ³ /hod	0,2	-
tetrachlorethylen (*)	µg/m ³	0,2	150 µg/m ³ /hod	0,2	-
α-pinene (***)	µg/m ³	0,9	450 µg/m ³	LDL	-
limonen (***)	µg/m ³	67,0	450 µg/m ³	LDL	-
2-ethylhexanol (***)	µg/m ³	2,3	70 µg/m ³ /rok	0,1	-
styren (*)	µg/m ³	0,7	40 µg/m ³ /hod	0,1	-
acetaldehyd (***)	µg/m ³	3,6	200 µg/m ³	1,8	-
propionaldehyd	µg/m ³	1,2	-	1,3	-
benzaldehyd	µg/m ³	0,1	-	0,1	-
hexanal	µg/m ³	5,1	-	4,0	-
As	ng/m ³	5,68	-	LDN	6 ng/m ³ /rok
Cd	ng/m ³	0,32	-	0,24	5 ng/m ³ /rok
Cr	ng/m ³	LDL	-	0,65	-
Mn (***)	ng/m ³	3,68	-	7,05	150 ng/m ³ /rok
Ni	ng/m ³	0,69	-	1,00	20 ng/m ³ /rok
Pb	ng/m ³	12,12	-	4,82	500 ng/m ³ /rok
Ti	ng/m ³	11,07	-	5,94	-
Radon (****)	Bq/m ³	99	400 Bq/m ³	nesleduje se	-

Pozn: LDL = pod mezí detekce

(*) - podle Vyhlášky č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky na hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí v pobytových místnostech některých staveb a Vyhlášky č. 20/2012 Sb., o technických požadavcích na stavby v platném znění Vyhlášky č. 323/2017 Sb.

(**) - podle přílohy č. 1. Zákona č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012 o ochraně ovzduší

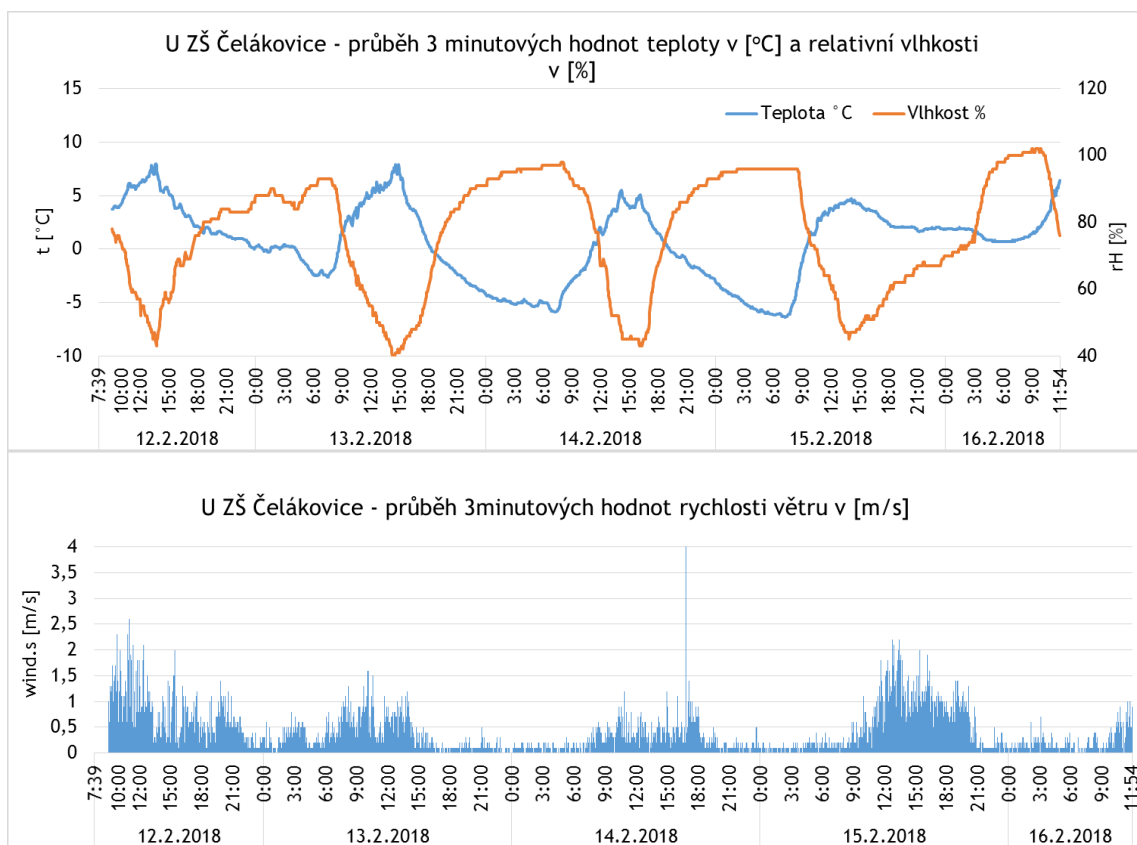
(***) - podle INDEX project - Final report JRC_2005, WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, 2010 a podle referenčních koncentrací SZÚ (viz :http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty_zdravi/ref_konc_2003.pdf)

