

Technická zpráva číslo TZ 118/2017

---

# MĚŘENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V LOKALITĚ KRAVÍ HORA

---

Autoři: Skeřil Robert, Antošová Šárka  
a kolektiv

Český hydrometeorologický ústav

**Brno, červenec 2017**

**Název projektu:** Měření kvality ovzduší v lokalitě Kraví Hora

**Závěrečná zpráva:** Měření kvality ovzduší v lokalitě Kraví Hora

*Evidenční číslo objednatele: OV2016-6085*

*Evidenční číslo poskytovatele: P16005111/561*

**ŘEŠITELÉ:**

**Český hydrometeorologický ústav<sup>1</sup>**

**Autoři: Mgr. Robert Skeřil, Ph. D.<sup>1</sup>, Mgr. Šárka Antošová<sup>1</sup> a kolektiv**

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Charakteristika měřicí kampaně</b> .....	<b>11</b>
2.1	Lokality měření .....	11
2.1.1	Střítež .....	11
2.1.2	Moravecké Pavlovice .....	13
2.2	Měřené škodliviny, imisní limity .....	15
2.2.1	Suspendované částice PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> .....	15
2.2.2	Benzo[a]pyren .....	16
2.3	Metody měření, zajištění kvality dat (QA/QC).....	17
2.3.1	Suspendované částice PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> .....	18
2.3.2	Benzo[a]pyren .....	18
2.4	Harmonogram měření .....	19
<b>3</b>	<b>Vyhodnocení kvality ovzduší</b> .....	<b>20</b>
3.1	Suspendované částice PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> .....	20
3.1.1	I. kampaň – léto 2016 .....	20
3.1.2	II. kampaň – podzim 2016 .....	25
3.1.3	III. kampaň – zima 2016 .....	29
3.1.4	IV. kampaň – zima 2017 .....	33
3.1.5	V. kampaň – jaro 2017 .....	37
3.1.6	VI. kampaň – léto 2017 .....	41
3.1.7	Celkové vyhodnocení koncentrací PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> .....	45
3.2	Benzo[a]pyren .....	53
<b>4</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>54</b>
<b>5</b>	<b>Citace a seznam literatury</b> .....	<b>55</b>

## Seznam obrázků:

Obr. 1 – Přehled lokalit měření – Střítež (1), Moravecké Pavlovice (2) a Křižanov (3) .....	10
Obr. 2 – Umístění měření v lokalitě Střítež .....	11
Obr. 3 – Lokalita Střítež, odběrová zařízení .....	12
Obr. 4 – Umístění měření v lokalitě Moravecké Pavlovice .....	13
Obr. 5 - Lokalita Moravecké Pavlovice, odběrová zařízení .....	14
Obr. 6 – Srovnání velikostí částic PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> se zrnky písku či lidským vlasem .....	15
Obr. 7 – Bilance emisí tuhých znečišťujících látek v kraji Vysočina [1] .....	16
Obr. 8 – Strukturní vzorec benzo[a]pyrenu .....	16
Obr. 9 - Emise benzo[a]pyrenu v České Republice dle kategorií zdrojů NFR (2014) [3] .....	17
Obr. 10 - Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> (nahore) a PM <sub>2,5</sub> (dole) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	22
Obr. 11 – Vývoj koncentrací PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> v lokalitě Střítež .....	24
Obr. 12 - Vývoj koncentrací PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> v lokalitě Moravecké Pavlovice .....	24
Obr. 13 - Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> (nahore) a PM <sub>2,5</sub> (dole) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	26
Obr. 14 – Vývoj koncentrací PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> v lokalitě Střítež .....	28
Obr. 15 - Vývoj koncentrací PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> v lokalitě Moravecké Pavlovice .....	28
Obr. 16 - Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> (nahore) a PM <sub>2,5</sub> (dole) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	30
Obr. 17 – Vývoj koncentrací PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> v lokalitě Střítež .....	32
Obr. 18 - Vývoj koncentrací PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> v lokalitě Moravecké Pavlovice .....	32
Obr. 19 - Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> (nahore) a PM <sub>2,5</sub> (dole) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	34
Obr. 20 – Vývoj koncentrací PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> v lokalitě Střítež .....	36
Obr. 21 - Vývoj koncentrací PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> v lokalitě Moravecké Pavlovice .....	36
Obr. 22 - Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> (nahore) a PM <sub>2,5</sub> (dole) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	38
Obr. 23 – Vývoj koncentrací PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> v lokalitě Střítež .....	40
Obr. 24 - Vývoj koncentrací PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> v lokalitě Moravecké Pavlovice .....	40
Obr. 25 - Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> (nahore) a PM <sub>2,5</sub> (dole) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	42
Obr. 26 – Vývoj koncentrací PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> v lokalitě Střítež .....	44

Obr. 27 - Vývoj koncentrací PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> v lokalitě Moravecké Pavlovice .....	44
Obr. 28 – Statistické zpracování koncentrací PM <sub>10</sub> v jednotlivých lokalitách pomocí krabicových grafů, členěné dle jednotlivých kampaní. Bodově jsou vyznačeny odlehle hodnoty. ....	45
Obr. 29 - Statistické zpracování koncentrací PM <sub>10</sub> během jednotlivých kampaní, členěné dle jednotlivých lokalit. Bodově jsou vyznačeny odlehle hodnoty.....	46
Obr. 30 - Průměrné hodnoty koncentrací PM <sub>10</sub> v jednotlivých lokalitách a kampaních .....	47
Obr. 31 – Celková průměrná koncentrace PM <sub>10</sub> za 6 kampaní (2016 – 2017) .....	47
Obr. 32 - Korelace koncentrací PM <sub>10</sub> mezi jednotlivými lokalitami.....	48
Obr. 33 – Statistické zpracování koncentrací PM <sub>2,5</sub> v jednotlivých lokalitách, členěné dle jednotlivých kampaní. Bodově jsou vyznačeny odlehle hodnoty. ....	49
Obr. 34 - Statistické zpracování koncentrací PM <sub>2,5</sub> během jednotlivých kampaní, členěné dle jednotlivých lokalit. Bodově jsou vyznačeny odlehle hodnoty.....	50
Obr. 35 - Průměrné hodnoty koncentrací PM <sub>2,5</sub> v jednotlivých lokalitách a kampaních .....	51
Obr. 36 – Celková průměrná koncentrace PM <sub>2,5</sub> za 6 kampaní (2016 – 2017).....	51
Obr. 37 - Korelace koncentrací PM <sub>2,5</sub> mezi jednotlivými lokalitami.....	52
Obr. 38 - Koncentrace benzo[a]pyrenu (ng.m <sup>-3</sup> ) v jednotlivých lokalitách.....	53

## Seznam tabulek:

Tab. 1 - Detekční limity a vyjádření nejistoty – suspendované částice PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> (gravimetrie) .....	18
Tab. 2 - Detekční limity a vyjádření nejistoty – benzo[a]pyren .....	18
Tab. 3 – Harmonogram měření v roce 2016 .....	19
Tab. 4 – Harmonogram měření v roce 2017 .....	19
Tab. 5 – Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> (μg·m <sup>-3</sup> ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	21
Tab. 6 – Průměrné koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> (μg·m <sup>-3</sup> ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	23
Tab. 7 – Relativní vztah koncentrací v jednotlivých lokalitách kampaně vůči lokalitě Křižanov .....	23
Tab. 8 – Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> (μg·m <sup>-3</sup> ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	25
Tab. 9 – Průměrné koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> (μg·m <sup>-3</sup> ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	27
Tab. 10 – Relativní vztah koncentrací v jednotlivých lokalitách kampaně vůči lokalitě Křižanov .....	27
Tab. 11 – Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> (μg·m <sup>-3</sup> ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	29
Tab. 12 – Průměrné koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> (μg·m <sup>-3</sup> ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	31
Tab. 13 – Relativní vztah koncentrací v jednotlivých lokalitách kampaně vůči lokalitě Křižanov .....	31
Tab. 14 – Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> (μg·m <sup>-3</sup> ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	33
Tab. 15 – Průměrné koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> (μg·m <sup>-3</sup> ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	35
Tab. 16 – Relativní vztah koncentrací v jednotlivých lokalitách kampaně vůči lokalitě Křižanov .....	35
Tab. 17 – Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> (μg·m <sup>-3</sup> ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	37
Tab. 18 – Průměrné koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> (μg·m <sup>-3</sup> ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	39
Tab. 19 – Relativní vztah koncentrací v jednotlivých lokalitách kampaně vůči lokalitě Křižanov .....	39

Dlážděná 6 | 110 00 Praha 1 | ČR

tel.: +420 221 421 511 | fax: +420 221 421 544 | e-mail: info@suroao.cz | www.suroao.cz

IČ: 66000769 | Bankovní spojení: ČNB Praha 1, č. ú. 35-64726011/0710

Tato zpráva je výhradně majetkem SÚRAO a její šíření bez vědomí majitele je zakázáno.

Správa úložišť radioaktivních odpadů byla zřízena k 1. 6. 1997 Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR jako státní organizace na základě atomového zákona (§ 26 zákona č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření). Od roku 2000 je SÚRAO ve smyslu § 51 zákona č. 219/2000 Sb. organizační složkou státu.

Tab. 20 – Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> (µg·m <sup>-3</sup> ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice .....	41
Tab. 21 – Průměrné koncentrace suspendovaných částic PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> (µg·m <sup>-3</sup> ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice.....	43
Tab. 22 – Relativní vztah koncentrací v jednotlivých lokalitách kampaně vůči lokalitě Křižanov .....	43
Tab. 23 – Koncentrace benzo[a]pyrenu (ng·m <sup>-3</sup> ) v jednotlivých lokalitách.....	53

## Seznam textových příloh:

Protokoly o zkoušce z jednotlivých kampaní:

1. měřicí kampaň (VI. - VII. 2016) - protokoly o zkoušce č. BN-036/16, BN-037/16, BN-038/16 a BN-039/16
2. měřicí kampaň (IX. 2016) - protokoly o zkoušce č. BN-045/16, BN-046/16, BN-047/16 a BN-048/16
3. měřicí kampaň (XI. 2016) - protokoly o zkoušce č. BN-053/16, BN-054/16, BN-055/16 a BN-056/16
4. měřicí kampaň (II. 2017) - protokoly o zkoušce č. BN-007/17, BN-008/17, BN-009/17 a BN-010/17
5. měřicí kampaň (III. - IV. 2017) - protokoly o zkoušce č. BN-021/17, BN-022/17, BN-023/17 a BN-024/17
6. měřicí kampaň (VI. 2017) - protokoly o zkoušce č. BN-031/17, BN-032/17, BN-033/17 a BN-034/17

## Seznam elektronických příloh:

1 x CD s elektronickou verzí závěrečné zprávy a protokoly o zkoušce

## Seznam použitých zkratk:

BaP	Benzo[a]pyren, legislativní zástupce PAH
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČIA	Český institut pro akreditaci
IM	Imisní monitoring
PAH	Polycyklické aromatické uhlovodíky
PM <sub>10</sub>	Aerosolové částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 10 μm
PM <sub>2,5</sub>	Aerosolové částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 2,5 μm
QA/QC	Zajištění kvality a kontrola kvality výsledků
REZZO	Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší
REZZO 1	Zvláště velké a velké stacionární zdroje znečišťování ovzduší (nad 5 MW tepelného výkonu)
REZZO 2	Střední stacionární zdroje znečišťování ovzduší (nad 200 kW a pod 5 MW tepelného výkonu)
REZZO 3	Malé stacionární zdroje znečišťování ovzduší (do 200 kW tepelného výkonu)
REZZO 4	Liniové zdroje znečišťování ovzduší (doprava)
SSIM	Státní síť imisního monitoringu
TZL	Tuhé znečišťující látky (emise)



## Abstrakt

Měření suspendovaných částic v průzkumném území pro zvláštní zásahy do zemské kůry (PÚ ZZZK) Kraví Hora byl jedním z dodatečných požadavků Ministerstva životního prostředí při vydání rozhodnutí o PÚ ZZZK v roce 2014. Za tímto účelem byly v oblasti vybrány dvě lokality, ve kterých byly během roku 2016 a 2017 sledovány koncentrace suspendovaných částic v ovzduší. Jedná se o lokality Střítež a Moravecké Pavlovice.

V roce 2016 proběhly první 3 kampaně v letních, podzimních a zimních podmínkách. V obou lokalitách byly odebírány suspendované částice  $PM_{10}$  a  $PM_{2.5}$ , v zimě navíc proběhly odběry benzo[a]pyrenu. Data z obou lokalit byla srovnána s nedalekou lokalitou státní sítě imisního monitoringu v Křižanově.

Výsledky poukazují na nízké koncentrace suspendovaných částic ve vybraných lokalitách, které velmi dobře korespondují s hodnotami naměřenými v lokalitě Křižanov. Koncentrace benzo[a]pyrenu byly vyhodnoceny ve vztahu ke státní síti imisního monitoringu, výsledky korelují, avšak vzhledem k nízkému počtu vzorků nelze vyvozovat další závěry.

## Klíčová slova

*úložiště, prašnost, suspendované částice, PAH, kvalita ovzduší*

## Abstract

Measurements of suspended particles in the exploration area for special interventions into the earth's crust (PÚ ZZZK) Kraví Hora was one of the additional requirements of the Ministry of Environment in issuing a decision on PÚ ZZZK in 2014. For this purpose there were selected in two locations, which was monitored during 2016 and 2017 in case of concentrations of suspended particles in the air. It is the locality Střítež and Moravecké Pavlovice.

