

Měření kvality vnitřního ovzduší
16. až 19.1. 2018
Základní škola Otokara Březiny, třída 4. C



Demlova 4765/34, Jihlava

Projekt INTERREG
InAirQ

Úvod

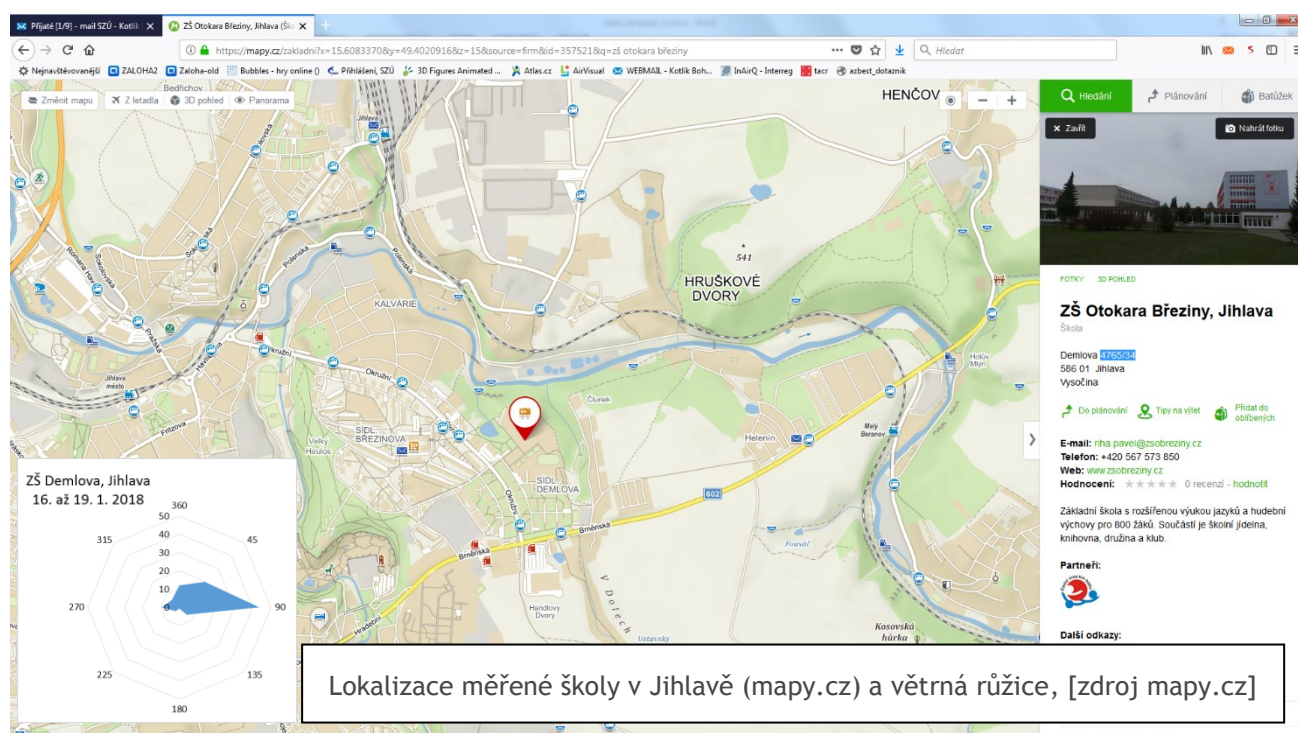
Základní škola Otokara Březiny v Jihlavě byla, jako jedna z dvanácti škol v České republice, vybrána pro projekt EU INTERREG InAirQ.

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 Otokara Březiny v Jihlavě reprezentuje městskou pozadovou lokalitu ve východně položené části města. Měření proběhlo ve dnech 16. - 19. 1. 2018, kdy v oblasti hustě sněžilo, foukal silný vítr a teplota se pohybovala od - 2 do 6 °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 PM₁₀), 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, pochází z roku 1976, má čtyři podlaží a v posledních pěti letech prošla částečnou rekonstrukcí (okna, izolace). Nachází se v oblasti s nízkou až střední hustotou panelové zástavby, se střední úrovní dopravní zátěže (Okružní ulice). V nejbližším okolí je parková úprava a školní hřiště. Budova školy nemá mechanický větrací systém.

Pro měření byla vybrána třída 4. C. ve druhém patře. Třída má plochu cca 62 m², výška stropu je 3,2 m a obvykle v ní bývá 26 dětí (vychází zde tedy 7,6 m³/na žáka). Podlahovou krytinu tvoří lino, stěny jsou vymalovány ve vodě rozpustnou barvou, okna o ploše 18,9 m² jsou plastová, vybavená kovovými žaluziemi a jsou orientována na sever do dvora a zahrady/parku. Nábytek a vybavení (laminát nebo kompozit) není starší 5 let, ve třídě je klasická dřevěná černá tabule.