(****) - Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění Vyhlášky č. 499/2005 Sb. stanoví tzv. směrné hodnoty pro obsah radonu - v obytném prostoru stávajících budov kde by neměla být průměrná hodnota objemové aktivity radonu vyšší než 400 Bq/m³.

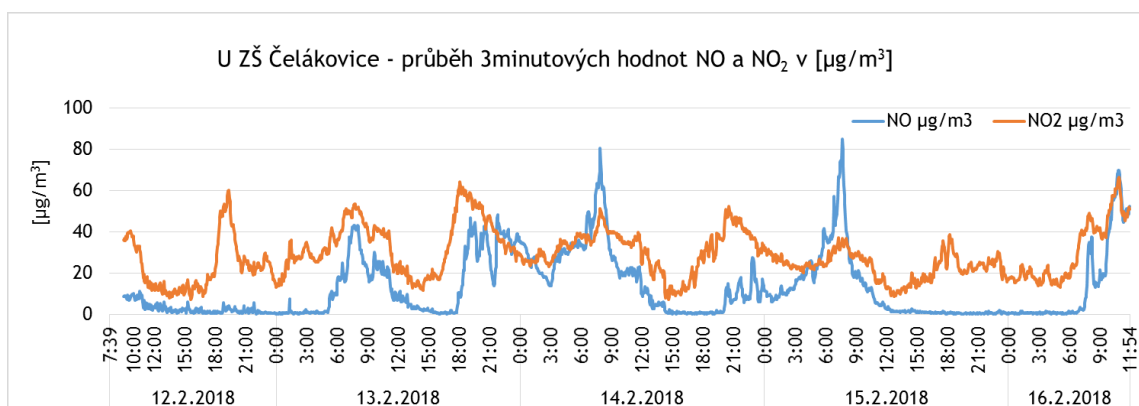
(*****) - ve třídě 4. A. je hodnoceno vždy pouze období vyučování, tj. za přítomnosti dětí. Jako maximum je zde uvedena hodnota maximálního hodinového průměru - která může být porovnávána s limitem stanoveným Vyhláškou č. 6/2003 Sb.

InAirQ

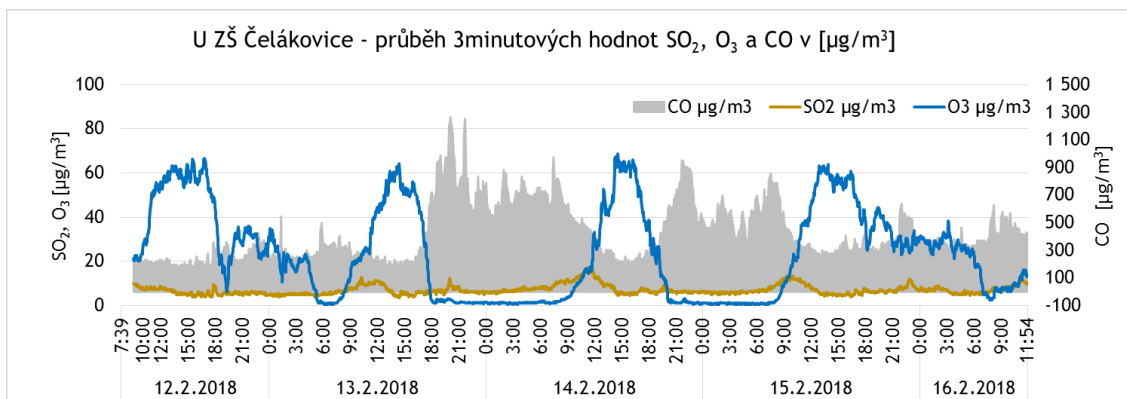
V dále uvedených grafických zpracováních jsou prezentovány průběhy měřených hodnot sledovaných znečišťujících látek a základních mikroklimatických parametrů kvality prostředí ve třídě 4. A a ve venkovním ovzduší. K částečnému výpadku měření vnitřních mikroklimatických parametrů došlo mezi 14. až 15. únorem z důvodu výpadku proudu v objektu školy.