In 2016 held its first three campaigns in the summer, autumn and winter conditions. In both locations were sampled particulate matter  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  in winter campaign there were extra samples of benzo[a]pyrene. Data from both locations were compared with the nearby site of national air quality monitoring network in Křižanov.

The results indicate a low concentration of suspended particles in selected locations, which corresponds very well with the values measured in Křižanov. Concentrations of benzo[a]pyrene are correlating in relation to national air quality monitoring network, but according to only a few samples no other results could be defined.

## Keywords

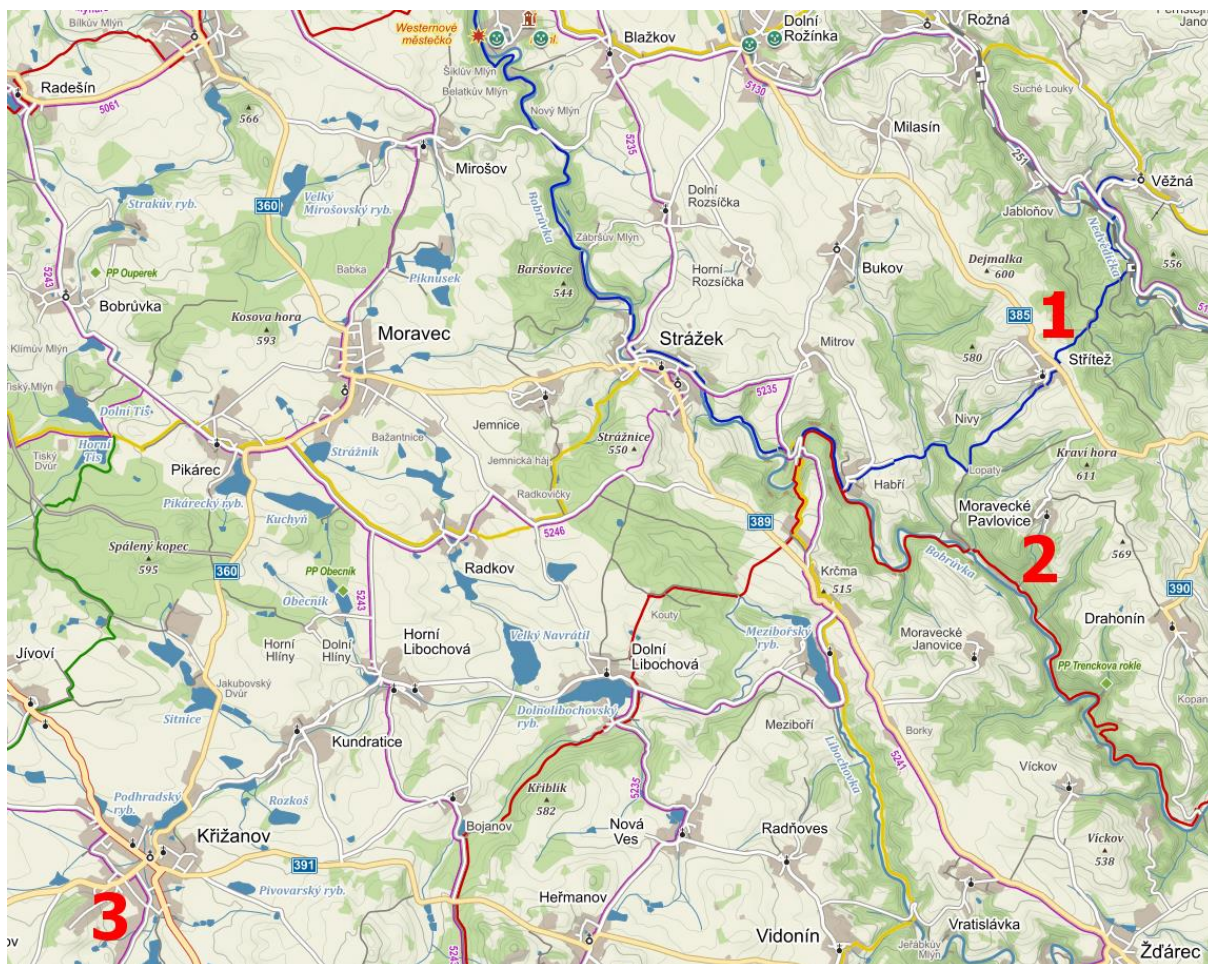
*repository, dustiness, suspended particles, PAH, air quality*

## 1 Úvod

Měření suspendovaných částic v průzkumném území pro zvláštní zásahy do zemské kůry (PÚ ZZZK) Kraví Hora byl jedním z dodatečných požadavků Ministerstva životního prostředí při vydání rozhodnutí o PÚ ZZZK v roce 2014. Za tímto účelem byly v oblasti vybrány dvě lokality, ve kterých budou během roku 2016 a 2017 sledovány koncentrace suspendovaných částic v ovzduší. Jedná se o lokality Střítež a Moravecké Pavlovice. Vybrané lokality jsou uvedeny na přehledové mapce na Obr. 1.

Naměřená data jsou doplněna daty státní sítě imisního monitoringu – konkrétně stanicí Křižanov, která je vzdálena zhruba 10 km vzdušnou čarou. Díky tomu je možné nejen srovnat jednotlivé lokality této kampaně s dlouhodobým měřením, ale rovněž je možné na tato měření navázat a odhadnout tak vztah k imisním limitům stanoveným v legislativě.

Výsledky dosažené v rámci této měřicí kampaně pak také mohou sloužit v jednotlivých obcích jako zdroj informací o kvalitě ovzduší.



Obr. 1 – Přehled lokalit měření – Střítež (1), Moravecké Pavlovice (2) a Křižanov (3)

## 2 Charakteristika měřicí kampaně

### 2.1 Lokality měření

#### 2.1.1 Střítež

Střítež je obec ležící 9 km jižně od Bystřice nad Pernštejnem v okrese Žďár nad Sázavou, kraj Vysočina. Rozprostírá se na ploše 5,8 km<sup>2</sup> a žije v ní 95 obyvatel.

Měření probíhalo na jihovýchodním kraji obce, z hlediska nadmořské výšky mírně nad obcí. V blízkosti leží komunikace 385 vedoucí z Tišnova do Dolní Rožínky a dále do Nového Města na Moravě. Odběrová lokalita je zobrazena na přehledové mapce a fotografii (Obr. 2 a Obr. 3)

Měření probíhalo v roce 2016 ve třech kampaních tak, aby byla pokryta letní, podzimní a zimní sezóna, v roce 2017 pak obdobně probíhala měření v zimní, jarní a letní části roku. Měření probíhalo vždy 14 dní, odebírány byly frakce suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, které byly následně gravimetricky stanoveny. Během kampaně v zimní sezóně byly rovněž odebrány 2 vzorky pro stanovení benzo[a]pyrenu – legislativního zástupce polycyklických aromatických uhlovodíků.

GPS údaje měření: 49.4399556N, 16.2587189E. Nadmořská výška: 570 m.n.m.



Obr. 2 – Umístění měření v lokalitě Střítež





Obr. 3 – Lokalita Strítěž, odběrová zařízení



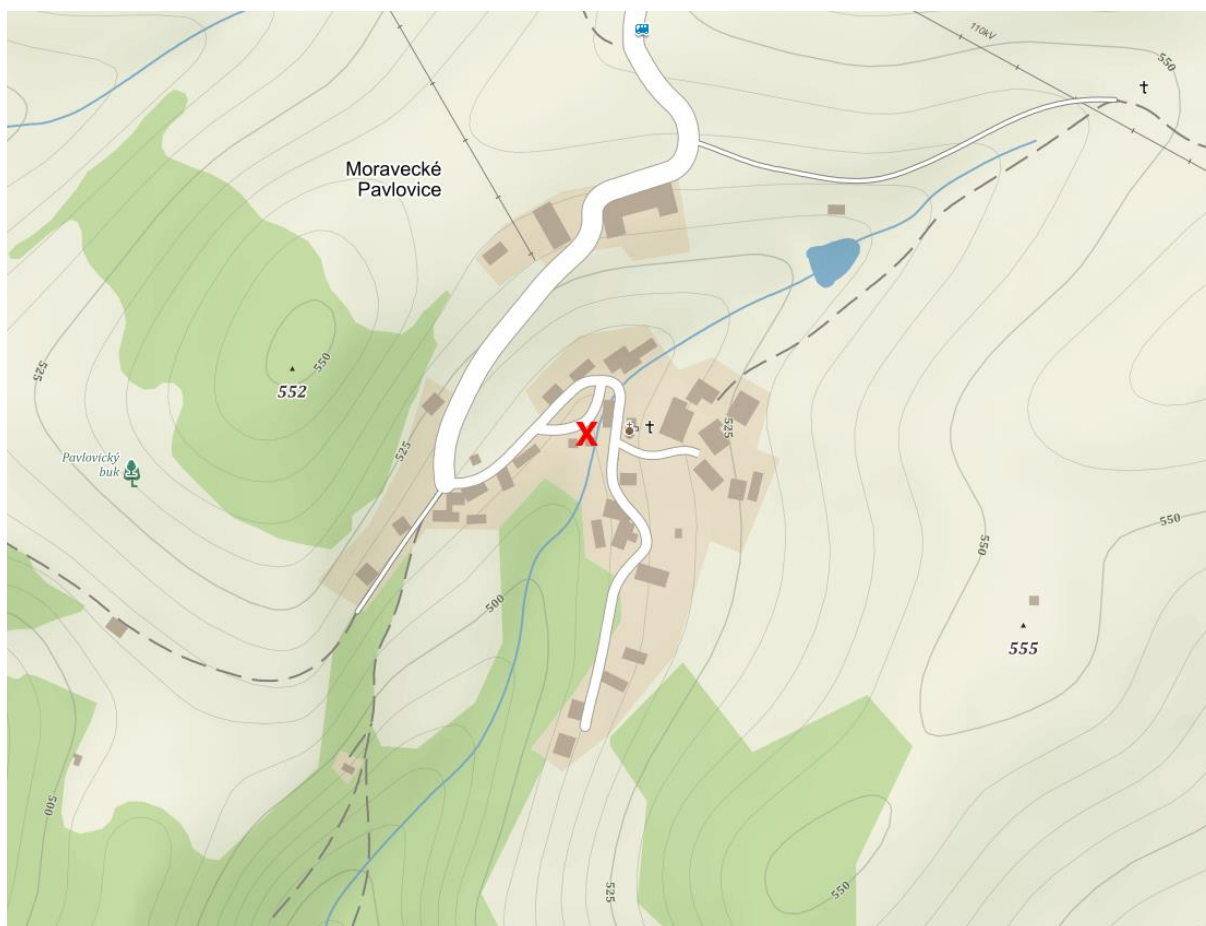
### 2.1.2 Moravecké Pavlovice

Moravecké Pavlovice jsou obec v okrese Žďár nad Sázavou, kraj Vysočina. Rozprostírá se na ploše 2,3 km<sup>2</sup> a žije v ní 51 obyvatel.

Měření probíhalo ve středu obce poblíž obecního úřadu, z hlediska nadmořské výšky se jedná o dolík v nejnižší části obce. V blízkosti nevede žádná významnější komunikace. Odběrová lokalita je zobrazena na přehledové mapce a fotografii (Obr. 4 a Obr. 5).

Měření probíhalo v roce 2016 ve třech kampaních tak, aby byla pokryta letní, podzimní a zimní sezóna, v roce 2017 pak obdobně probíhala měření v zimní, jarní a letní části roku. Měření probíhalo vždy 14 dní, odebírány byly frakce suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, které byly následně gravimetricky stanoveny. Během kampaně v zimní sezóně byly rovněž odebrány 2 vzorky pro stanovení benzo[a]pyrenu – legislativního zástupce polycyklických aromatických uhlovodíků.

GPS údaje měření: 49.4253867N, 16.2558008E. Nadmořská výška: 510 m.n.m.



Obr. 4 – Umístění měření v lokalitě Moravecké Pavlovice



Obr. 5 - Lokalita Moravské Pavlovice, odběrová zařízení

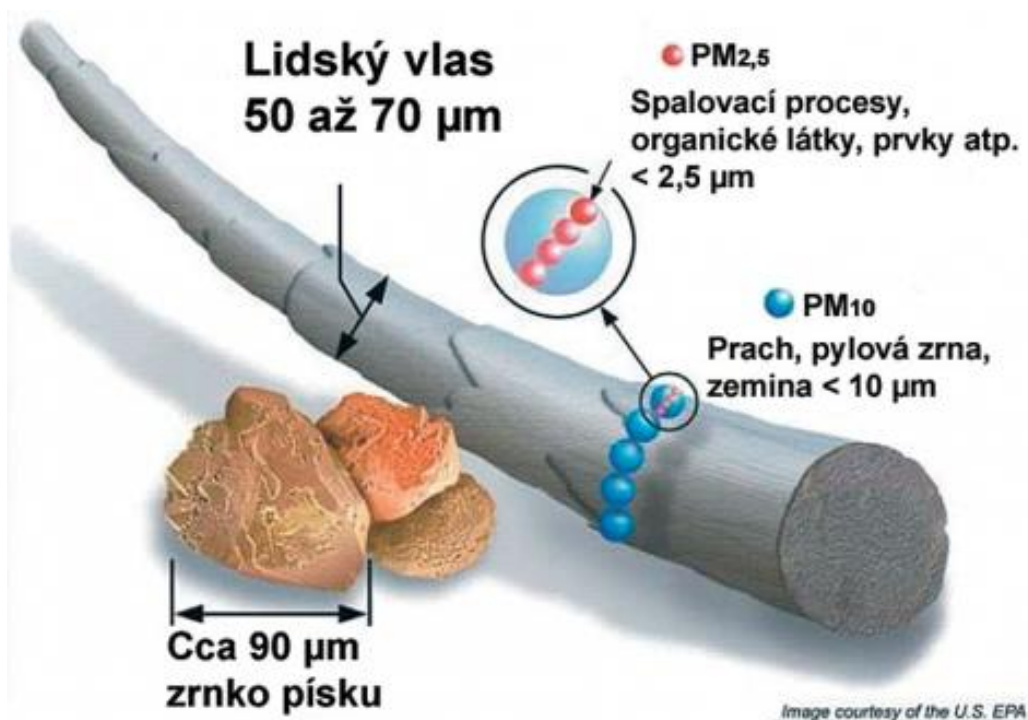




## 2.2 Měřené škodliviny, imisní limity

### 2.2.1 Suspendované částice PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>

Suspendované částice PM<sub>10</sub> jsou částice s maximální velikostí aerodynamického průměru 10 μm, částice PM<sub>2,5</sub> pak mají aerodynamický průměr maximálně 2,5 μm. O jaké částice se velikostně jedná, ukazuje následující Obr. 6.