Třída byla při měření diskontinuálně větrána okny (v průběhu vyučování byly otevřeny maximálně dvě spodní ventilačky), o přestávkách bylo používáno průvanové větrání (otevřené dveře 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 pobytových místností některých staveb a Vyhláškou MMR č. 20/2012 Sb. o technických požadavcích na stavby, Vyhláškou č. 465/2016 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. Dále jsou použity a uvedeny WHO Indoor Guidelines, hodnoty stanovené Index projektem (JRC 2015) případně referenční koncentrace stanovené SZÚ.

Státní zdravotní ústav
Centrum zdraví a životního prostředí
Laboratoř ovzduší
ZŠ Otokara Březiny, třída 4.C, Demlova 4765, Jihlava
Třída měřena od 16. 1. 2018 7:30 do 19. 1. 2018 13:00

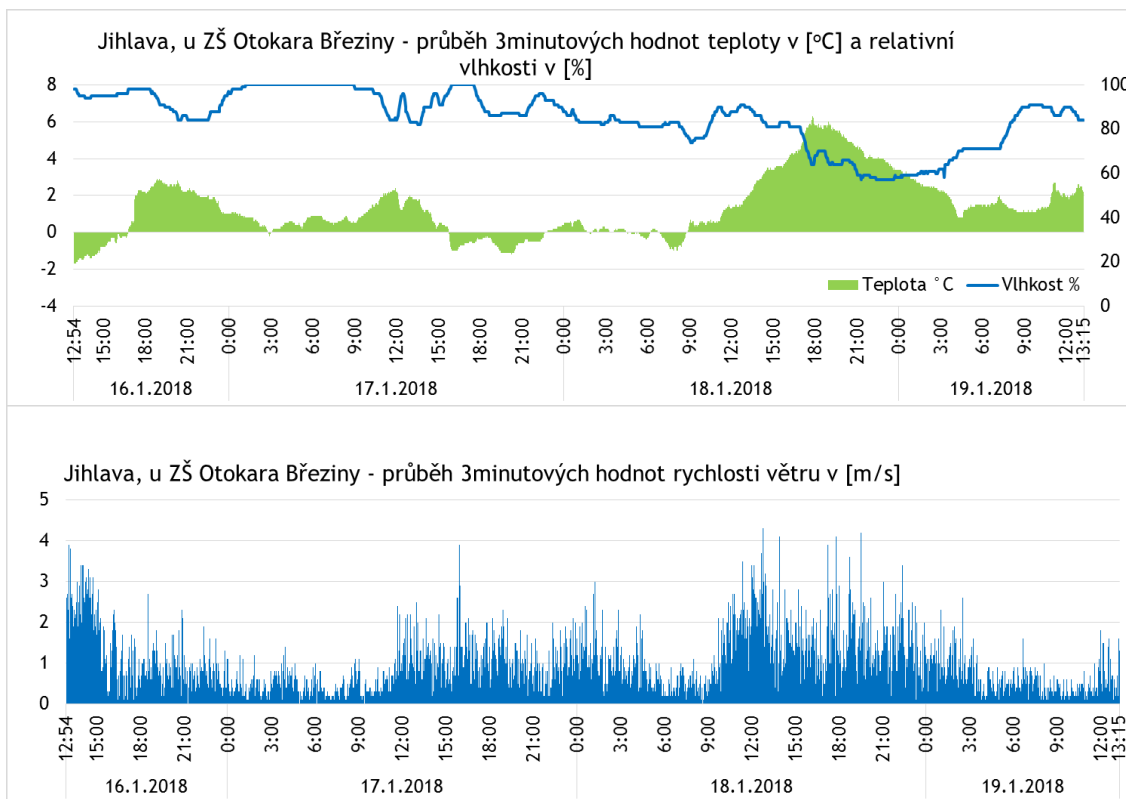
Výsledky					
Parametr	Jednotka	Třída 4. C. (*****) (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro vnitřní prostředí	Venkovní ovzduší (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro venkovní ovzduší (**)
Teplota (*)	°C	20,0 / <u>22,8</u> / 25,0	22 ± 2 °C	-1,7 / <u>1,3</u> / 5,8	-
R. vlhkost (*)	%	32 / <u>38</u> / 43	> 30 %	57 / <u>85</u> / 100	-
Tlak	hPa	nesleduje se	-	938 / <u>943</u> / 949	-
Rychl. větru	m/s	nesleduje se	-	0,1 / <u>0,9</u> / 2,7	-
CO ₂ (*)	ppm	1 125 / <u>1 597</u> / 2 360	1 500 ppm	nesleduje se	-
NO	µg/m ³	0,1 / <u>1,3</u> / 11,4	-	0,5 / <u>3,1</u> / 16,1	-
NO ₂ (*)	µg/m ³	0,9 / <u>6,5</u> / 15,7	100 µg/m ³ /hod	3,5 / <u>13,3</u> / 48,6	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)	-	3,1 / <u>17,2</u> / 70,8	-
CO (*)	µg/m ³		5 000 µg/m ³ /hod	116 / <u>180</u> / 371	10 000 µg/m ³ /8hod
SO ₂	µg/m ³		-	4,6 / <u>5,8</u> / 8,4	350 µg/m ³ /hod; 125 µg/m ³ /den
O ₃ (*)	µg/m ³		100 µg/m ³ /hod	15,0 / <u>56,2</u> / 77,4	120 µg/m ³ /8hod
PM _{1,0}	µg/m ³	3 / <u>6,0</u> / 12	-	0,9 / <u>5,1</u> / 28,8	-