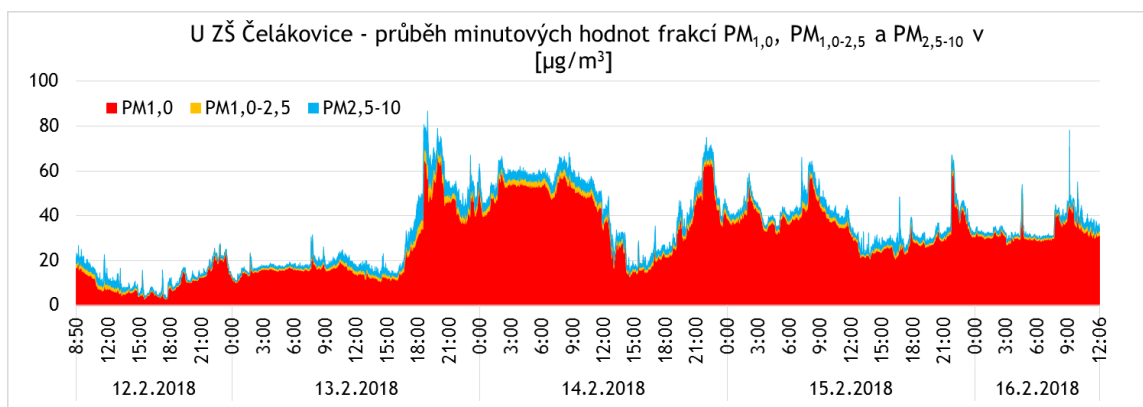
Graf. č. 1. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot teploty, vlhkosti a rychlosti větru



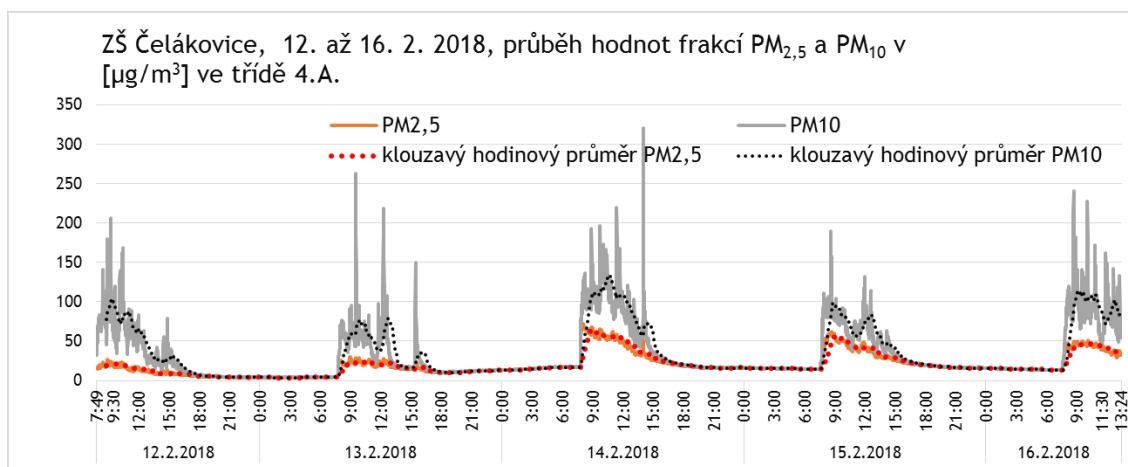
Graf. č. 2. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot oxidů dusíku



