

**Měření kvality vnitřního ovzduší**  
**5. až 9. 2. 2018**  
**Základní škola Marjánka, třída 4. A**  
**Bělohorská 52, Praha 6**



**Projekt INTERREG**  
**InAirQ**

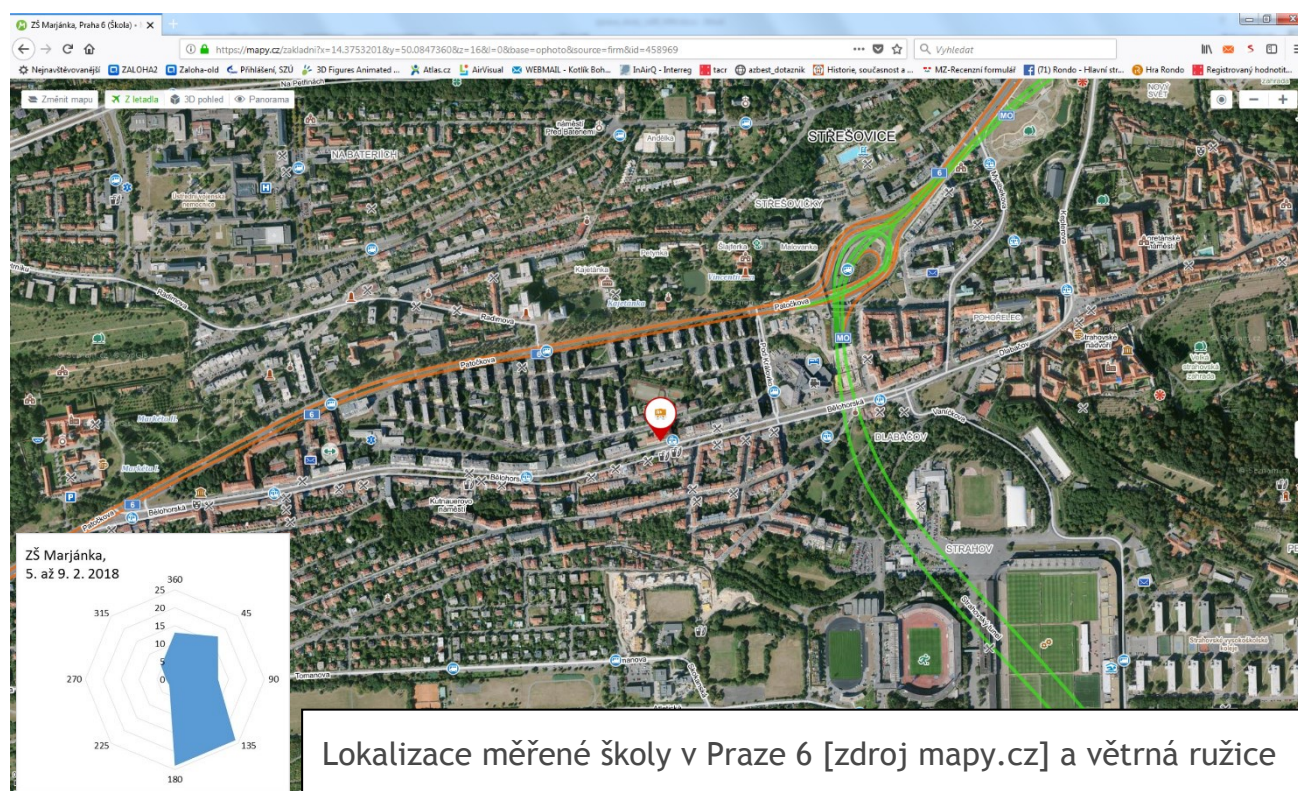
## Úvod

Základní škola Marjánka v Praze 6 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 Marjánka reprezentuje městskou lokalitu s výraznou okolní dopravní zátěží. Měření proběhlo ve dnech 5. - 9. 2. 2018, kdy se venkovní teplota pohybovala od - 3,8 do 1,0 °C.



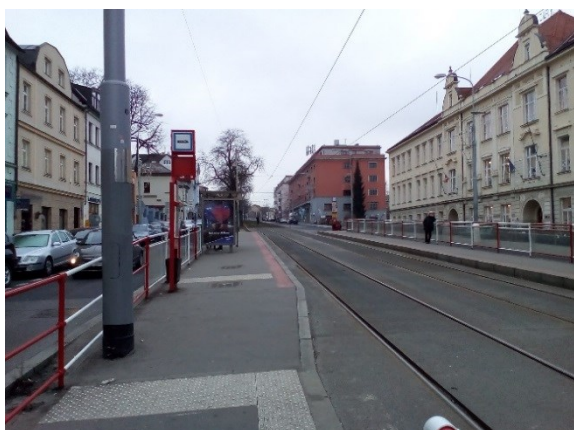
Sledovány byly tyto parametry kvality vnitřního prostředí: fyzikální (teplota, vlhkost), chemické (těkavé organické látky včetně formaldehydu, oxidy dusíku, oxid uhličitý jako indikátor správné výměny vzduchu, suspendované částice frakce PM<sub>1,0</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub>), radon a 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<sub>2,5</sub> z ovzduší pro stanovení vybraných kovů.