Výsledky					
Parametr	Jednotka	Třída 4. C. (****) (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro vnitřní prostředí	Venkovní ovzduší (MIN / <u>AVG</u> / MAX)	Limit pro venkovní ovzduší (**)
PM _{2,5} (*)	µg/m ³	8 / <u>12</u> / 22	80 µg/m ³ /hod	1,0 / <u>5,8</u> / 29,1	25 µg/m ³ /rok
PM ₁₀ (*)	µg/m ³	45 / <u>73</u> / 120	150 µg/m ³ /hod	1,0 / <u>6,0</u> / 29,2	40 µg/m ³ /rok; 50 µg/m ³ /den
benzen (*)	µg/m ³	1,5	7 µg/m ³ /hod	1,6	5 µg/m ³ /rok
formaldehyd (*)	µg/m ³	11,2	60 µg/m ³ /hod	2,9	-
toluen (*)	µg/m ³	7,9	300 µg/m ³ /hod	6,8	-
suma xylenů (*)	µg/m ³	7,9	200 µg/m ³ /hod	5,3	-
ethylbenzen (*)	µg/m ³	2,5	200 µg/m ³ /hod	1,5	-
trichlorethylen (*)	µg/m ³	LDL	150 µg/m ³ /hod	LDL	-
tetrachlorethylen (*)	µg/m ³	0,2	150 µg/m ³ /hod	0,5	-
α-pinene (***)	µg/m ³	3,0	450 µg/m ³	0,4	-
limonen (***)	µg/m ³	24,3	450 µg/m ³	5,7	-
2-ethylhexanol (***)	µg/m ³	0,8	70 µg/m ³ /rok	1,4	-
styren (*)	µg/m ³	0,3	40 µg/m ³ /hod	0,7	-
acetaldehyd (***)	µg/m ³	5,6	200 µg/m ³	1,5	-
propionaldehyd	µg/m ³	1,4	-	0,5	-
benzaldehyd	µg/m ³	0,5	-	0,1	-
hexanal	µg/m ³	9,8	-	7,0	-
As	ng/m ³	0,32	-	0,24	6 ng/m ³ /rok
Cd	ng/m ³	0,07	-	0,09	5 ng/m ³ /rok
Cr	ng/m ³	4,37	-	0,79	-
Mn (***)	ng/m ³	1,74	-	0,92	150 ng/m ³ /rok
Ni	ng/m ³	0,55	-	0,06	20 ng/m ³ /rok
Pb	ng/m ³	1,41	-	2,57	500 ng/m ³ /rok
Ti	ng/m ³	17,72	-	1,38	-
Radon (****)	Bq/m ³	100	400 Bq/m ³	nesleduje se	-

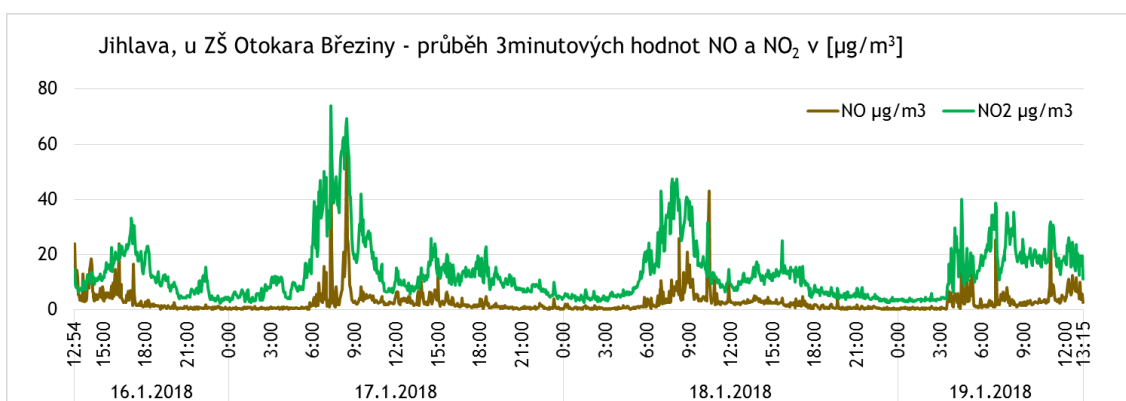
Pozn: LDL = pod mezí detekce

- (*) - podle Vyhlášky č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky na hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí v obytných místnostech některých staveb a Vyhlášky č. 20/2012 Sb., kterou se mění Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- (**) - 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. C. 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.