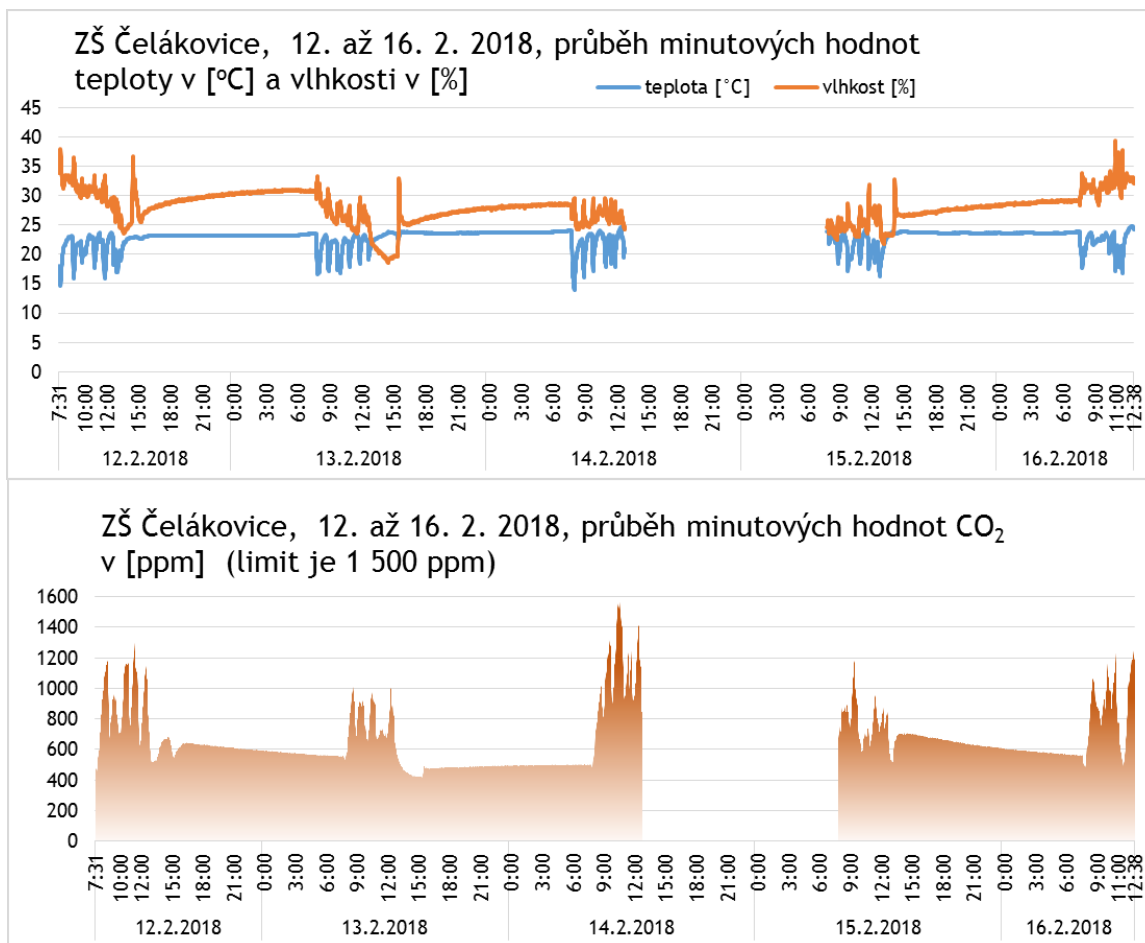
Graf. č. 3. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot oxidu uhelnatého, oxidu siřičitého a ozónu