## Měřené prostory a jejich popis

Budova je z cihel a kamene byla postavena v roce 1910, má pět podlaží, ústřední vytápění a v posledních pěti letech byly částečně zrekonstruovány učebny, elektrické vedení, osvětlení a vodovodní rozvody. Škola se nachází v městské lokalitě s vysokou hustotou vícepatrové domovní zástavby a s výraznou dopravní zátěží. V přímé blízkosti školy cca 200 metrů je významná městská komunikace, čtyřproudá ulice Patočkova s velmi vysokou dopravní intenzitou a cca 500 metrů je vyústění tunelů Blanka a Strahovského tunelu. Okna tříd směřují do ulice Bělohorská a okna chodeb do ulice Pod Marjánkou, kde je v těsné blízkosti školy parková úprava a školní hřiště. Škola nemá centrální mechanický větrací systém, výběrově je ale v některých místnostech instalována klimatizace nebo vzduchotechnika.

Pro měření byla vybrána třída 4. A v prvním patře. Třída má plochu cca 70 m<sup>2</sup>, výška stropu je 4 m a obvykle v ní bývá 27 dětí (vychází zde tedy 10,4 m<sup>3</sup>/na žáka). Podlahovou krytinu tvoří lino, stěny jsou vymalovány ve vodě rozpustnou barvou, do výšky cca 1,5 m je stěna natřená vodou nerozpustnou barvou. Okna o ploše 17,3 m<sup>2</sup> jsou dřevěná a jsou orientována na sever do ulice Bělohorská. Nábytek a vybavení (laminát nebo kompozit) je starší více než 10 let, ve třídě je klasická dřevěná černá tabule.

Třída byla při měření větrána okny (v průběhu vyučování byla částečně otevřena maximálně dvě okna), o přestávkách bylo používáno průvanové větrání (otevřené dveře a částečně otevřená 1 až 2 okna).



## 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 Marjánka, třída 4. A, Bělohorská 52, Praha 6
Třída měřena od 5. 2. 2018 7:10 do 9. 2. 2018 12:50

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>24,0</u> / 25,0	22 ± 2 °C	-3,8 / <u>-0,7</u> / 1,0	-
R. vlhkost (*)	%	21 / <u>26</u> / 30	> 30 %	65 / <u>80</u> / 93	-
Tlak	hPa	976 / <u>981</u> / 988	-	975 / <u>980</u> / 986	-
Rychl. větru	m/s	nesleduje se	-	0,1 / <u>0,7</u> / 1,5	-
CO <sub>2</sub> (*)	ppm	697 / <u>1 094</u> / 1 623	1 500 ppm	nesleduje se	-
NO	µg/m <sup>3</sup>	6,9 / <u>44,9</u> / 116,1	-	4,1 / <u>22,5</u> / 68,6	-
NO <sub>2</sub> (*)	µg/m <sup>3</sup>	23,2 / <u>49,2</u> / 77,1	100 µg/m <sup>3</sup> /hod	19,7 / <u>36,3</u> / 59,7	40 µg/m <sup>3</sup> /rok; 200 µg/m <sup>3</sup> /hod
NO <sub>x</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Jako orientační lze vzít hodnoty z venkovního ovzduší, kdy ve třídě je vždy méně než venku. (ve třídě nejsou zdroje)	-	27,5 / <u>71,9</u> / 166,7	-
CO (*)	µg/m <sup>3</sup>		5 000 µg/m <sup>3</sup> /hod	267 / <u>401</u> / 731	10 000 µg/m <sup>3</sup> /8hod
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>		-	6,1 / <u>9,5</u> / 13,8	350 µg/m <sup>3</sup> /hod; 125 µg/m <sup>3</sup> /den
O <sub>3</sub> (*)	µg/m <sup>3</sup>		100 µg/m <sup>3</sup> /hod	3,8 / <u>22,2</u> / 41,2	120 µg/m <sup>3</sup> /8hod
PM <sub>1,0</sub>	µg/m <sup>3</sup>	13 / <u>32</u> / 64	-	17 / <u>36</u> / 63	-
PM <sub>2,5</sub> (*)	µg/m <sup>3</sup>	21 / <u>39</u> / 70	80 µg/m <sup>3</sup> /hod	17 / <u>37</u> / 65	25 µg/m <sup>3</sup> /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 <sub>10</sub> (*)	µg/m <sup>3</sup>	63 / <u>95</u> / 124	150 µg/m <sup>3</sup> /hod	17 / <u>38</u> / 67	40 µg/m <sup>3</sup> /rok; 50 µg/m <sup>3</sup> /den
benzen (*)	µg/m <sup>3</sup>	3,9	7 µg/m <sup>3</sup> /hod	4,5	5 µg/m <sup>3</sup> /rok
formaldehyd (*)	µg/m <sup>3</sup>	5,4	60 µg/m <sup>3</sup> /hod	1,9	-
toluen (*)	µg/m <sup>3</sup>	3,2	300 µg/m <sup>3</sup> /hod	2,9	-
suma xylenu (*)	µg/m <sup>3</sup>	1,7	200 µg/m <sup>3</sup> /hod	0,7	-
ethylbenzen (*)	µg/m <sup>3</sup>	0,6	200 µg/m <sup>3</sup> /hod	0,3	-
trichlorethylen (*)	µg/m <sup>3</sup>	LDL	150 µg/m <sup>3</sup> /hod	LDL	-
tetrachlorethylen (*)	µg/m <sup>3</sup>	0,2	150 µg/m <sup>3</sup> /hod	0,3	-
α-pinene (***)	µg/m <sup>3</sup>	1,0	450 µg/m <sup>3</sup>	LDL	-
limonen (***)	µg/m <sup>3</sup>	42,0	450 µg/m <sup>3</sup>	LDL	-
2-ethylhexanol (***)	µg/m <sup>3</sup>	0,4	70 µg/m <sup>3</sup> /rok	LDL	-
styren (*)	µg/m <sup>3</sup>	0,1	40 µg/m <sup>3</sup> /hod	LDL	-
acetaldehyd (***)	µg/m <sup>3</sup>	4,1	200 µg/m <sup>3</sup>	1,5	-
propionaldehyd	µg/m <sup>3</sup>	1,1	-	0,7	-
benzaldehyd	µg/m <sup>3</sup>	0,1	-	0,1	-
hexanal	µg/m <sup>3</sup>	6,1	-	3,3	-
As	ng/m <sup>3</sup>	1,89	-	LDL	6 ng/m <sup>3</sup> /rok
Cd	ng/m <sup>3</sup>	0,49	-	0,17	5 ng/m <sup>3</sup> /rok
Cr	ng/m <sup>3</sup>	2,70	-	5,77	-
Mn (***)	ng/m <sup>3</sup>	4,85	-	4,31	150 ng/m <sup>3</sup> /rok
Ni	ng/m <sup>3</sup>	2,59	-	0,92	20 ng/m <sup>3</sup> /rok
Pb	ng/m <sup>3</sup>	19,52	-	7,55	500 ng/m <sup>3</sup> /rok
Ti	ng/m <sup>3</sup>	10,52	-	8,40	-
Radon (****)	Bq/m <sup>3</sup>	32	400 Bq/m <sup>3</sup>	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.,