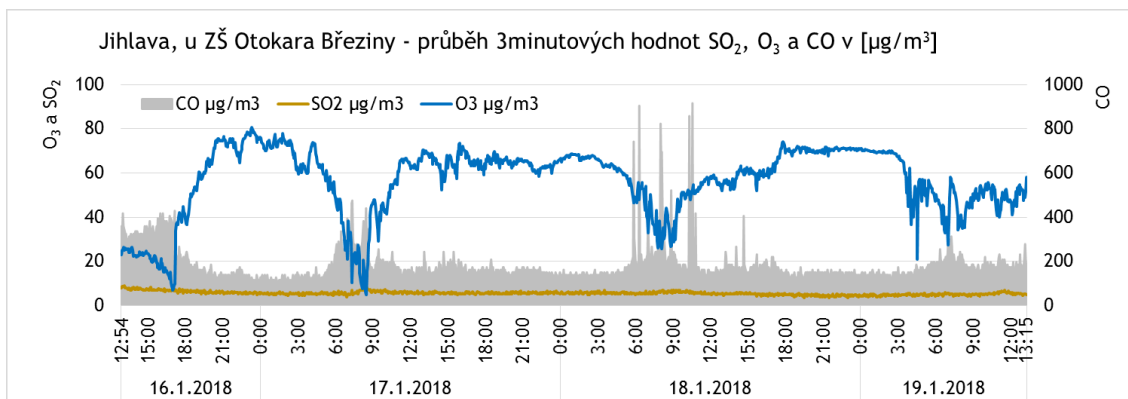
V dále uvedených grafických zpracováních jsou prezentovány průběhy měřených hodnot sledovaných znečišťujících látek a základních mikroklimatických parametrů kvality prostředí ve třídě 4. C. a ve venkovním ovzduší („u ZŠ Otokara Březiny“).



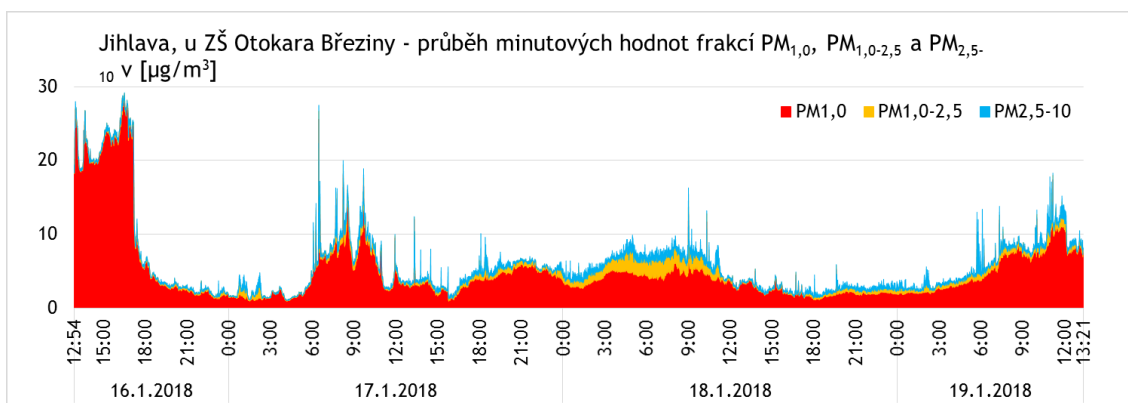
Graf. č. 1. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot teploty, vlhkosti a rychlosti větru



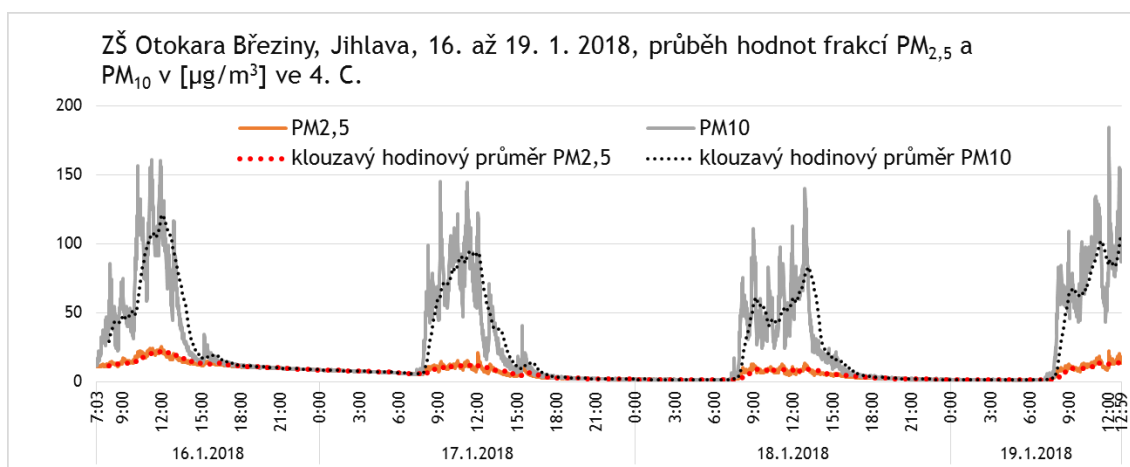
Graf. č. 2. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot oxidů dusíku