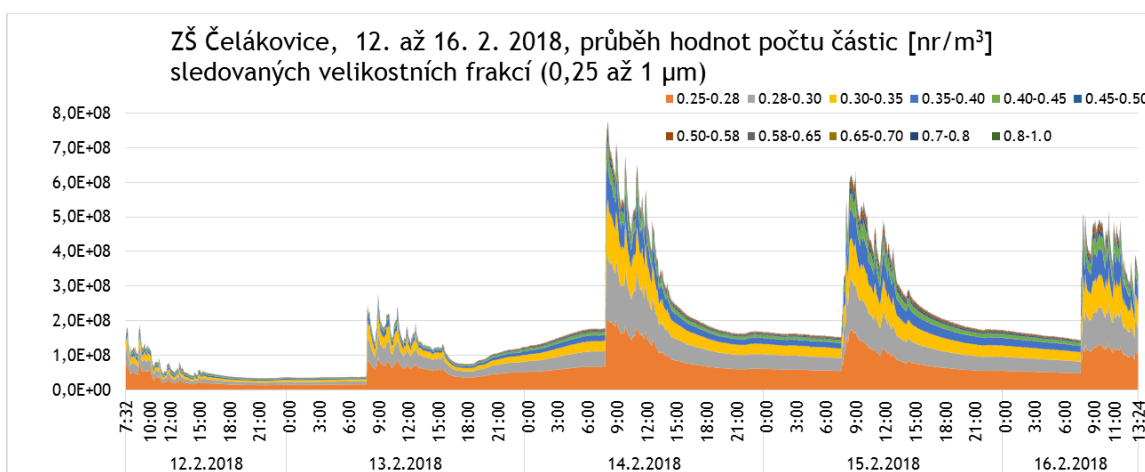
Graf. č. 4. : Venkovní ovzduší - Průběh koncentrace suspendovaných částic frakce PM_{1,0}, PM_{1,0-2,5} a PM_{2,5-10}



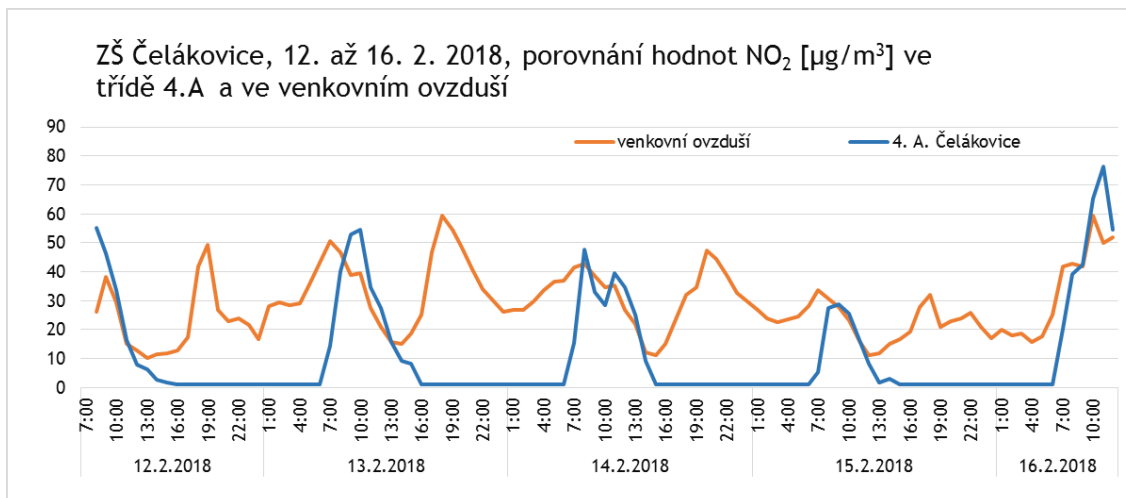
Graf. č. 5. : 4. A - Průběh koncentrace suspendovaných částic frakce PM_{2,5} a PM₁₀



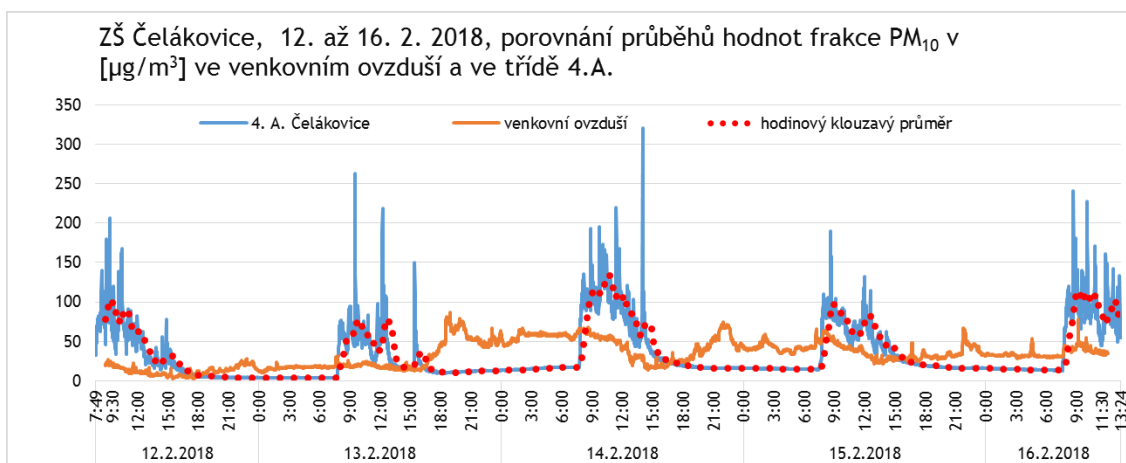
Graf. č. 6. : 4. A - Průběh hodnot teploty, vlhkosti a koncentrace oxidu uhličitého (CO₂)