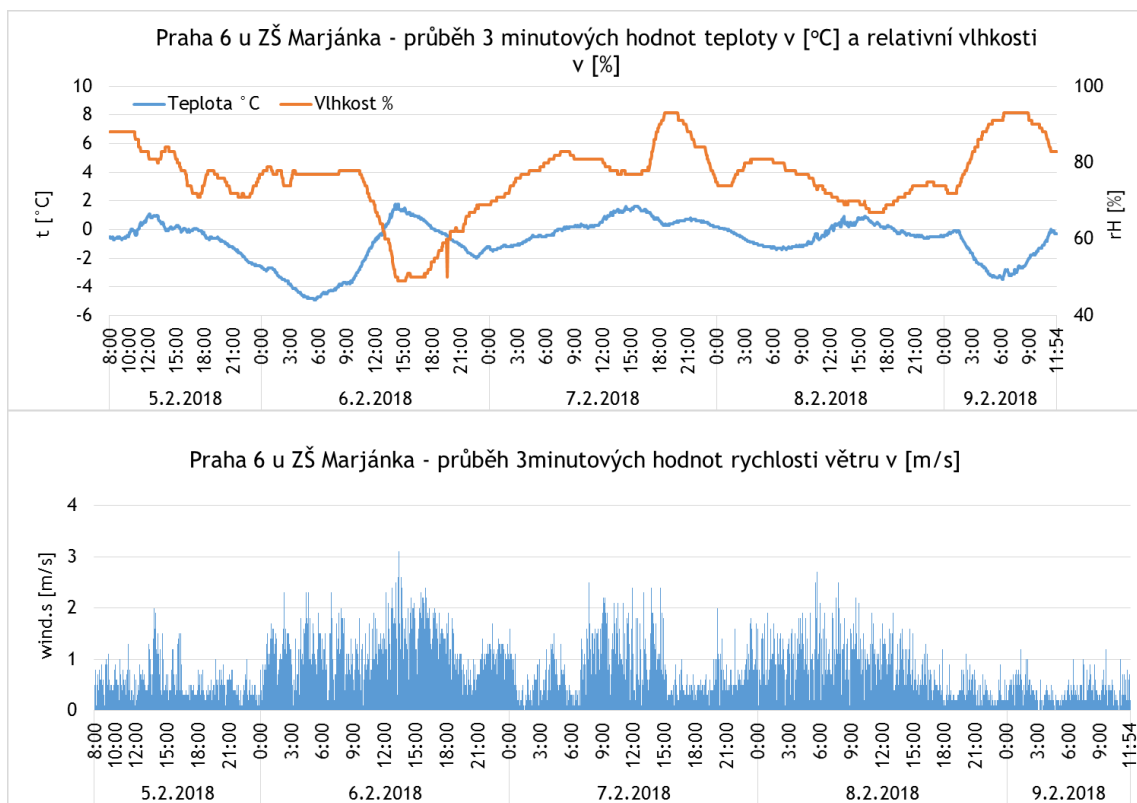
(\*\*) - podle přílohy č. 1. Zákona č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012 o ochraně ovzduší