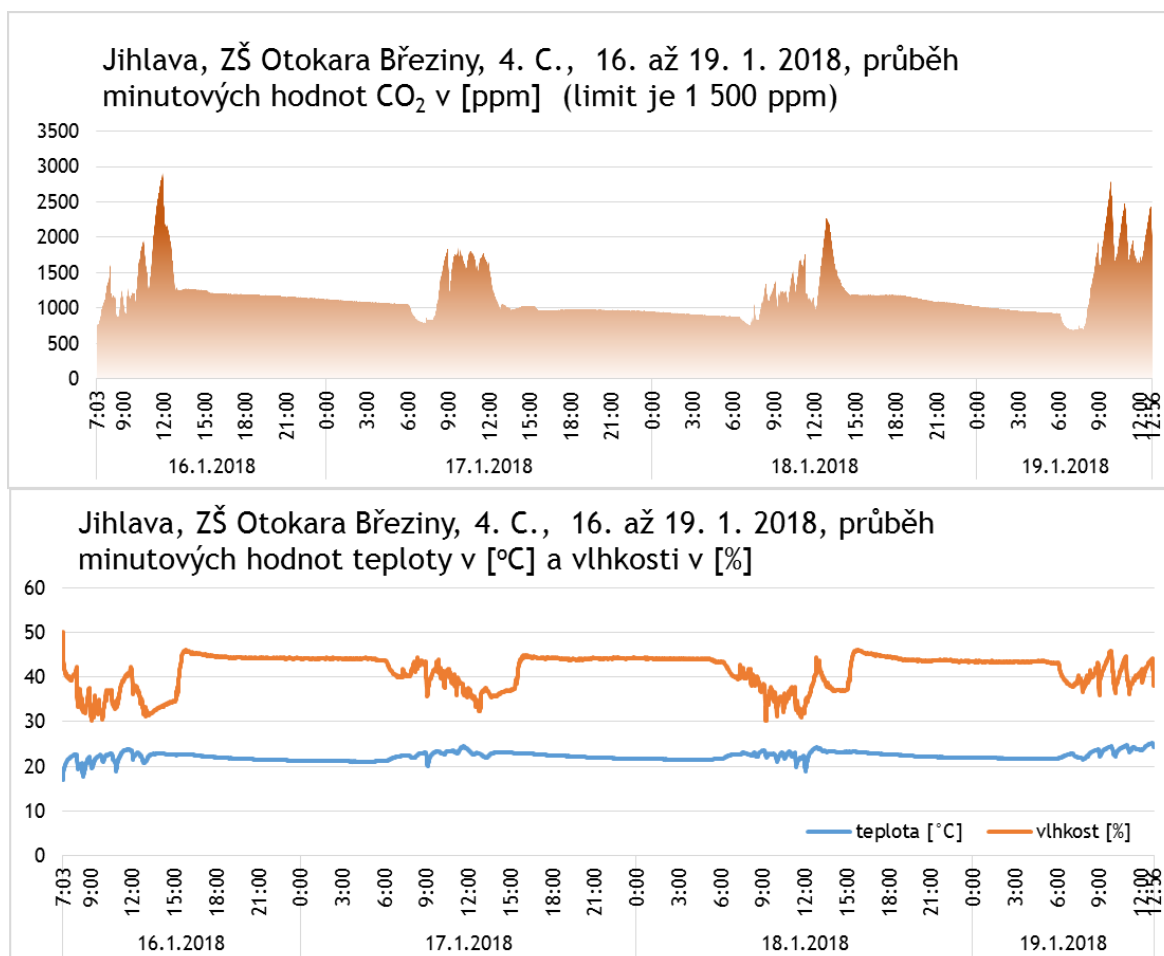
Graf. č. 3. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot oxidu uhelnatého, oxidu siřičitého a ozónu