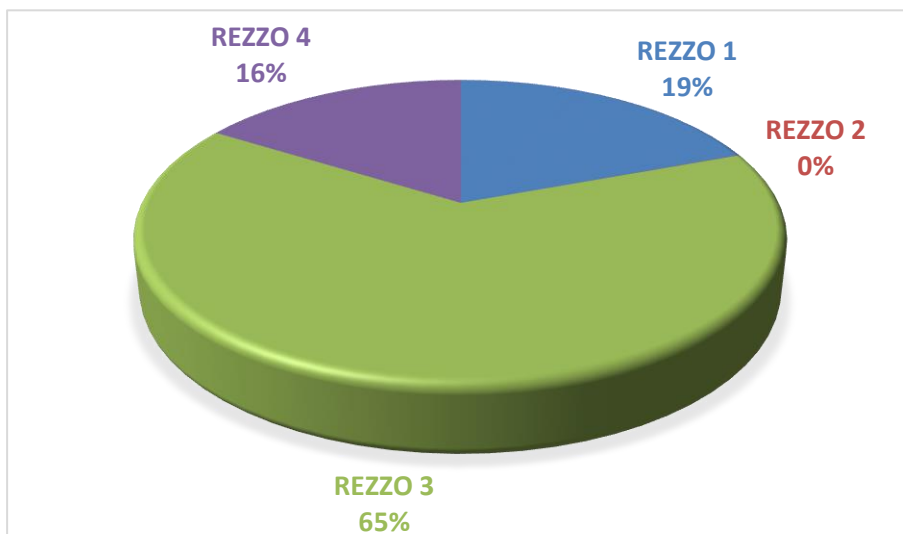
Obr. 6 – Srovnání velikostí částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> se zrnky písku či lidským vlasem

S většími částicemi než 10 μm si již lidské tělo umí poradit (vykašle je, popř. se zachytí na chloupkách v nose), proto se již neměří. Naopak se pozornost zaměřuje k čím dál menším částicím, protože platí, že čím menší průměr částice, tím dále se v lidském těle dostane a tím je pro člověka nebezpečnější. Negativní zdravotní účinky PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> se projevují již při velmi nízkých koncentracích bez zřejmé spodní hranice bezpečné koncentrace. Zdravotní rizika částic ovlivňuje jejich koncentrace, velikost, tvar a chemické složení. Mohou se podílet na snížení imunity, mohou způsobovat zánětlivá onemocnění plicní tkáně a oxidativní stres organismu. Při chronickém působení mohou způsobovat respirační onemocnění a snižovat funkci plic.

Suspendované částice jsou emitovány jak přírodními (např. sopky či prašné bouře), tak i antropogenními (např. elektrárny a průmyslové technologické procesy, doprava, spalování uhlí v domácnostech, spalování odpadu) zdroji. Většina těchto antropogenních emisních zdrojů je soustředěna v urbanizovaných oblastech, tj. v oblastech, ve kterých žije velká část populace.

Hlavními zdrojem tuhých znečišťujících látek v Jihomoravském kraji jsou lokální topeniště (REZZO 3) s téměř dvoutřetinovým podílem na celkových emisích v kraji. Necelými 20 % se na emisích v kraji podílí zvláště velké a velké zdroje (REZZO 1) a zhruba 16 % doprava

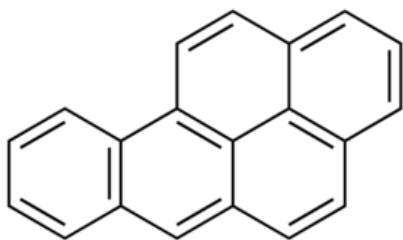
(REZZO 4). Emise z dopravy jsou soustředěny především do větších měst a podél významných dopravních tahů. V obcích jako Střítež či Moravecké Pavlovice budou rozhodující lokální topeniště.



Obr. 7 – Bilance emisí tuhých znečišťujících látek v kraji Vysočina [1]

### 2.2.2 Benzo[a]pyren

Benzo[a]pyren (BaP, Obr. 8) je legislativním zástupcem polyaromatických uhlovodíků. Přírodní hladina pozadí benzo[a]pyrenu může být s výjimkou výskytu lesních požárů téměř nulová. Jeho antropogenním zdrojem, stejně jako v případě ostatních polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH), je jednak nedokonalé spalování fosilních paliv, a to jak ve stacionárních (domácí topeniště) tak i v mobilních zdrojích (motory spalující naftu). Zdrojem však může být i výroba koksu, železa a obalovny živičných směsí. Benzo[a]pyren, stejně jako další PAH s 5 a více aromatickými jádry, je navázán především na částice menší než 2,5  $\mu\text{m}$ .



Obr. 8 – Strukturní vzorec benzo[a]pyrenu

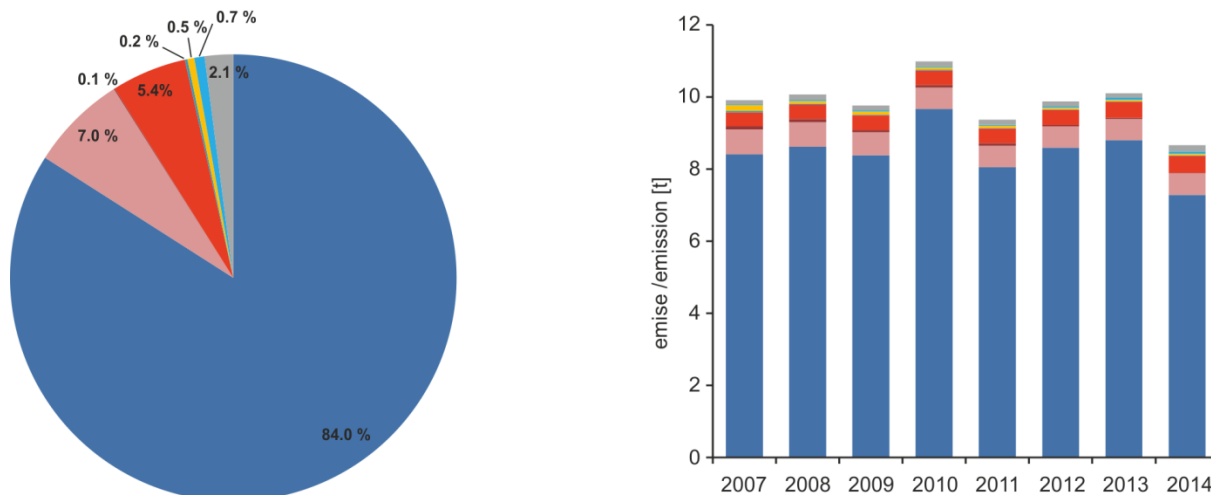
U benzo[a]pyrenu, stejně jako u některých dalších PAH, jsou prokázány karcinogenní účinky na lidský organismus. Je na seznamu karcinogenů skupiny 1 podle IARC [2].

Hlavním zdrojem benzo[a]pyrenu v zimním období jsou v České Republice lokální topeniště (Obr. 9). Obdobná situace bude i v Jihomoravském kraji. Odlišný podíl lokálních topenišť na znečištění BaP je ve větších městech, kde je jednak centrální zásobování teplem a zároveň vyšší podíl dopravy. I tak jsou pro emise benzo[a]pyrenu rozhodující lokální



topeniště (61 %), svůj vliv však má i doprava (39 %). Ale v obcích, jako jsou Střítež a Moravecké Pavlovice, bude vliv lokálních topenišť zcela rozhodující.

- 1A4bi - Lokální vytápění domácností / Residential: Stationary
- 1A3biii - Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 tuny / Road transport: Heavy duty vehicles and buses
- 1A2a - Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Železo a ocel / Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Iron and steel
- 1A3bi - Silniční doprava: Osobní automobily / Road transport: Passenger cars
- 1B1b - Fugitivní emise z pevných paliv: Transformace pevných paliv / Fugitive emission from solid fuels: Solid fuel transformation
- 1A1a - Veřejná energetika a výroba tepla / Public electricity and heat production
- 1A4ai - Služby / instituce: Stacionární spalovací zdroje / Commercial/institutional: Stationary
- Ostatní / Other



Obr. 9 - Emise benzo[a]pyrenu v České Republice dle kategorií zdrojů NFR (2014) [3]

## 2.3 Metody měření, zajištění kvality dat (QA/QC)

Imisnímu monitoringu (IM) ČHMÚ bylo v roce 2005 ČIA uděleno Osvědčení o akreditaci pro zkušební laboratoř č. 1460 akreditovanou ČIA pro zkoušky a odběry uvedené v Příloze Osvědčení o akreditaci (viz [www.cai.cz](http://www.cai.cz) v sekci Seznam akreditovaných subjektů). Předmětem akreditace je monitoring imisí (venkovního ovzduší) a atmosférických srážek, včetně vzorkování. Příručka kvality a veškerá ostatní dokumentace IM byly vypracovány v souladu s normou ČSN/EN/ISO 17025, podle níž je imisní monitoring ČHMÚ akreditován. Dle této normy jsou akreditovány odběry i zkoušky pro všechny škodliviny hodnocené v rámci tohoto posudku.

Odběr vzorků PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> a gravimetrické stanovení jsou prováděny dle požadavků ČSN EN 12341 a splňují i kvalitativní požadavky této normy. Nejistoty a mez detekce metody jsou každoročně verifikovány.

V případě laboratorních analýz BaP a dalších PAH je kromě návaznosti na certifikovaný referenční materiál zajištěna QA/QC mimo jiné i mezilaboratorním porovnáním. Celý proces od vzorkování přes zpracování a vlastní stanovení je sledován jak z pohledu výtěžnosti, tak i kvality. Jsou sledovány skladovací i přepravní podmínky. Metoda a její parametry jsou každoročně verifikovány.

Informace o rozsahu akreditace ČHMÚ je možné najít na stránkách Českého Institutu pro Akreditaci ([www.cai.cz](http://www.cai.cz)).

Tab. 1 - Detekční limity a vyjádření nejistoty – suspendované částice PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> (gravimetrie)

Stanovení (metoda)	NEJISTOTY		Mez detekce ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	Koncentrační úroveň ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )
	Standardní rozšířená	Relativní rozšířená		
	( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	(%)		
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> (s odběrem)	3,9	21	1,6	bez udání
	7,6	76		do 14
	5,6	29		14 – 25
	5,9	16		nad 25
	5,1	21		na 25
	6,9	14		na 50

Tab. 2 - Detekční limity a vyjádření nejistoty – benzo[a]pyren

Škodlivina	Mez detekce ( $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ )	Kombinovaná rozšířená nejistota včetně odběru (%)
Benzo[a]pyren (GC-MS)	0,016	17,6

### 2.3.1 Suspendované částice PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>

Referenční metodou pro stanovení koncentrací PM je gravimetrická metoda. Vzorek se odebírá spojitou filtrací venkovního ovzduší přes vybraný filtrační materiál (membránové filtry z derivátů celulózy či teflonu s odpovídající velikostí pórů nebo ze skleněných vláken; účinnost záchytu > 99,5 %). Celkovou hmotnost aerosolových částic zachycených na filtr (v  $\mu\text{g}$ ) získáme z rozdílu hmotností filtru po a před expozicí. Požadovanou atmosférickou koncentraci (v  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) získáme výpočtem z celkové hmotnosti částic zachycených na filtr a objemu vzduchu prosátého přes daný filtr vztáženého na okolní podmínky. Stanovení probíhá dle ČSN EN 12341 - Kvalita ovzduší – Referenční gravimetrická metoda stanovení hmotnostní koncentrace frakcí aerosolových částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>. Odběr PM byl prováděn na sekvenčních vzorkovačích MCZ PNS-LVS a FH-95 SEQ.

### 2.3.2 Benzo[a]pyren

Odběr vzorku se provádí na quartzový filtr pomocí vzorkovače FH-95 KF. Koncentrace benzo[a]pyrenu v [ $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ ] a dalších polyaromatických látek je stanovována plynovou chromatografií s hmotnostní detekcí po předchozí extrakci vzorku, jeho vyčistění a zakoncentrování. Stanovení probíhá dle ČSN EN 15549 – Kvalita ovzduší – Normovaná metoda stanovení benzo[a]pyrenu ve venkovním ovzduší.