Graf. č. 7. : 4. A - Průběh hodnot počtu částic sledovaných velikostních frakcí (0,25 až 1 µm)



Graf. č. 8. : Průběh hodnot oxidu dusičitého (NO₂) ve venkovním ovzduší a ve 4. A.



Graf. č. 9. : Průběh hodnot frakce PM₁₀ ve venkovním ovzduší a ve 4. A.



Graf. č. 10. : Srovnání průběhu hodnot frakce PM_{1,0} ve venkovním ovzduší a ve 4. A.

Závěr/shrnutí

V Základní škole v Čelákovících (J. A. Komenského 414) byly ve dnech 12. - 16. 2. 2018 ve třídě 4. A. změřeny vybrané parametry kvality vnitřního prostředí. Měřené hodnoty kvality venkovního ovzduší ovlivnily jak krátké období nepříznivých rozptylových podmínek (14. až 15. 2. 2018), tak rychlý přechod fronty doprovázený sněžením z 15. na 16. únor 2018. Na základě hodnot naměřených ve třídě a výsledků získaných v rámci souběžného měření kvality venkovního ovzduší lze konstatovat, že:

- zjištěné koncentrace těkavých organických látek (benzen, toluen, etylbenzen, styren, xyleny, tetrachloreten, trichloreten) jsou nízké a u žádné ze stanovených látek nedošlo k překročení limitu uvedeného ve Vyhlášce č. 6/2003 Sb., naměřené hodnoty jednotlivých látek se, až na benzen (50 % limitu) jehož zdrojem ale byla vyšší zátěž venkovního ovzduší, pohybovaly maximálně na úrovni desetin stanového limitu a lze je považovat za zdravotně nevýznamné;
- také koncentrace další skupiny těkavých organických látek (formaldehyd, acetaldehyd) byly nízké. Vyhláška č. 6/2003 Sb. stanoví limitní hodnotu pouze pro formaldehyd, tato hodnota nebyla v měřené třídě překročena - pohybovala se pod úrovní 10 % limitu;
- naměřené koncentrace terpenů α -pinen se pohybovaly na úrovni, která se běžně ve vnitřním prostředí nalézá, v případě terpenů limonenu, který je běžnou součástí úklidových prostředků, byly mírně zvýšené;
- **v rámci měřeného spektra organických látek nebyly ve vnitřním prostředí ZŠ identifikovány látky v koncentracích, které by mohly mít vliv na zdraví;**
- překročení limitní hodnoty suspendovaných částic frakce PM_{10} a $PM_{2,5}$ nebylo ve třídě 4. A. v daném období naměřeno. Průběh minutových hodnot a hodnot hodinových klouzavých průměrů ale indikuje výskyt krátkodobých období vyšší zátěže hrubými částicemi (frakce $> 2,5 \mu m$) a je znázorněn v grafu č. 5. Měření potvrdilo, že vyšší hmotnostní koncentrace částic hrubé frakce ($PM_{2,5-10}$) v měřené třídě souvisí s aktivitami uživatelů (dětí), naopak že jemná submikronová frakce ($< 1 \mu m$) je většinou transportována z venkovního ovzduší (graf č. 10);
- koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) se během měření pohybovala v rozmezí 650 - 1 340 ppm (s průměrem za dobu vyučování na úrovni 900 ppm), viz graf č. 6. Limit stanovený Vyhláškou č. 20/2012 Sb. o technických požadavcích na stavby tak nebyl překročen. **Výměnu vzduchu v učebně v době měření tak lze, v porovnání s limitem stanoveným Vyhláškou č. 20/2012 Sb., považovat za dostatečnou;**
- hodnoty teploty ve třídě po celou dobu měření splňovaly požadavky Vyhlášky č. 6/2003 Sb., v případě relativní vlhkosti střední hodnota 28 % za dobu vyučování požadavky stanovené Vyhláškou nesplňovala. Což je obvyklá situace v topné sezóně, která je bez instalace zvlhčovače neřešitelná, na druhou stranu se většinou jedná o zdravotně méně významný prvek diskomfortu, který už ale může u citlivějších jedinců způsobovat vyšší citlivost na dráždění horních cest dýchacích;
- hodnoty měřeného spektra vybraných kovů v suspendovaných částicích frakce $PM_{2,5}$ (As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb a Ti) lze rozdělit na dvě skupiny - velmi nízké, zdravotně zcela nevýznamné hodnoty byly měřeny v případě Cd, Cr, Ni, Mn a Pb. Mírně zvýšené - ale opět zdravotně nevýznamné byly hodnoty As (zdrojem jsou pravděpodobně okolní lokální topeniště) a Ti, které ale odpovídají běžné zátěži městského prostředí; hodnoty radonu vyhovují požadavkům vyhlášky č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. a jsou na úrovni 25 % stanoveného limitu.