(\*\*\*) - 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](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty_zdravi/ref_konc_2003.pdf))

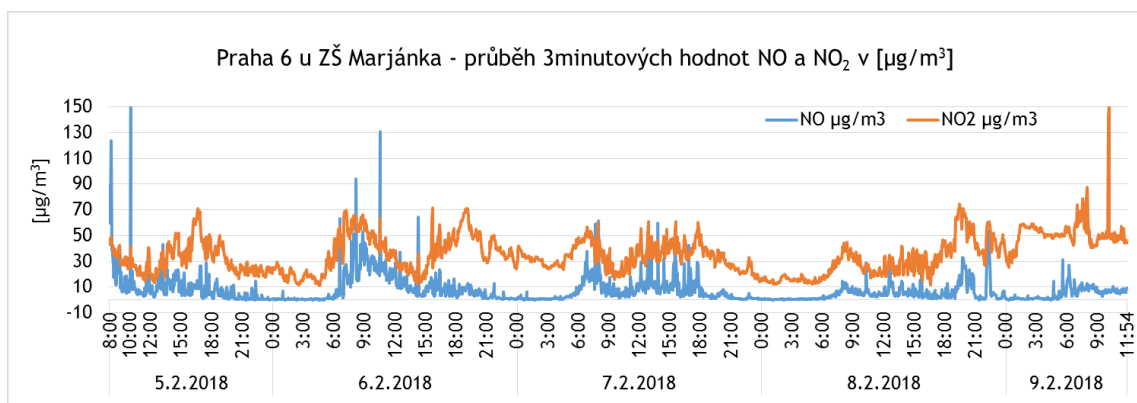
(\*\*\*\*) - Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění Vyhlášky č. 499/2005 Sb. stanoví tzv. směrné hodnoty pro obsah radonu - v obytném prostoru stávajících budov kde by neměla být průměrná hodnota objemové aktivity radonu vyšší než 400 Bq/m<sup>3</sup>.

(\*\*\*\*\*) - 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.

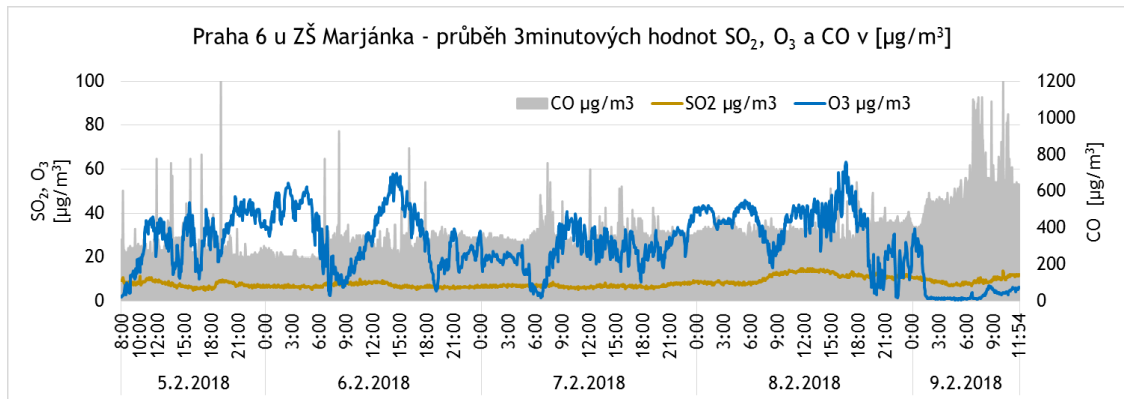
V dále uvedených grafických zpracováních jsou prezentovány průběhy měřených hodnot sledovaných znečišťujících látek a základních mikroklimatických parametrů kvality prostředí ve třídě 4. A. a ve venkovním ovzduší.



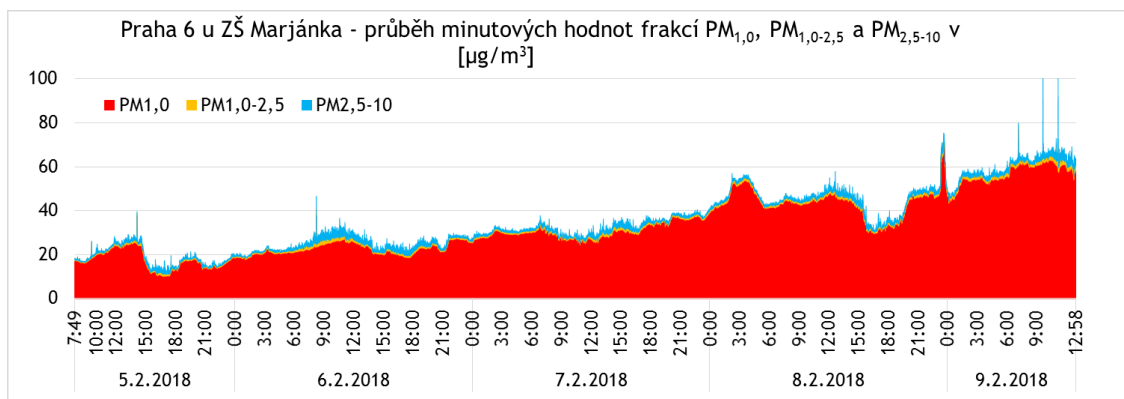
Graf. č. 1. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot teploty, vlhkosti a rychlosti větru