## 2.4 Harmonogram měření

V roce 2016 i 2017 proběhly vždy 3 kampaně tak, aby reprezentovaly letní, podzimní a zimní sezónu (2016), resp. zimní, jarní a letní sezónu (2017). V každé kampani vždy probíhalo měření  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  po dobu 14 dní. V zimních sezónách proběhly vždy i 2 odběry benzo[a]pyrenu. Termíny jednotlivých kampaní jsou uvedeny v následujících tabulkách (Tab. 3, Tab. 4).

*Tab. 3 – Harmonogram měření v roce 2016*

Lokalita	Letní kampaň	Podzimní kampaň	Zimní kampaň
Střítež	28. 6. – 11. 7.	6. 9. - 19. 9.	8. – 21. 11.
Moravecké Pavlovice	12. 7. – 25. 7.	20. 9. – 3. 10.	8. – 21. 11.

*Tab. 4 – Harmonogram měření v roce 2017*

Lokalita	Zimní kampaň	Jarní kampaň	Letní kampaň
Střítež	11. 2. – 24. 2.	31. 3. – 13. 4.	10. – 23. 6.
Moravecké Pavlovice	28. 2. – 13. 3.	14. 3. – 27. 3.	10. – 23. 6.

### 3 Vyhodnocení kvality ovzduší

#### 3.1 Suspendované částice PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>

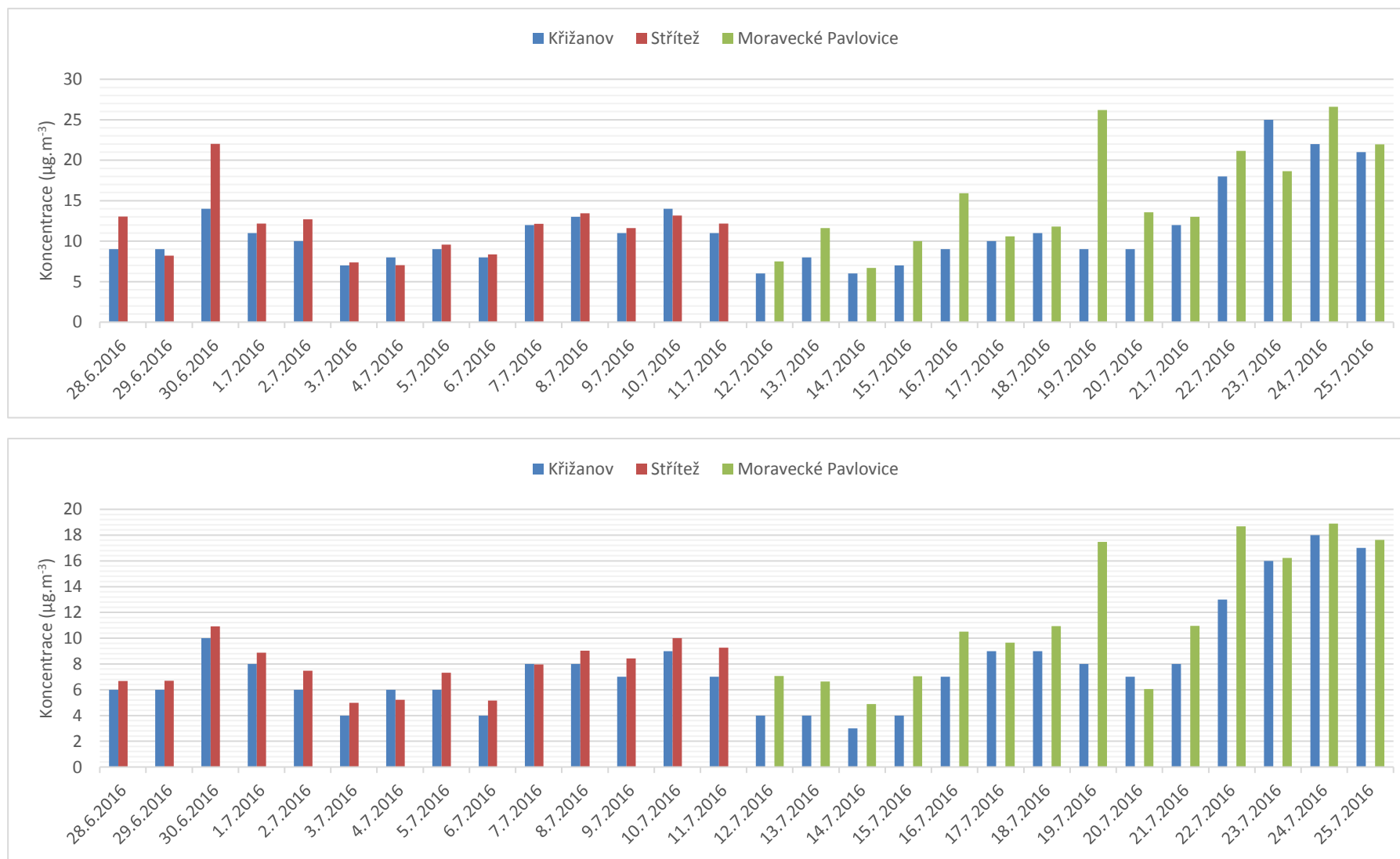
Suspendované částice frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> byly odebrány vždy 14 dní na každé lokalitě na filtry, které byly následně váženy na brněnské pobočce ČHMÚ a poté byly vypočteny koncentrace v ovzduší. Výsledky byly srovnávány s nedalekou lokalitou státní sítě imisního monitoringu v Křižanově.

##### 3.1.1 I. kampaň – léto 2016

Výsledky první kampaně zobrazuje následující Tab. 5 a graficky pak Obr. 10.

Tab. 5 – Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

Datum měření	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2,5</sub>		
	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice
28.6.2016	9	13	--	6	7	--
29.6.2016	9	8	--	6	7	--
30.6.2016	14	22	--	10	11	--
1.7.2016	11	12	--	8	9	--
2.7.2016	10	13	--	6	7	--
3.7.2016	7	7	--	4	5	--
4.7.2016	8	7	--	6	5	--
5.7.2016	9	10	--	6	7	--
6.7.2016	8	8	--	4	5	--
7.7.2016	12	12	--	8	8	--
8.7.2016	13	13	--	8	9	--
9.7.2016	11	12	--	7	8	--
10.7.2016	14	13	--	9	10	--
11.7.2016	11	12	--	7	9	--
12.7.2016	6	--	7	4	--	7
13.7.2016	8	--	12	4	--	7
14.7.2016	6	--	7	3	--	5
15.7.2016	7	--	10	4	--	7
16.7.2016	9	--	16	7	--	10
17.7.2016	10	--	11	9	--	10
18.7.2016	11	--	12	9	--	11
19.7.2016	9	--	26	8	--	17
20.7.2016	9	--	14	7	--	6
21.7.2016	12	--	13	8	--	11
22.7.2016	18	--	21	13	--	19
23.7.2016	25	--	19	16	--	16
24.7.2016	22	--	27	18	--	19
25.7.2016	21	--	22	17	--	18



Obr. 10 - Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  (nahore) a  $PM_{2.5}$  (dole) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

Z grafů je patrné, že obě lokality (Střítež, Moravecké Pavlovice) sledují obdobný vývoj koncentrací jako lokalita státní sítě imisního monitoringu Křižanov. Koncentrace se téměř neliší, pouze v některé dny je však patrné lokální ovlivnění v některé z lokalit, které koncentrace vychyluje (např. 19. 7. 2016 v Moraveckých Pavlovicích). Celkově lze však konstatovat, že koncentrace jsou velmi podobné a jejich změny jsou ovlivněny především meteorologickými podmínkami a nadregionálními vlivy.

Následující Tab. 6 a Tab. 7 zobrazují **zprůměrované koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> za 14 dní** během jednotlivých částí kampaně, a to jak v absolutních číslech, tak ve vztažené procentuální hodnotě vůči lokalitě státní sítě imisního monitoringu Křižanov. Část kampaně značí, za jaké časové období se průměrovalo – jestli v době měření ve Stříteži nebo v Moraveckých Pavlovicích – měření neprobíhalo na obou lokalitách ve stejnou dobu (viz předchozí tabulka a grafy). Proto jsou i různé průměry v lokalitě Křižanov. Toto rozdělení je důležité pro srovnání s lokalitou Křižanov, protože v prvních 14 dnech kampaně (měření ve Stříteži) byly v Křižanově měřeny rozdílné, a tedy nesrovnatelné, koncentrace, než během následujících 14 dní, kdy se měřilo v lokalitě Moravecké Pavlovice.

Tab. 6 – Průměrné koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> (μg·m<sup>-3</sup>) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

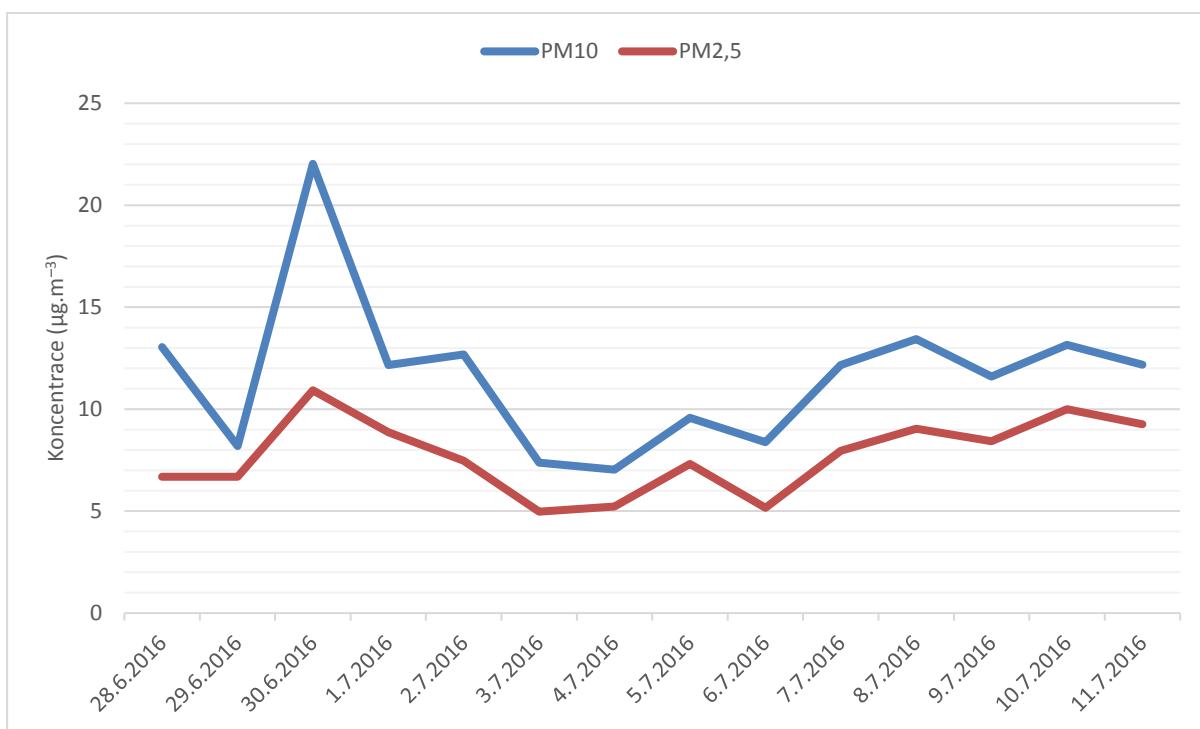
Část kampaně	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2,5</sub>		
	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice
Střítež	10,43	11,64	--	6,79	7,71	--
Moravecké Pavlovice	12,36	--	15,38	9,07	--	11,62

Tab. 7 – Relativní vztah koncentrací v jednotlivých lokalitách kampaně vůči lokalitě Křižanov

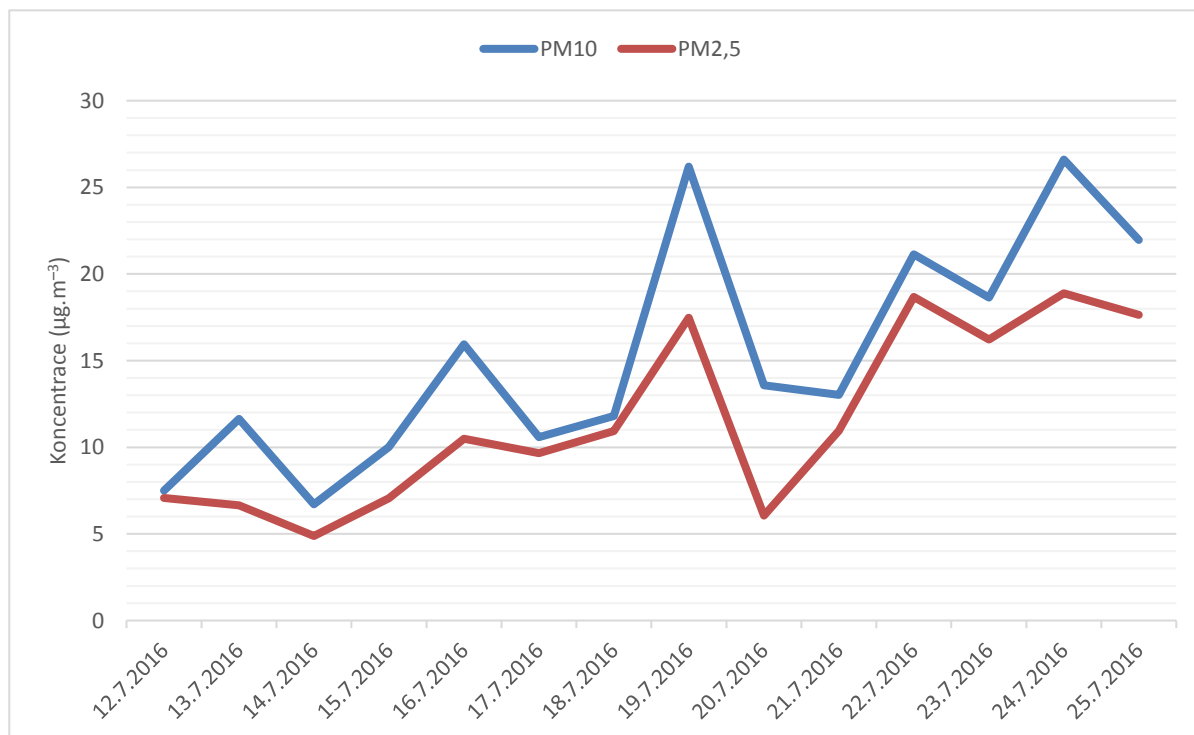
Část kampaně	Křižanov (PM <sub>10</sub> )	Křižanov (PM <sub>2,5</sub> )
Střítež	111,7%	113,7%
Moravecké Pavlovice	124,5%	128,0%

Z výsledků je patrné, že během I. měřicí kampaně byly v obou lokalitách v průměru měřeny mírně vyšší koncentrace suspendovaných částic než v lokalitě Křižanov. Jednalo se zejména o jemnější frakci PM<sub>2,5</sub>, která byla v obou lokalitách relativně mírně více zastoupena než hrubší frakce PM<sub>10</sub>. Z absolutních hodnot je patrné, že rozdíly jsou pouze velmi malé díky nízkým koncentracím – na úrovni nejistoty měření.