Doporučení pro odstranění/minimalizaci vlivu indikovaných problémů

V průběhu měření bylo ve třídě 4. A. indikováno opakované krátkodobé zvýšení zátěže vnitřního prostředí prachem (hrubá frakce tj. $> 1 \mu\text{m}$) jehož zdrojem jsou především aktivity ve třídě a částečně i vybavení třídy a jednoznačná vazba měřených hodnot jemné frakce prachu ($< 1 \mu\text{m}$) na venkovní ovzduší způsobená infiltrací. Výsledky měření koncentrace CO_2 dokládají v době měření dostatečnou výměnu vzduchu ve třídě. Nebyly dosaženy takové hodnoty, které by mohly mít negativní dopad na zdraví, ale již se může velmi mírně projevit diskomfort. Totéž platí o měřených hodnotách relativní vlhkosti. Měření potvrdilo mírný vliv dopravy na blízké Pražské ulici na kvalitu ovzduší ve třídě 4. A.

- Hodnoty koncentrací **suspendovaných částic** lze do určité míry ovlivnit typem podlahové krytiny, bezprašnými nátěry stěn, dodržováním pravidel pro přezouvání dětí a režimem úklidu místnosti případně zvýšením frekvence hloubkového úklidu.
- Zajištění vyhovující/optimální hodnoty **výměny vzduchu** v učebnách reprezentované koncentrací oxidu uhličitého je možné:
 - odpovídajícím okenním větráním nejlépe průvanovým v kombinaci s otevřenými dveřmi - ostatní používané postupy (například pouze otevřené dveře do chodby) nemusí být dostatečné. Doporučujeme zavést systém autokontroly úrovně výměny vzduchu ve třídách např. přenosným sensorovým systémem. V kombinaci s režimem vytápění má větrání zásadní význam při optimalizaci teplotně-vlhkostního mikroklimatu v učebnách včetně vyhovujícího stavu proudění vzduchu.
 - technologicky - instalací řízené výměny vzduchu (vzduchotechnika, rekuperace,..)
- Nevyhovující nízkou **relativní vlhkost** vzduchu lze zvýšit např. použitím zvlhčovače vzduchu. Ke zlepšení teplotně-vlhkostního mikroklimatu by přispělo i mírné snížení **teploty** (cca o $1 \text{ }^\circ\text{C}$) ve třídách.
- Omezení **vlivu venkovního ovzduší** na kvalitu vnitřního ovzduší je možné dosáhnout pouze úpravou režimu větrání. Měřená třída má naštěstí okna orientovaná do vnitrodvora školy, přesto, zvláště v období nepříznivých rozptylových podmínek, lze doporučit větrat spíše mimo období dopravních špiček.

Zpracoval: RNDr. B. Kotlík, Ph.D, redigovala: Ing. V. Vrbíková

Schválila: MUDr. H. Kazmarová, garant projektu

V Praze 21. 6. 2018

Další informace o projektu InAirQ lze dohledat na:

webových stránkách SZÚ - viz: <http://www.szu.cz/inairq-1>), kde jsou i odkazy na další informace včetně již vydaných Newsletterů projektu.

Facebooku - viz: <https://www.facebook.com/InAirQCeska/>