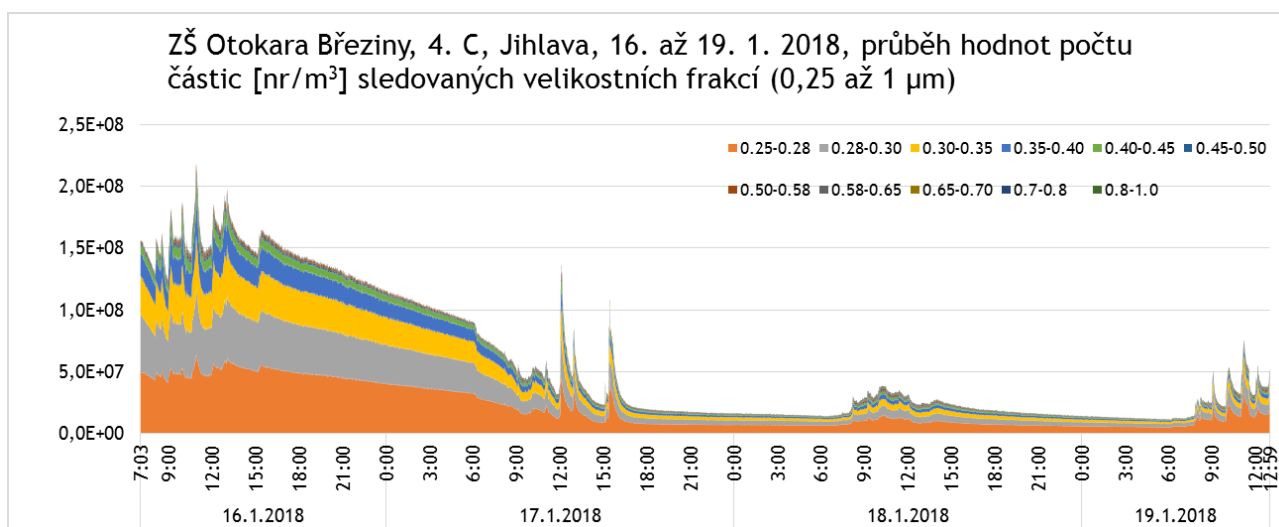
Graf. č. 4. : Venkovní ovzduší - Průběh koncentrace suspendovaných částic frakce PM_{1,0}, PM_{1,0-2,5} a PM_{2,5-10}



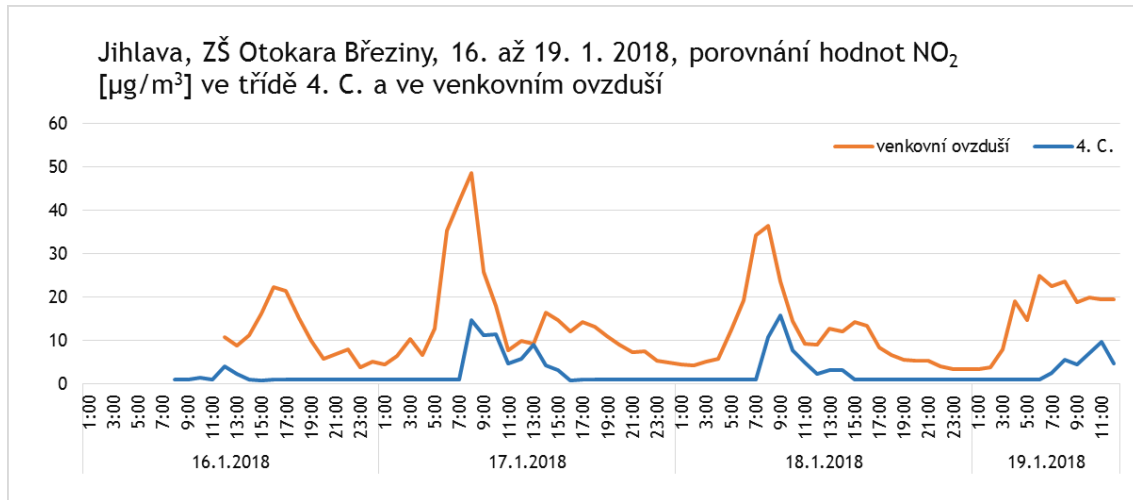
Graf. č. 5. : 4. C - Průběh koncentrace suspendovaných částic frakce PM_{2,5} a PM₁₀