Z následujících grafů na Obr. 11 a Obr. 12 je patrné, že při zvýšených koncentracích suspendovaných částic (Střítež 30. 6. 2016 resp. Moravecké Pavlovice 19. 7. 2016) došlo především k navýšení hrubší frakce PM<sub>10</sub>. Z toho vyplývá, že se jednalo především o lokální ovlivnění. Způsobit je mohla zvýšená intenzita dopravy nebo např. zemědělské práce v blízkosti. Z hlediska celé kampaně pak ve Stříteži tvořila jemnější frakce PM<sub>2,5</sub> zhruba 66 % hrubší frakce, zatímco v Moraveckých Pavlovicích to bylo zhruba 75 %.



Obr. 11 – Vývoj koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v lokalitě Strážec



Obr. 12 - Vývoj koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v lokalitě Moravecké Pavlovice

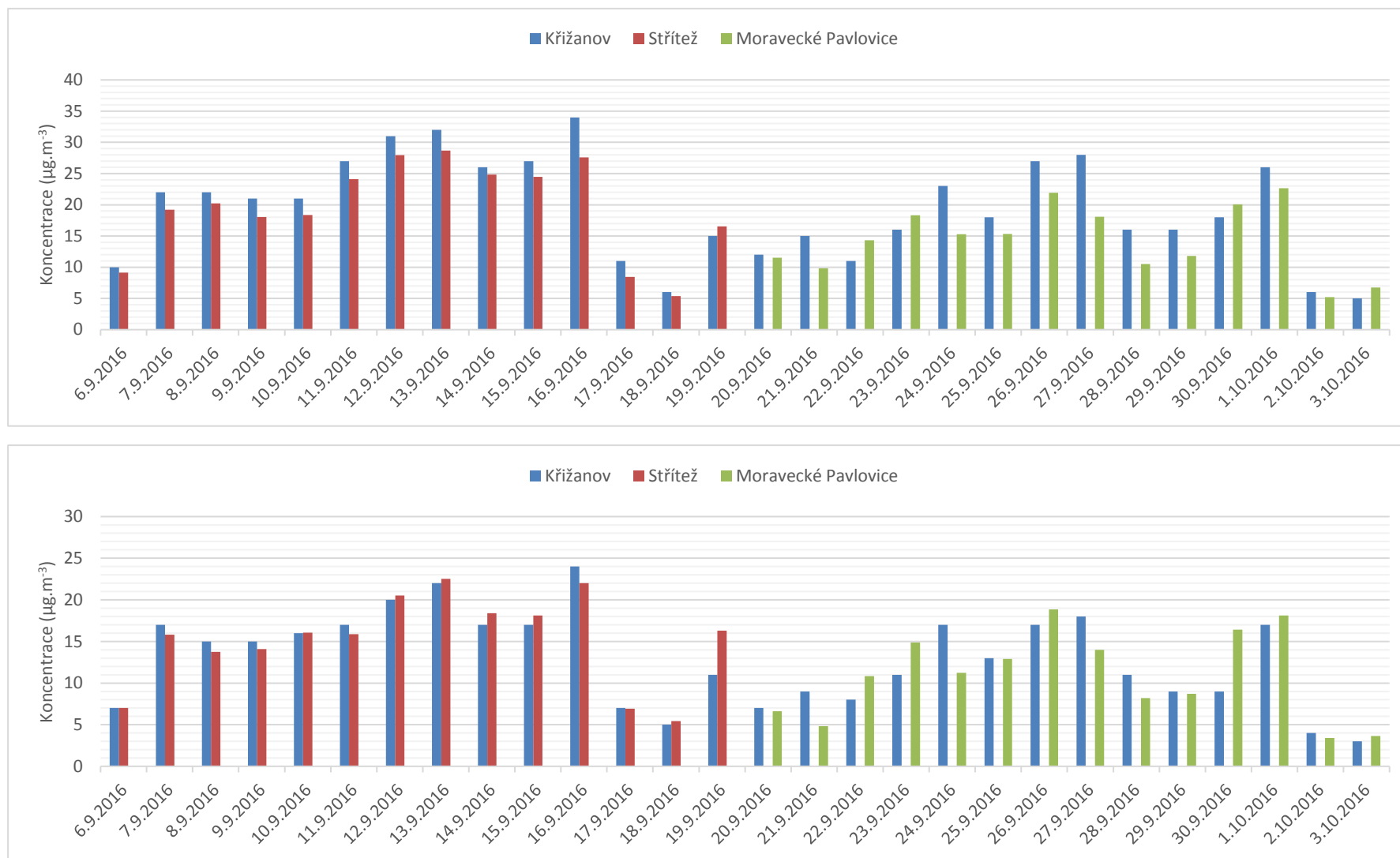


### 3.1.2 II. kampaň – podzim 2016

Druhá kampaň probíhala v podzimních měsících. Výsledky této kampaně zobrazuje následující Tab. 8 a graficky pak Obr. 13.

Tab. 8 – Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

Datum měření	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2,5</sub>		
	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice
6.9.2016	10	9	--	7	7	--
7.9.2016	22	19	--	17	16	--
8.9.2016	22	20	--	15	14	--
9.9.2016	21	18	--	15	14	--
10.9.2016	21	18	--	16	16	--
11.9.2016	27	24	--	17	16	--
12.9.2016	31	28	--	20	21	--
13.9.2016	32	29	--	22	23	--
14.9.2016	26	25	--	17	18	--
15.9.2016	27	24	--	17	18	--
16.9.2016	34	28	--	24	22	--
17.9.2016	11	8	--	7	7	--
18.9.2016	6	5	--	5	5	--
19.9.2016	15	17	--	11	16	--
20.9.2016	12	--	12	7	--	7
21.9.2016	15	--	10	9	--	5
22.9.2016	11	--	14	8	--	11
23.9.2016	16	--	18	11	--	15
24.9.2016	23	--	15	17	--	11
25.9.2016	18	--	15	13	--	13
26.9.2016	27	--	22	17	--	19
27.9.2016	28	--	18	18	--	14
28.9.2016	16	--	11	11	--	8
29.9.2016	16	--	12	9	--	9
30.9.2016	18	--	20	9	--	16
1.10.2016	26	--	23	17	--	18
2.10.2016	6	--	5	4	--	3
3.10.2016	5	--	7	3	--	4



Obr. 13 - Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  (nahore) a  $PM_{2.5}$  (dole) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

Z grafů je patrné, že obě lokality (Střítež, Moravecké Pavlovice) sledují obdobný vývoj koncentrací jako lokalita státní sítě imisního monitoringu Křižanov. Koncentrace se téměř neliší, pouze v některé dny je patrné lokální ovlivnění v některé z lokalit, které koncentrace vychyluje (např. 16. 9. 2016 ve Stříteži). Celkově lze však konstatovat, že koncentrace jsou velmi podobné a jejich změny jsou ovlivněny především meteorologickými podmínkami a nadregionálními vlivy.

Následující Tab. 9 a Tab. 10 zobrazují **zprůměrované koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> za 14 dní** během jednotlivých částí kampaně, a to jak v absolutních číslech, tak ve vztažené procentuální hodnotě vůči lokalitě státní sítě imisního monitoringu Křižanov. Část kampaně značí, za jaké časové období se průměrovalo – jestli v době měření ve Stříteži nebo v Moraveckých Pavlovicích – měření neprobíhalo na obou lokalitách ve stejnou dobu (viz předchozí tabulka a grafy). Proto jsou i různé průměry v lokalitě Křižanov. Toto rozdělení je důležité pro srovnání s lokalitou Křižanov, protože v prvních 14 dnech kampaně (měření ve Stříteži) byly v Křižanově měřeny rozdílné, a tedy nesrovnatelné, koncentrace, než během následujících 14 dní, kdy se měřilo v lokalitě Moravecké Pavlovice.

Tab. 9 – Průměrné koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> (μg·m<sup>-3</sup>) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

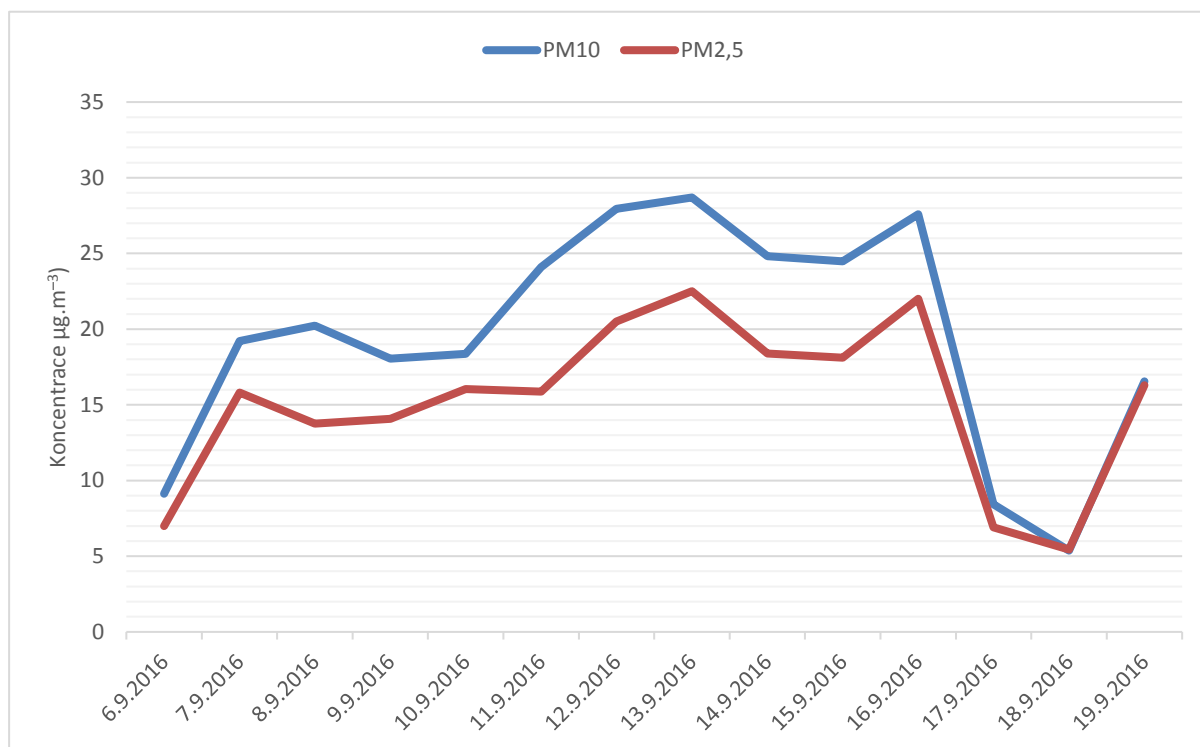
Kampaň	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2,5</sub>		
	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice
Střítež	21,79	19,50	--	15,00	15,20	--
Moravecké Pavlovice	16,93	--	14,40	10,93	--	10,90

Tab. 10 – Relativní vztah koncentrací v jednotlivých lokalitách kampaně vůči lokalitě Křižanov