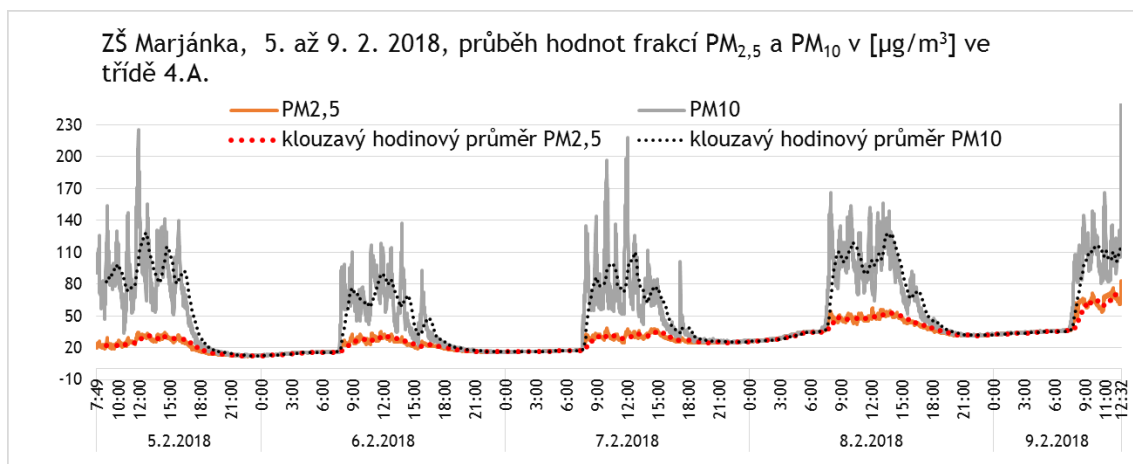
Graf. č. 2. : Venkovní ovzduší - Průběh hodnot oxidů dusíku