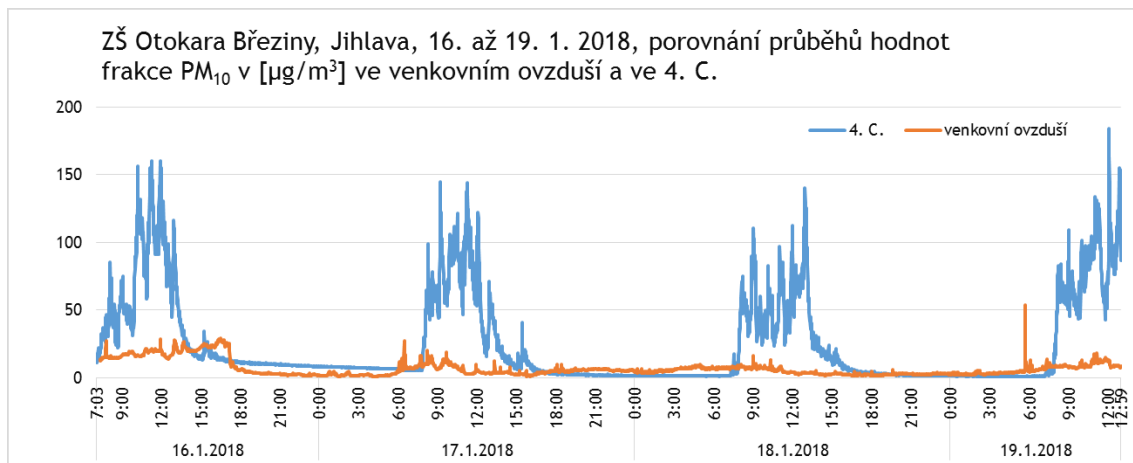
Graf. č. 6. : 4. C - Průběh hodnot teploty, vlhkosti a koncentrace oxidu uhličitého (CO₂)



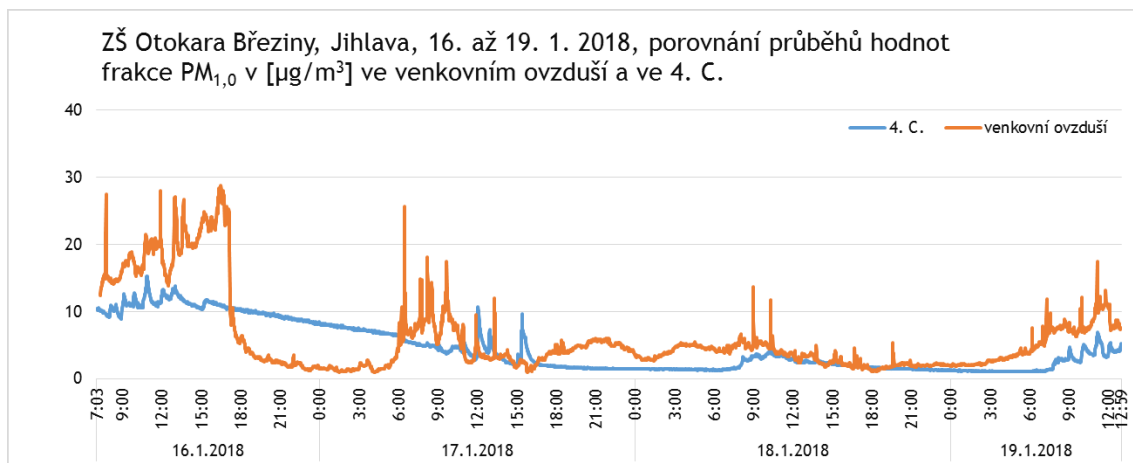
Graf. č. 7. : 4. C - Průběh hodnot počtu částic sledovaných velikostních frakcí (0,25 až 1 µm)



Graf. č. 8. : Srovnání průběhu hodnot oxidu dusičitého ve venkovním ovzduší a ve 4. C.



Graf. č. 9. : Srovnání průběhu hodnot frakce PM₁₀ ve venkovním ovzduší a ve 4. C.



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

Závěr/shrnutí

V Základní škole Otokara Březiny, Demlova 4765 v Jihlavě byly ve dnech 16. - 19. 1. 2018 ve třídě 4. C. změřeny vybrané parametry kvality vnitřního prostředí. Přestože měřené hodnoty kvality venkovního ovzduší silně ovlivnila aktuální meteorologická situace (intenzivní sněžení a silný vítr - zvláště ve středu 17. 1. a ve čtvrtek 18. 1.), lze na základě hodnot naměřených ve třídě a výsledků získaných v rámci souběžného měření kvality venkovního ovzduší konstatovat, že:

- koncentrace látek, jejichž zdroj je pouze ve venkovním ovzduší (SO_2 , NO, CO, O_3) při měření u základní školy odpovídaly úrovni republikového pozadí, příčinou je i vývoj meteorologické situace v době měření. To potvrzují i hodnoty souběžně měřené na stanici ČHMÚ v blízkosti školy (JJHA).
- ve třídě 4. C. nebyly naměřeny zvýšené/zdravotně významné hodnoty NO_2 (ve srovnání s měřenými maximy hodnot ve venkovním ovzduší byly hodnoty ve třídě 3krát nižší, při porovnání průměrů byly hodnoty ve třídě přibližně poloviční proti venkovnímu ovzduší);
- překročení limitní hodnoty suspendovaných částic frakce PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ nebylo ve třídě 4. C. v daném období naměřeno. Průběh minutových hodnot a hodnot hodinových klouzavých průměrů je znázorněn v grafu č. 5. Měření potvrdilo, že vyšší hmotnostní koncentrace částic hrubé frakce ($> 1 \mu\text{m}$) ve třídě 4. C. souvisí primárně s aktivitami uživatelů (dětí), naopak, že jemná submikronová frakce ($< 1 \mu\text{m}$) je většinou transportována z venkovního ovzduší (graf č. 10);
- hodinové koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) se během měření pohybovaly v rozmezí 1125 - 2 360 ppm (průměr za dobu vyučování na úrovni 1 600 ppm), maximální minutové koncentrace pak dosáhly nárazově až hodnoty 2 800 ppm, viz graf č. 6. Limit stanovený Vyhláškou č. 20/2012 Sb. o technických požadavcích na stavby tak byl často překračován. **Výměnu vzduchu v učebně v době měření tak lze považovat za nedostatečnou;**
- hodnoty teploty a relativní vlhkosti ve třídě po většinu měření splňovaly požadavky Vyhlášky č. 6/2003 Sb., teplota jen výjimečně překročila uváděnou hodnotu 24 °C;
- zjištěné koncentrace těkavých organických látek (benzen, toluen, etylbenzen, styren, xyleny, tetrachloreten, trichloreten) byly nízké a u žádné ze stanovených látek nedošlo k překročení limitu uvedeného ve Vyhlášce č. 6/2003 Sb., naměřené hodnoty jednotlivých látek se pohybovaly maximálně na úrovni 20 % stanoveného 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 na úrovni 20 % limitu;
- naměřené koncentrace terpenů (α -pinen, limonen) se pohybovaly na úrovni, která se běžně ve vnitřním prostředí nalézá;
- **v rámci měřeného spektra organických látek nebyly ve vnitřním prostředí ZŠ identifikovány látky v koncentracích, které by mohly mít vliv na zdraví;**
- hodnoty měřeného spektra vybraných kovů v suspendovaných částicích frakce $\text{PM}_{2,5}$ (As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb a Ti) lze rozdělit na dvě skupiny - velmi nízké, zdravotně zcela nevýznamné hodnoty byly měřeny v případě As, Cd, Mn, Ni a Pb. Velmi mírně zvýšené - ale opět zdravotně nevýznamné byly hodnoty Cr. Hodnoty Ti jsou mírně zvýšené, ale odpovídají běžně měřené 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.

Měření prokázalo, že v průběhu měření kvalitu ovzduší ve třídě neovlivňovala doprava na blízké (150 m) Okružní ulici ani ranní dopravní špička.

Naopak koncentrace aerosolových částic $< 1 \mu\text{m}$ ve třídě vykazovaly v měřeném období silnou vazbu na kvalitu venkovního ovzduší - viz graf č. 10. Je zde vysoká korelace s vývojem znečištění venkovního ovzduší; kdy 16. 1. sněžilo a od rána 17. 1. 2018 začal v Jihlavě navíc foukat i silnější vítr - viz graf č. 1).

Doporučení pro odstranění/minimalizaci vlivu indikovaných problémů.

V průběhu měření nebylo ve třídě 4. C. zjištěno překročení limitní hodnoty prашného aerosolu $\text{PM}_{2,5}$ a PM_{10} . Přesto bylo 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 prokazují nedostatečnou výměnu vzduchu ve třídě, kdy sice nebyly dosaženy takové hodnoty, které by mohly mít negativní dopad na zdraví, ale již se mohou objevovat známky diskomfortu a byla už překročena hodnota stanoveného limitu.

Hodnoty koncentrací suspendovaných částic lze do určité míry ovlivnit typem podlahové krytiny, bezprašnými nátěry stěn, četnějšími mokřými stěry, dodržováním pravidel pro přezouvání dětí a režimem úklidu včetně úklidu hloubkového.

Zajištění optimální hodnoty výměny vzduchu v učebnách reprezentované koncentrací oxidu uhličitého je možné:

- okenním větráním, kdy je úroveň výměny vzduchu (koncentrace CO_2) ve třídách ověřována nějakým systémem autokontroly např. přenosným senzorovým systémem. Ostatní používané postupy (například otevřené dveře do chodby, ventilačky v oknech), pokud se nejedná o průvanové větrání, nemusí být dostačující;
- technologicky - instalací řízené výměny vzduchu (vzduchotechnika, rekuperace a pod.).

V kombinaci s režimem vytápění má větrání zásadní význam při optimalizaci teplotně-vlhkostního mikroklimatu v učebnách včetně vyhovujícího stavu proudění vzduchu.

Zpracoval: zpracoval RNDr. B. Kotlík, Ph.D, redigovala Ing. M. Mikešová

Schválila: MUDr. H. Kazmarová, garant projektu

V Praze 20. 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/>