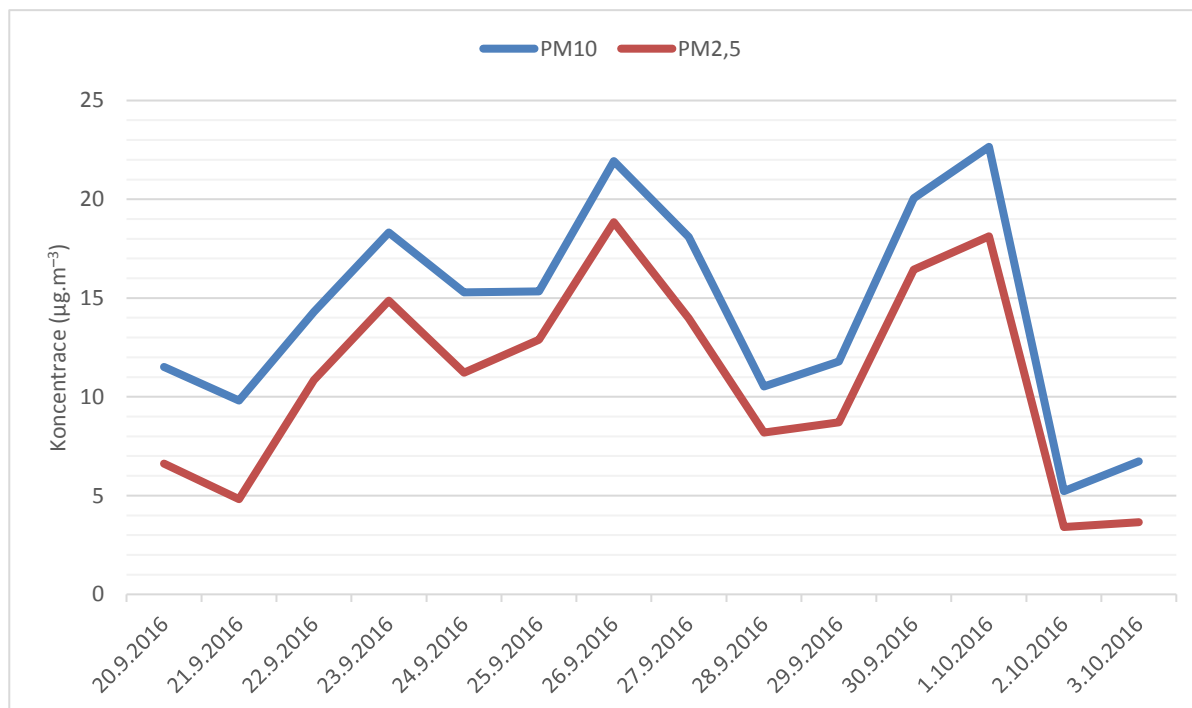
Kampaň	Křižanov (PM <sub>10</sub> )	Křižanov (PM <sub>2,5</sub> )
Střítež	89,5%	101,3%
Moravecké Pavlovice	85,0%	99,7%

Z výsledků je patrné, že během II. měřicí kampaně byly v obou lokalitách v průměru měřeny mírně nižší koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> než v lokalitě Křižanov. V případě PM<sub>2,5</sub> je dosahováno na všech lokalitách v průměru takřka identických hodnot. Z uvedeného vyplývá, že v lokalitě Křižanov zřejmě došlo k mírnému ovlivnění hrubší frakce PM<sub>10</sub>, pravděpodobně lokálním zdrojem. Z absolutních čísel je však patrné, že rozdíl je velmi nízký.

Z následujících grafů na Obr. 14 a Obr. 15 je patrné, že při vyšších koncentracích suspendovaných částic (Střítež 9. – 16. 9. resp. Moravecké Pavlovice 20. 9. – 1. 10. 2016) bylo zastoupení PM<sub>2,5</sub> v PM<sub>10</sub> přibližně rovnoměrné. Při výrazném poklesu koncentrací ke konci kampaní však byla téměř veškerá PM<sub>10</sub> složená z PM<sub>2,5</sub>. Výrazný pokles byl velmi pravděpodobně způsoben srážkami, které z atmosféry vymyly zejména hrubší frakci, avšak část jemné (PM<sub>2,5</sub>) v ní stále zůstala. Z hlediska celé kampaně pak ve Stříteži tvořila jemnější frakce PM<sub>2,5</sub> zhruba 78 % hrubší frakce, zatímco v Moraveckých Pavlovicích to bylo zhruba 76 %.



Obr. 14 – Vývoj koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v lokalitě Střítež



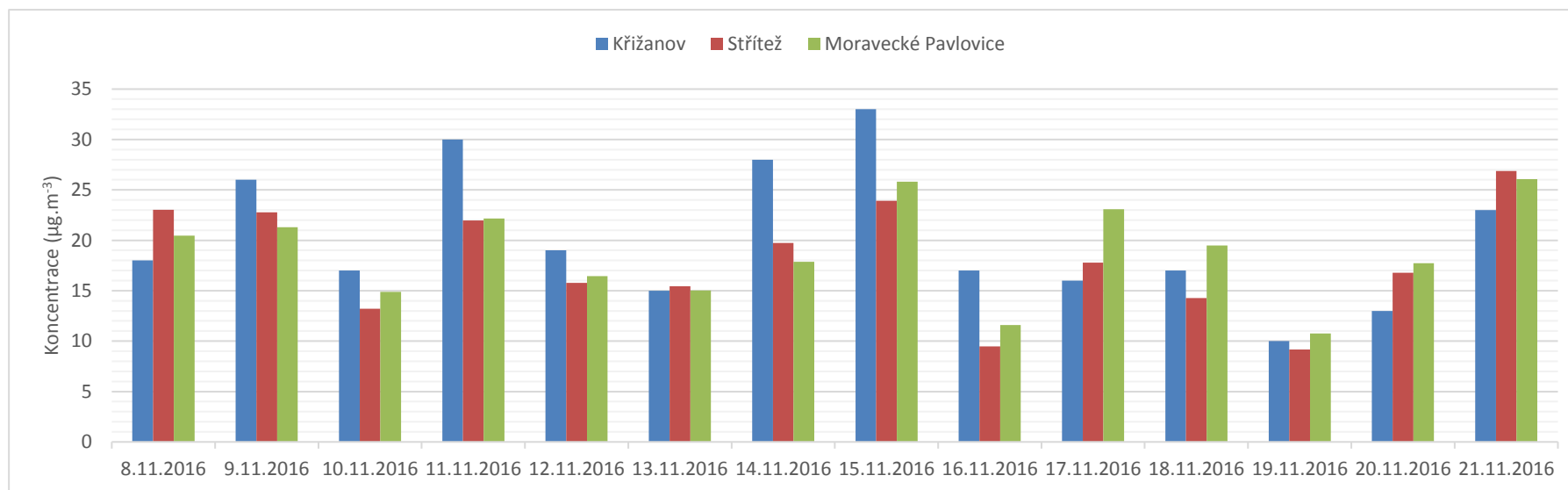
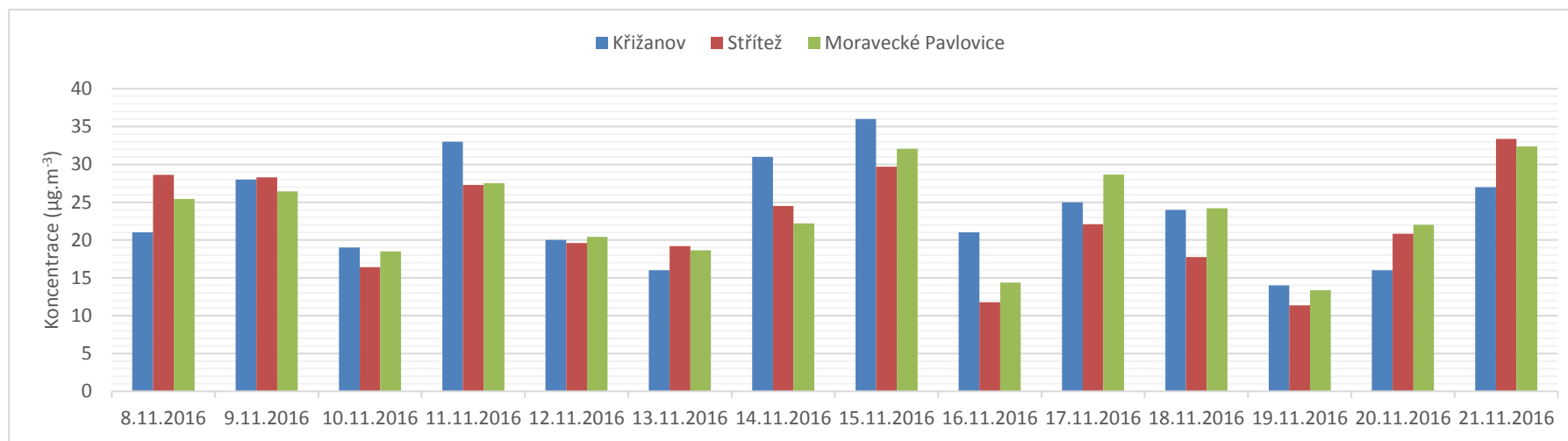
Obr. 15 - Vývoj koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v lokalitě Moravecké Pavlovice

### 3.1.3 III. kampaň – zima 2016

Třetí kampaň probíhala ve stejné dny v obou lokalitách v měsíci listopadu. Zároveň byly odebrány vždy 2 vzorky z každé lokality pro stanovení koncentrace benzo[a]pyrenu v ovzduší. Výsledky této kampaně zobrazuje následující Tab. 11 a graficky pak Obr. 16.

Tab. 11 – Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

Datum měření	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2,5</sub>		
	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice
8.11.2016	21	29	25	18	23	20
9.11.2016	28	28	26	26	23	21
10.11.2016	19	16	19	17	13	15
11.11.2016	33	27	28	30	22	22
12.11.2016	20	20	20	19	16	16
13.11.2016	16	19	19	15	15	15
14.11.2016	31	25	22	28	20	18
15.11.2016	36	30	32	33	24	26
16.11.2016	21	12	14	17	9	12
17.11.2016	25	22	29	16	18	23
18.11.2016	24	18	24	17	14	19
19.11.2016	14	11	13	10	9	11
20.11.2016	16	21	22	13	17	18
21.11.2016	27	33	32	23	27	26



Obr. 16 - Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> (nahore) a PM<sub>2,5</sub> (dole) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

Z grafů je patrné, že obě lokality (Střítež, Moravecké Pavlovice) sledují obdobný vývoj koncentrací jako lokalita státní sítě imisního monitoringu Křižanov. Koncentrace se téměř neliší, pouze 14. a 15. 11. jsou patrné v Křižanově vyšší koncentrace zejména jemnější frakce  $PM_{2,5}$ . To může být způsobeno vyšším zastoupením lokálních topenišť v okolí lokality Křižanov. Celkově lze však konstatovat, že koncentrace jsou velmi podobné a jejich změny jsou ovlivněny především meteorologickými podmínkami a nadregionálními vlivy.

Následující Tab. 12 a Tab. 13 zobrazují **zprůměrované koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  za 14 dní** během kampaně, a to jak v absolutních číslech, tak ve vztažené procentuální hodnotě vůči lokalitě státní sítě imisního monitoringu Křižanov.

Během této kampaně probíhala všechna měření ve stejný čas – proto stačí pouze jedna řada, protože pro měření v obou lokalitách (Střítež, Moravecké Pavlovice) měla srovnávací lokalita Křižanov z pochopitelných důvodů vždy stejný průměr.

Tab. 12 – Průměrné koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

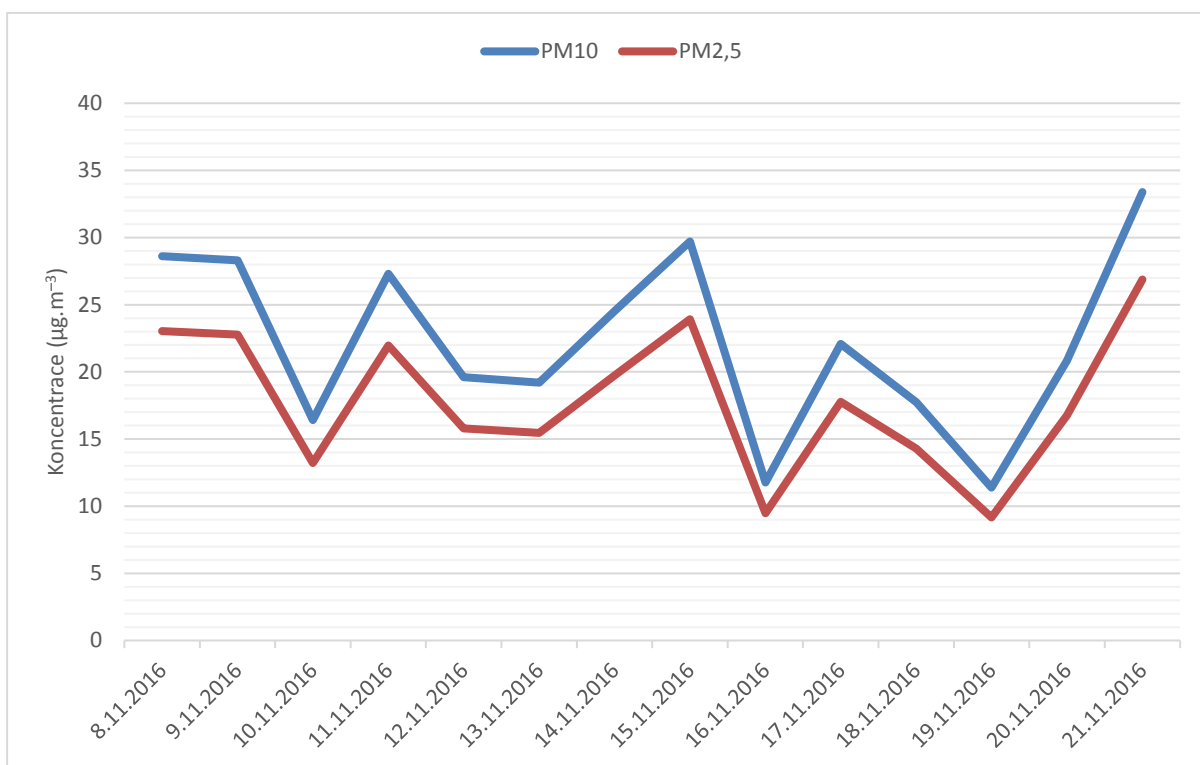
	$PM_{10}$			$PM_{2,5}$		
	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice
Průměr	23,64	22,20	23,30	20,14	17,87	18,76