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

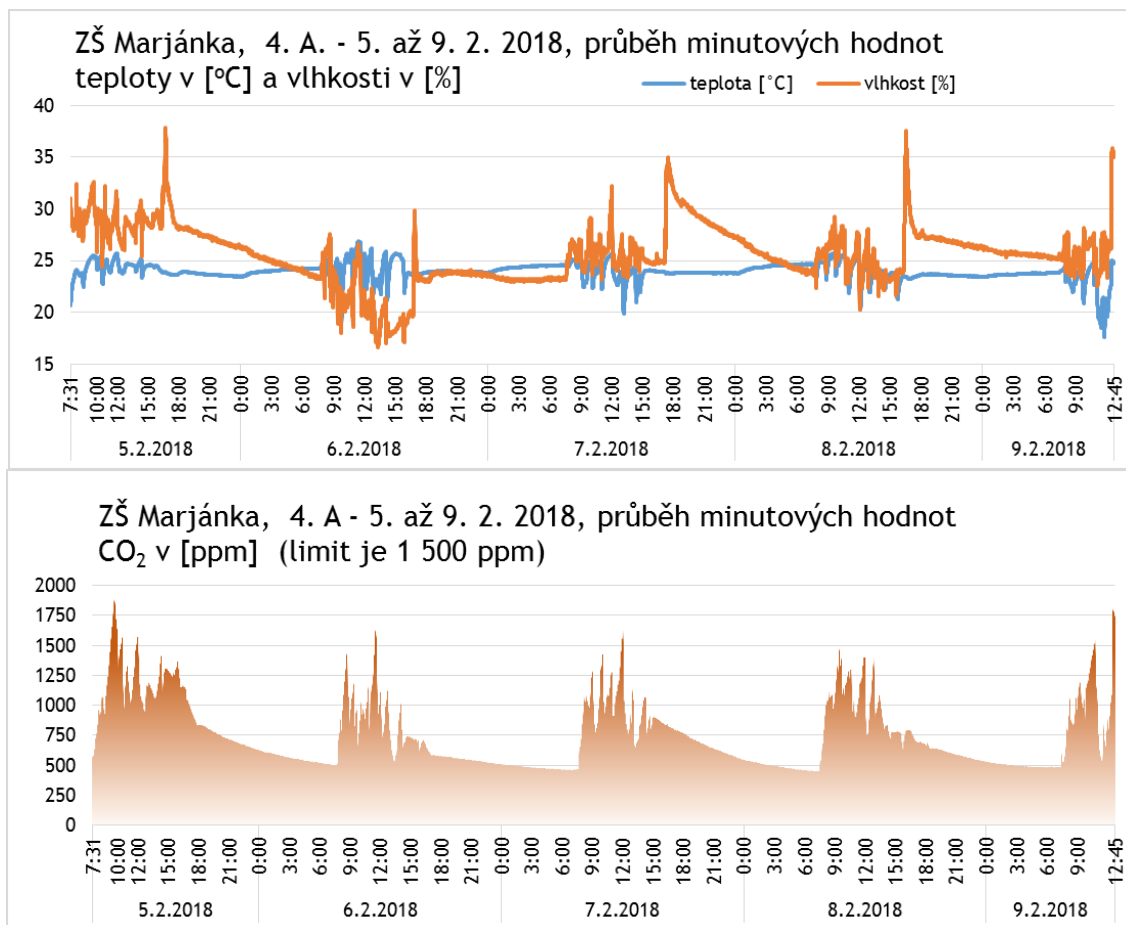


Graf. č. 4. : Venkovní ovzduší - Průběh koncentrace suspendovaných částic frakce PM<sub>1,0</sub>, PM<sub>1,0-2,5</sub> a PM<sub>2,5-10</sub>

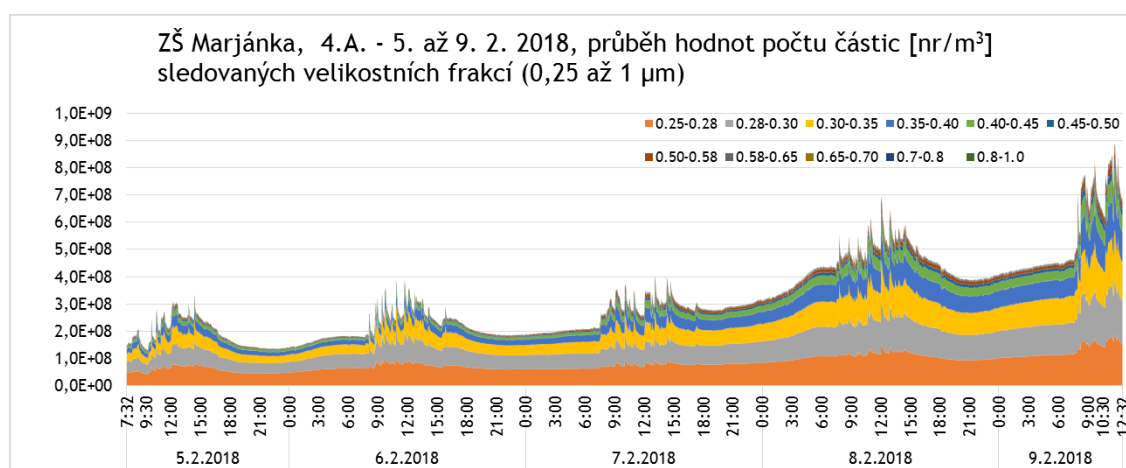


Graf. č. 5. : 4. A - Průběh koncentrace suspendovaných částic frakce PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub>