Tab. 13 – Relativní vztah koncentrací v jednotlivých lokalitách kampaně vůči lokalitě Křižanov

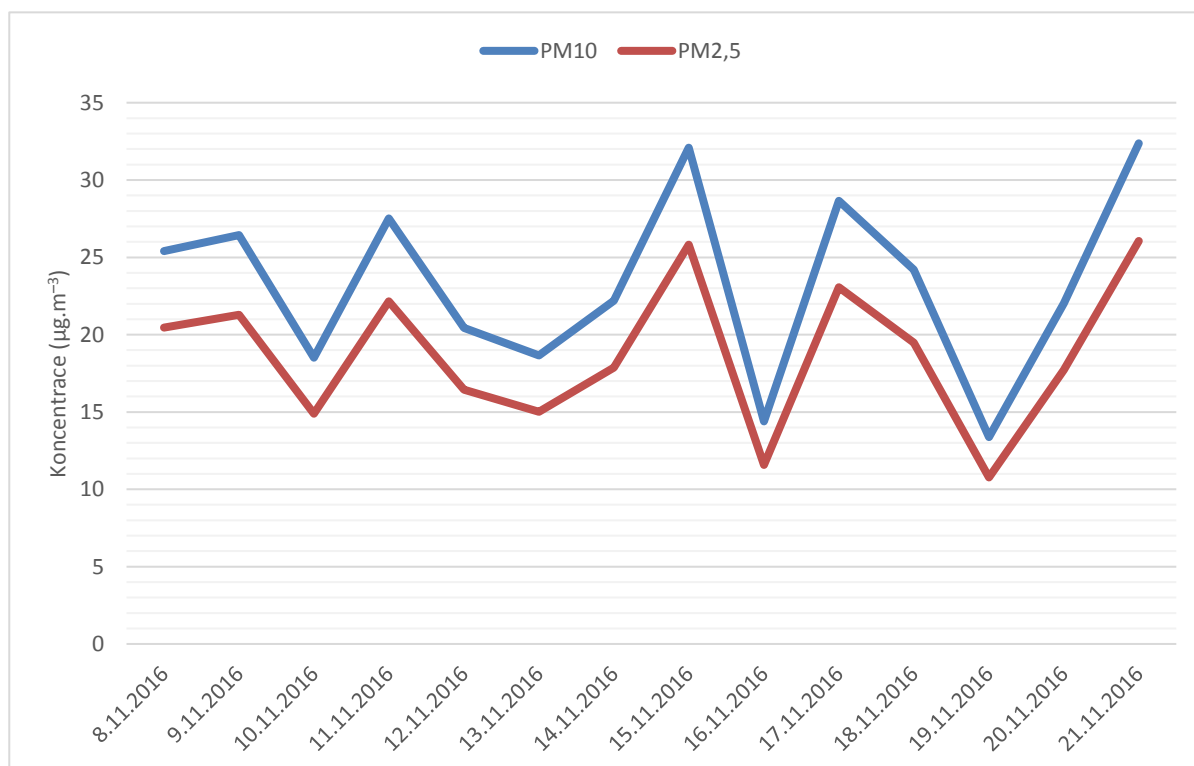
Kampaně	Křižanov ( $PM_{10}$ )	Křižanov ( $PM_{2,5}$ )
Střítež	93,9%	88,7%
Moravecké Pavlovice	98,6%	93,1%

Z výsledků je patrné, že během III. měřicí kampaně byly v obou lokalitách v průměru měřeny mírně nižší koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  i  $PM_{2,5}$  než v lokalitě Křižanov. Z absolutních čísel je však patrné, že rozdíl je i vzhledem k nízkým koncentracím velmi nízký, na úrovni nejistoty měření.

Z následujících grafů na Obr. 17 a Obr. 18 je patrné, že zastoupení jemnější frakce  $PM_{2,5}$  v  $PM_{10}$  je po celou dobu kampaně poměrně rovnoměrné. Z hlediska celé kampaně pak ve Stříteži i Moraveckých Pavlovicích tvořila jemnější frakce  $PM_{2,5}$  zhruba 80 % hrubší frakce.



Obr. 17 – Vývoj koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v lokalitě Strážec



Obr. 18 - Vývoj koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v lokalitě Moravské Pavlovice



### 3.1.4 IV. kampaň – zima 2017

Výsledky čtvrté kampaně zobrazuje následující Tab. 14 a graficky pak Obr. 19. Kromě odběru PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> byly opět odebrány vždy 2 vzorky z každé lokality pro stanovení koncentrace benzo[a]pyrenu v ovzduší.

Tab. 14 – Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> (μg·m<sup>-3</sup>) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

Datum měření	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2,5</sub>		
	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice
11.2.2017	27,4	24	--	24,2	24	--
12.2.2017	40,2	29	--	38,7	29	--
13.2.2017	80,9	55	--		50	--
14.2.2017	45,9	22	--	42,1	20	--
15.2.2017	26,1	20	--	22,5	19	--
16.2.2017	72,1	72	--	64,8	63	--
17.2.2017	32,2	40	--	25,8	36	--
18.2.2017	16,5	18	--	15,1	18	--
19.2.2017	27,6	20	--	26,2	19	--
20.2.2017	15,5	18	--	13,1	16	--
21.2.2017	7,3	12	--	4,9	9	--
22.2.2017	5,3	5	--	4,2	5	--
23.2.2017	8,3	6	--	7,8	5	--
24.2.2017	5,1	8	--	3,9	6	--
28.2.2017	14,8	--	15	12,8	--	10
1.3.2017	4,8	--	8	3,7	--	7
2.3.2017	8,8	--	10	5,9	--	6
3.3.2017	15,6	--	15	11,1	--	9
4.3.2017	16,4	--	17	11,4	--	11
5.3.2017	9,2	--	7	7,2	--	5
6.3.2017	13,1	--	9	11,4	--	7
7.3.2017	8,8	--	10	8,2	--	10
8.3.2017	18,3	--	17	16,7	--	14
9.3.2017	7,8	--	11	6	--	9
10.3.2017	8,8	--	8	6,1	--	6
11.3.2017	17,3	--	18	13,2	--	12
12.3.2017	24,2	--	32	22,2	--	20
13.3.2017	25,1	--	26	21,4	--	21



Obr. 19 - Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  (nahore) a  $PM_{2.5}$  (dole) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

Z grafů je patrné, že obě lokality (Střítež, Moravecké Pavlovice) sledují obdobný vývoj koncentrací jako lokalita státní sítě imisního monitoringu Křižanov. Koncentrace se téměř neliší, pouze v některé dny je však patrné lokální ovlivnění v některé z lokalit, které koncentrace mírně vychyluje. Celkově však lze konstatovat, že koncentrace jsou velmi podobné a jejich změny jsou ovlivněny především meteorologickými podmínkami a nadregionálními vlivy.

Následující Tab. 15 a Tab. 16 zobrazují **zprůměrované koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> za 14 dní** během jednotlivých částí kampaně, a to jak v absolutních číslech, tak ve vztažené procentuální hodnotě vůči lokalitě státní sítě imisního monitoringu Křižanov. Část kampaně značí, za jaké časové období se průměrovalo – jestli v době měření ve Stříteži nebo v Moraveckých Pavlovicích – měření neprobíhalo na obou lokalitách ve stejnou dobu (viz předchozí tabulka a grafy). Proto jsou i různé průměry v lokalitě Křižanov. Toto rozdělení je důležité pro srovnání s lokalitou Křižanov, protože v prvních 14 dnech kampaně (měření ve Stříteži) byly v Křižanově měřeny rozdílné, a tedy nesrovnatelné, koncentrace, než během následujících 14 dní, kdy se měřilo v lokalitě Moravecké Pavlovice.

Tab. 15 – Průměrné koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> (μg·m<sup>-3</sup>) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

Kampaň	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2,5</sub>		
	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice
Střítež	29,31	24,95	--	22,56	22,75	--
Moravecké Pavlovice	13,79	--	14,48	11,24	--	10,60

Tab. 16 – Relativní vztah koncentrací v jednotlivých lokalitách kampaně vůči lokalitě Křižanov

Kampaň	Křižanov (PM <sub>10</sub> )	Křižanov (PM <sub>2,5</sub> )
Střítež	85,1%	100,8%
Moravecké Pavlovice	105,0%	94,3%

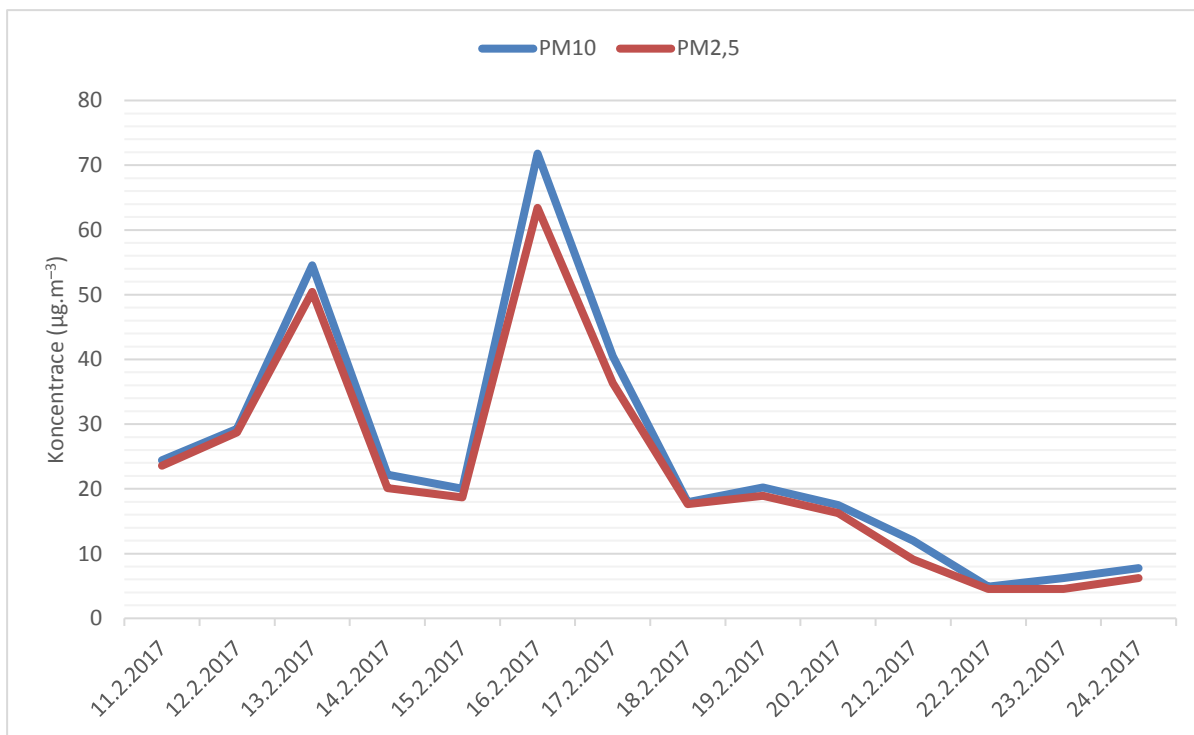
Z výsledků je patrné, že během IV. měřicí kampaně byly ve Stříteži v průměru měřeny mírně vyšší koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a téměř totožné koncentrace PM<sub>2,5</sub> ve srovnání s lokalitou Křižanov. V této době ještě doznávaly epizody zvýšených koncentrací, které se vyskytovaly v celé střední Evropě. Hladina jemnější frakce PM<sub>2,5</sub>, schopné putovat na velmi velké vzdálenosti, byla shodná, v Křižanově byly měřeny mírně nižší koncentrace PM<sub>10</sub>.

V případě měření v Moraveckých Pavlovicích již byly koncentrace velmi nízké v obou lokalitách. V Moraveckých Pavlovicích byla mírně více zastoupena jemnější frakce, naopak v Křižanově hrubší.