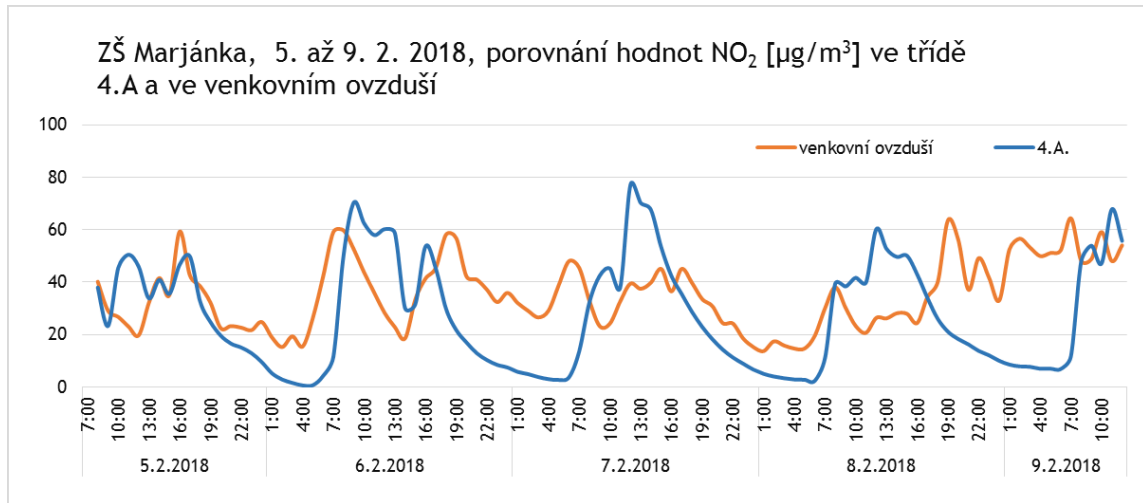




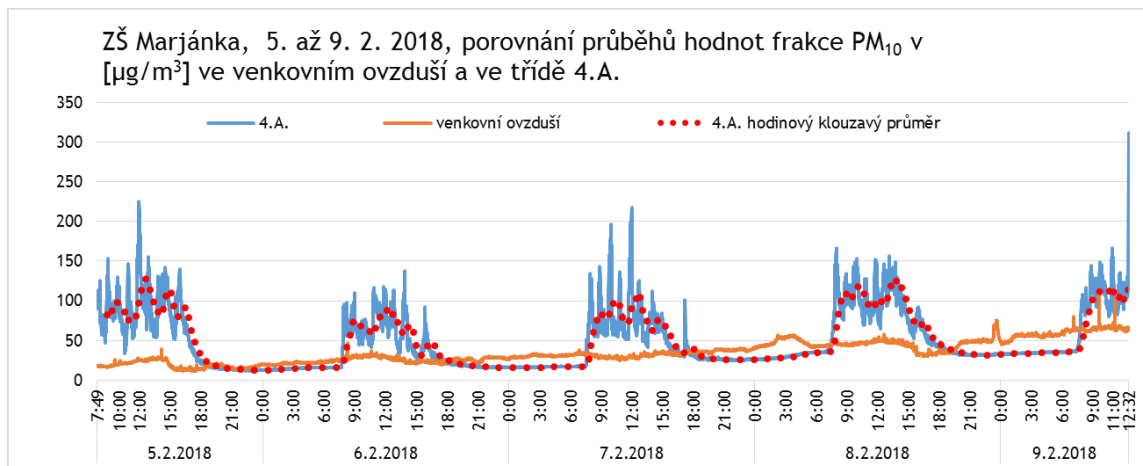
Graf. č. 6. : 4. A - Průběh hodnot teploty, vlhkosti a koncentrace oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>)



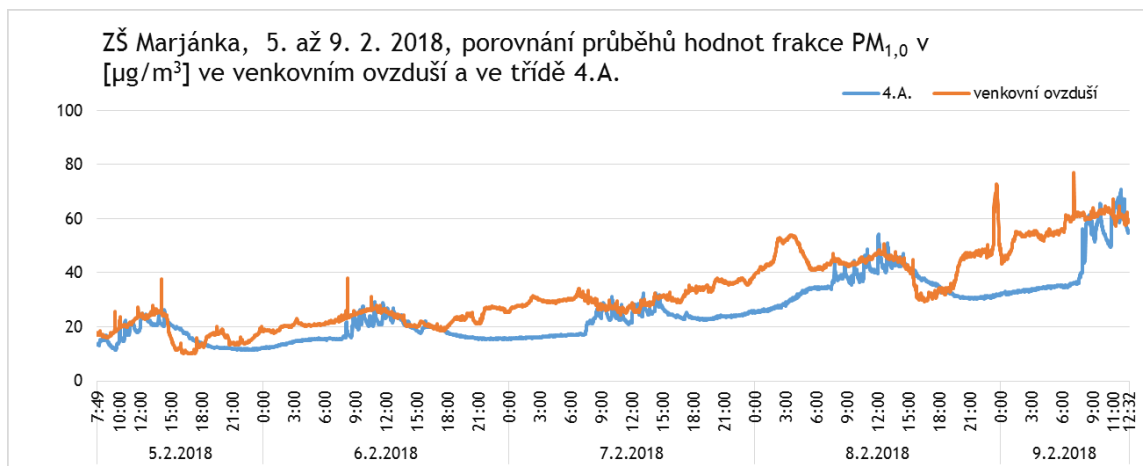
Graf. č. 7. : 4. A - Průběh hodnot počtu částic sledovaných velikostních frakcí (0,25 až 1 µm)



Graf. č. 8. : Průběh hodnot oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>) ve venkovním ovzduší a v 4. A



Graf. č. 9. : Průběh hodnot frakce PM<sub>10</sub> ve venkovním ovzduší a ve 4. A.



Graf. č. 10. : Srovnání průběhu hodnot frakce PM<sub>1,0</sub> ve venkovním ovzduší a ve 4. A.

## Závěr/shrnutí

V Základní škole Marjánka, Bělohorská 52 v Praze 6 byly ve dnech 5. - 9. 2. 2018 ve třídě 4. A. změřeny vybrané parametry kvality vnitřního prostředí. Na základě hodnot naměřených ve třídě a výsledků získaných v rámci souběžného měření kvality venkovního ovzduší lze konstatovat, že:

- koncentrace látek, jejichž zdroj je pouze ve venkovním ovzduší (SO<sub>2</sub>, NO, CO, O<sub>3</sub>) při měření u základní školy odpovídaly aktuální meteorologické situaci v době měření, sezóně a typu majoritní okolní zátěže z dopravy. Koncentrace NO<sub>2</sub> ve venkovním ovzduší nepřekročila během měření limitní hodnotu 200 µg/m<sup>3</sup>/hod.
- ve třídě 4. A. nebyly naměřeny zvýšené/zdravotně významné hodnoty NO<sub>2</sub> (při srovnání hodnot NO<sub>2</sub> ve venkovním ovzduší s měřenými maximy ve třídě byly tyto hodnoty během dopolední dopravní špičky o cca 30 % vyšší, než ve venkovním ovzduší, což bylo způsobeno tím, že třída byla větrána do ulice Bělohorská a mobilní jednotka měřící venkovní ovzduší byla umístěna pod školou v ulici Pod Marjánkou, kde je vliv dopravy nižší);
- překročení hodinové limitní hodnoty suspendovaných částic frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> nebylo ve třídě 4. A. v daném období naměřeno. Průběh minutových hodnot a hodnot hodinových klouzavých průměrů je pak znázorněn v grafu č. 5. Srovnání s hodnotami souběžně měřenými ve venkovním ovzduší potvrdilo, že vyšší hmotnostní koncentrace částic hrubé frakce (PM<sub>2,5-10</sub>) ve třídě 4. A. souvisí s aktivitami uživatelů (děti) a naopak, že jemná submikronová frakce částic (< 1 µm) je většinou transportována z venkovního ovzduší;
- zjištěné koncentrace těkavých organických látek (benzen, toluen, etylbenzen, styren, xyleny, tetrachloreten, trichloreten) jsou nízké a u žádné z těchto látek nedošlo k překročení limitu uvedeného ve Vyhlášce MZ ČR č. 6/2003 Sb., naměřené hodnoty jednotlivých látek se pohybovaly maximálně na úrovni 56 % 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 na úrovni 9 % limitu;
- naměřené koncentrace terpenů (α pinen, limonen) se pohybovaly na úrovni, která se běžně ve vnitřním prostředí nalézá;
- v rámci měřeného spektra látek nebyly ve vnitřním prostředí ZŠ identifikovány těkavé organické látky v koncentracích, které by mohly mít negativní vliv na zdraví;
- přestože hodinové koncentrace oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) se během měření pohybovaly v rozmezí 697 - 1 623 ppm (s průměrem za dobu vyučování na úrovni 1 094 ppm), maximální minutové koncentrace dosáhly téměř hodnoty 2 000 ppm, viz graf č. 6. Limit stanovený Vyhláškou č. 20/2016 Sb. o technických požadavcích na stavby tak sice byl během vyučování překračován, přesto by ale tyto krátkodobé nadlimitní hodnoty neměly mít negativní vliv na lidské zdraví, maximálně se může jednat o krátkodobý pocit diskomfortu. **Výměnu vzduchu v učebně v době měření tak lze, na základě porovnání s limitem stanoveným Vyhláškou č. 20/2016 Sb., považovat za ne zcela dostatečnou;**
- teplota ve třídě byla během vyučování víceméně vyhovující - v rozmezí 20 - 25 °C a relativní vlhkost se pohybovala v rozmezí 21 - 30 %. Zjištěné mikroklimatické

parametry v době vyučování vždy nesplňovaly požadavky Vyhlášky č. 6/2003 Sb., zejména relativní vlhkost byla téměř po celou dobu měření nižší než je limitní hodnota. 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;

- měření prokázalo, že v průběhu měření kvalitu ovzduší ve třídě ovlivňovala doprava na blízkých frekventovaných komunikacích. Zejména koncentrace aerosolových částic < 1  $\mu\text{m}$  ve třídě vykazovaly v měřeném období silnou vazbu na kvalitu venkovního ovzduší - viz graf č. 10, který koreluje s vývojem znečištění venkovního ovzduší (kdy 9. 2. došlo k výraznému snížení rychlosti větru a tím ke zhoršení rozptylových podmínek - viz graf č. 1);
- 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 Cd, Cr, Ni, Mn a Pb. Sezónně velmi mírně zvýšené - ale opět zdravotně nevýznamné byly hodnoty As; hodnoty Ti odpovídají vyšší 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 10 % stanoveného limitu.

Doporučení pro odstranění/minimalizaci vlivu indikovaných problémů.

V průběhu měření bylo ve třídě 4. A. indikováno opakované 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  $\text{CO}_2$  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 překračována hodnota stanoveného limitu. Totéž platí o měřených hodnotách mikroklimatických parametrů (teplota, relativní vlhkost). Měření potvrdilo významný vliv okolních extenzivně zatížených dopravních komunikací (Patočkova, Bělohorská, tunelové křížení) 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 v topné sezóně lze zvýšit např. použitím zvlhčovače vzduchu. Ke zlepšení teplotně-vlhkostního mikroklimatu by přispělo i snížení **teploty** ve třídách.
- Omezení **vlivu dopravy** na kvalitu vnitřního ovzduší je možné dosáhnout pouze úpravou režimu větrání. Vzhledem k tomu, že třídy mají okna orientovaná do ulice Bělohorská, která je rušnou dopravní komunikací, bylo by zejména v ranních hodinách vhodné větrat přes chodbu okny, která směřují do ulice Pod Marjánkou. Vhodnost tohoto opatření potvrdily i výsledky měření, kdy byly v ulici Pod Marjánkou naměřeny nižší koncentrace oxidu dusičitého než v učebně, která má okna orientovaná do ulice Bělohorská. V případě větrání okny do ulice Bělohorská je nutné větrat pouze intenzivně, krátkodobě, několika otevřenými okny a zcela eliminovat dlouhotrvající větrání pouze ventilační okenní štěrbinou.

**Režim větrání lze upravit dle aktuálního stavu znečištění venkovního ovzduší, které lze ověřit na blízké měřicí stanici (ABREA) ČHMÚ.**

Zpracovala: Ing. M. Mikešová, Bc. L. Kuklová, redigoval RNDr. B. Kotlík, Ph.D.

Schválila: MUDr. H. Kazmarová, garant projektu

V Praze 14. 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/>