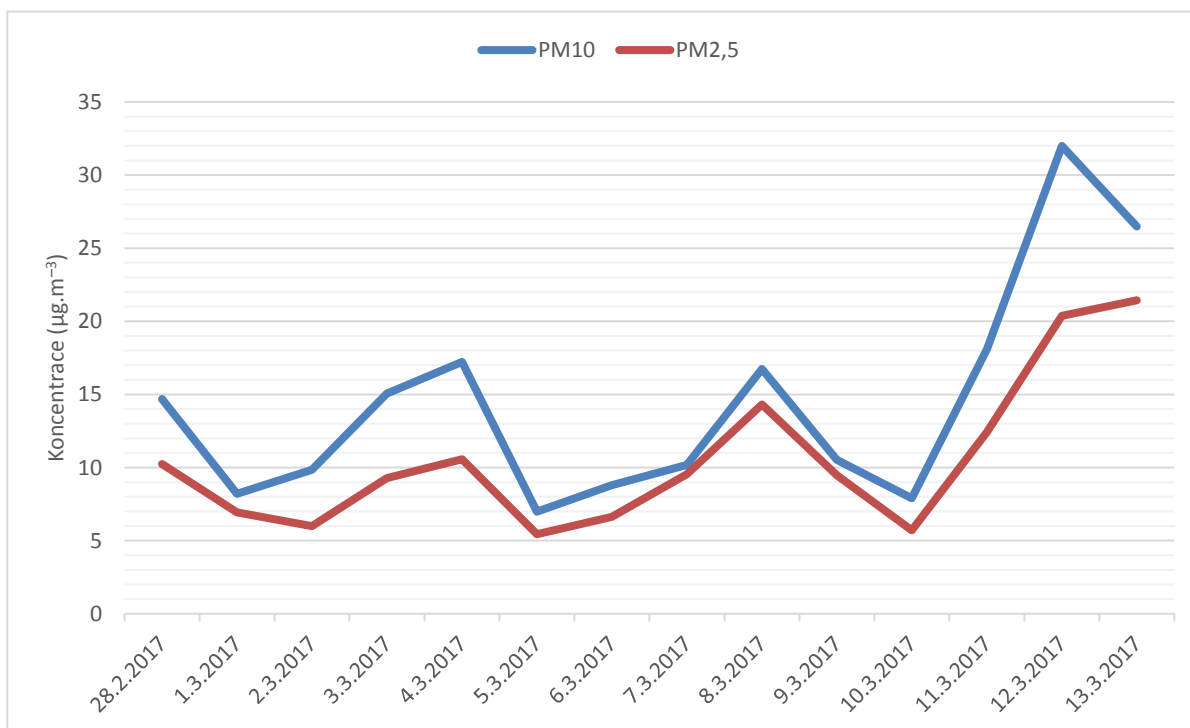
Z následujících grafů na Obr. 20 a Obr. 21 je patrné, že při vysokých koncentracích suspendovaných částic (během měření ve Stříteži) byla téměř veškerá PM<sub>10</sub> tvořena pouze jemnější frakcí PM<sub>2,5</sub> (relativní zastoupení bylo 91 %). To naznačuje vliv dálkového transportu, kdy do této lokality dorazily zejména jemnější částice ze vzdálenějších zdrojů



znečišťování ovzduší. Naopak v části kampaně měřené v Moraveckých Pavlovicích již došlo ke změně meteorologických podmínek, koncentrace byly výrazně nižší (viz měřtko grafů) a zastoupení jemnější frakce  $PM_{2,5}$  v hrubší frakci bylo pouze 73 %.



Obr. 20 – Vývoj koncentrací  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  v lokalitě Střítež



Obr. 21 - Vývoj koncentrací  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  v lokalitě Moravecké Pavlovice

### 3.1.5 V. kampaň – jaro 2017

Pátá kampaň probíhala v podzimních měsících. Výsledky této kampaně zobrazuje následující Tab. 11 a graficky pak Obr. 22.

Tab. 17 – Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

Datum měření	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2,5</sub>		
	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice
14.3.2017	35,3	--	40	31,3	--	32
15.3.2017	23,9	--	26	18	--	19
16.3.2017	22,2	--	24	17,3	--	16
17.3.2017	26,1	--	30	22,3	--	22
18.3.2017	5	--	6	3,8	--	5
19.3.2017	8,8	--	9	6,8	--	8
20.3.2017	10,1	--	12	7,6	--	8
21.3.2017	16,5	--	12	14,1	--	9
22.3.2017	12,4	--	9	11	--	13
23.3.2017	28,4	--	31	24,1	--	25
24.3.2017	20,7	--	20	17,5	--	17
25.3.2017	17,7	--	20	14,7	--	15
26.3.2017	11,3	--	10	9,5	--	9
27.3.2017	16,4	--	14	13,3	--	10
31.3.2017	17,9	18	--	13,1	11	--
1.4.2017	23,1	29	--	18,5	18	--
2.4.2017	16,9	21	--	14,1	13	--
3.4.2017	11,6	14	--	9,6	11	--
4.4.2017	9,2	18	--	7,9	15	--
5.4.2017	18,2	25	--	15,3	20	--
6.4.2017	8,9	13	--	5,4	8	--
7.4.2017	7	10	--	6,5	9	--
8.4.2017	9,9	13	--	8,7	10	--
9.4.2017	13,6	16	--	10,9	11	--
10.4.2017	14,3	19	--	9,1	15	--
11.4.2017	9,4	14	--	5,7	9	--
12.4.2017	9,6	14	--	6,8	9	--
13.4.2017	7,1	13	--	5,4	9	--



Obr. 22 - Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  (nahore) a  $PM_{2.5}$  (dole) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

Z grafů je patrné, že obě lokality (Střítež, Moravecké Pavlovice) sledují obdobný vývoj koncentrací jako lokalita státní sítě imisního monitoringu Křižanov. Koncentrace se téměř neliší, proti lokalitě Střítež jsou koncentrace v Křižanově mírně vyšší. Celkově lze však konstatovat, že koncentrace jsou velmi podobné a jejich změny jsou ovlivněny především meteorologickými podmínkami a nadregionálními vlivy.

Následující Tab. 18 a Tab. 19 zobrazují **zprůměrované koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> za 14 dní** během jednotlivých částí kampaně, a to jak v absolutních číslech, tak ve vztážené procentuální hodnotě vůči lokalitě státní sítě imisního monitoringu Křižanov. Část kampaně značí, za jaké časové období se průměrovalo – jestli v době měření ve Stříteži nebo v Moraveckých Pavlovicích – měření neprobíhalo na obou lokalitách ve stejnou dobu (viz předchozí tabulka a grafy). Proto jsou i různé průměry v lokalitě Křižanov. Toto rozdělení je důležité pro srovnání s lokalitou Křižanov, protože v prvních 14 dnech kampaně (měření v Moraveckých Pavlovicích) byly v Křižanově měřeny rozdílné, a tedy nesrovnatelné, koncentrace, než během následujících 14 dní, kdy se měřilo v lokalitě Střítež.

Tab. 18 – Průměrné koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> (μg·m<sup>-3</sup>) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

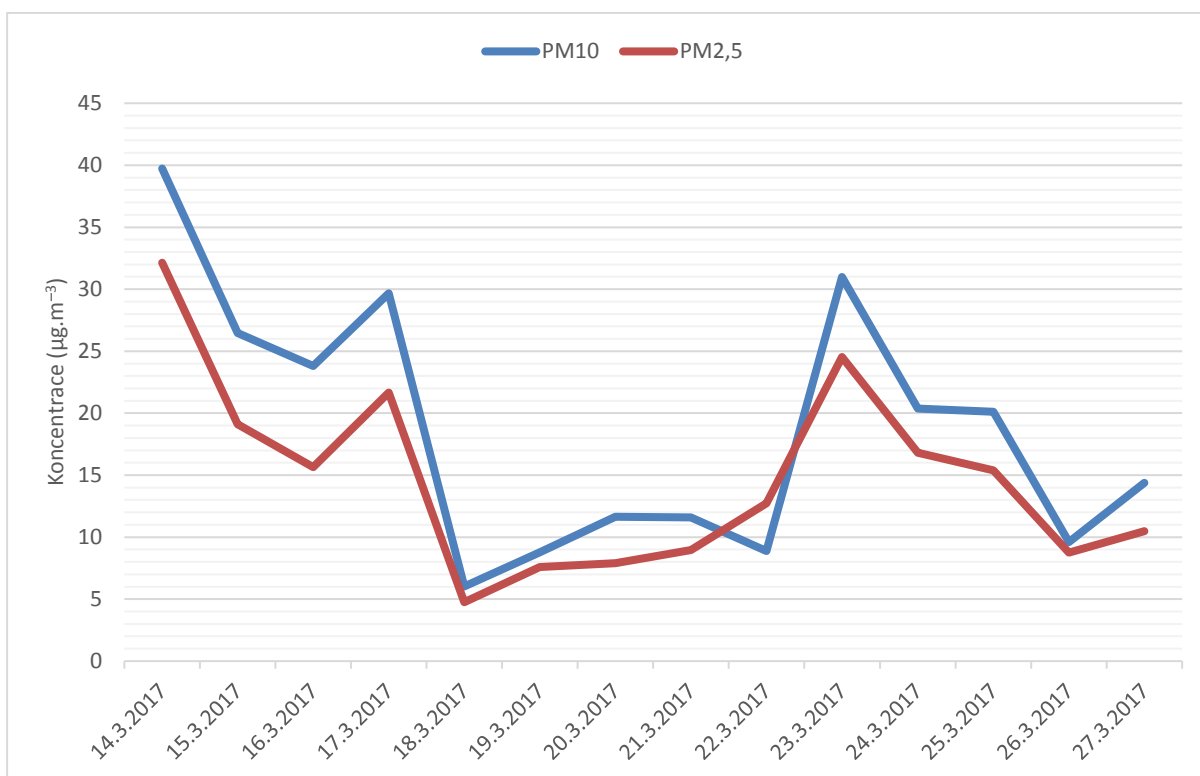
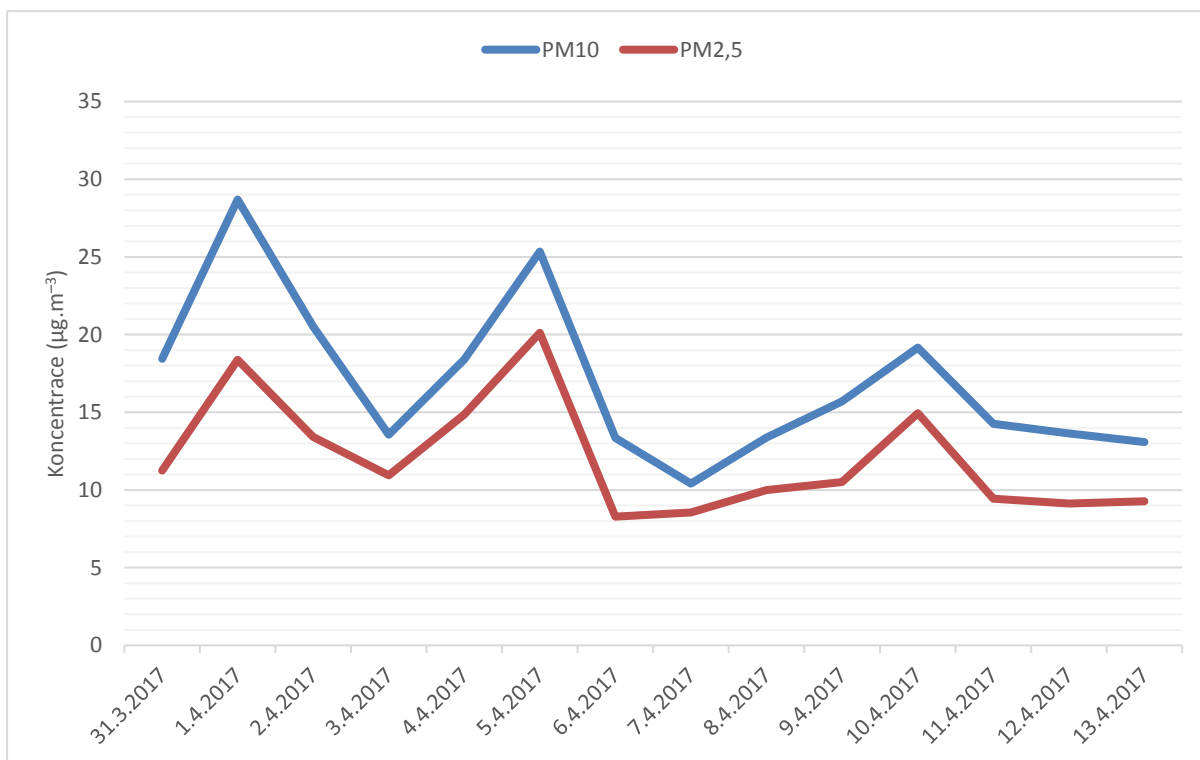
Kampaň	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2,5</sub>		
	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice
Střítež	18,20	--	18,72	15,09	--	14,75
Moravecké Pavlovice	12,62	16,99	--	9,79	12,08	--

Tab. 19 – Relativní vztah koncentrací v jednotlivých lokalitách kampaně vůči lokalitě Křižanov

Kampaň	Křižanov (PM <sub>10</sub> )	Křižanov (PM <sub>2,5</sub> )
Střítež	134,6%	123,4%
Moravecké Pavlovice	102,8%	97,7%

Z výsledků je patrné, že během V. měřicí kampaně byly ve Stříteži v průměru měřeny mírně nižší koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub> než v lokalitě Křižanov. Lokalita Moravecké Pavlovice se pohybuje téměř na stejných průměrných hodnotách, jako lokalita Křižanov, a to jak v případě PM<sub>10</sub>, tak v případě PM<sub>2,5</sub>.

Z následujících grafů na Obr. 23 a Obr. 24 je patrné, že v některých dnech se ve Stříteži jemnější frakce PM<sub>2,5</sub> velmi blíží hodnotám hrubší frakce PM<sub>10</sub>. Avšak v průměru bylo relativní zastoupení jemnější frakce PM<sub>2,5</sub> v hrubší frakci PM<sub>10</sub> ve Stříteži rovno 71 %. V Moraveckých Pavlovicích bylo zastoupení jemnější frakce PM<sub>2,5</sub> v hrubší frakci poměrně konstantní, v průměru činilo necelých 79 %.


 Obr. 23 – Vývoj koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v lokalitě Stráž

 Obr. 24 - Vývoj koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v lokalitě Moravské Pavlovice

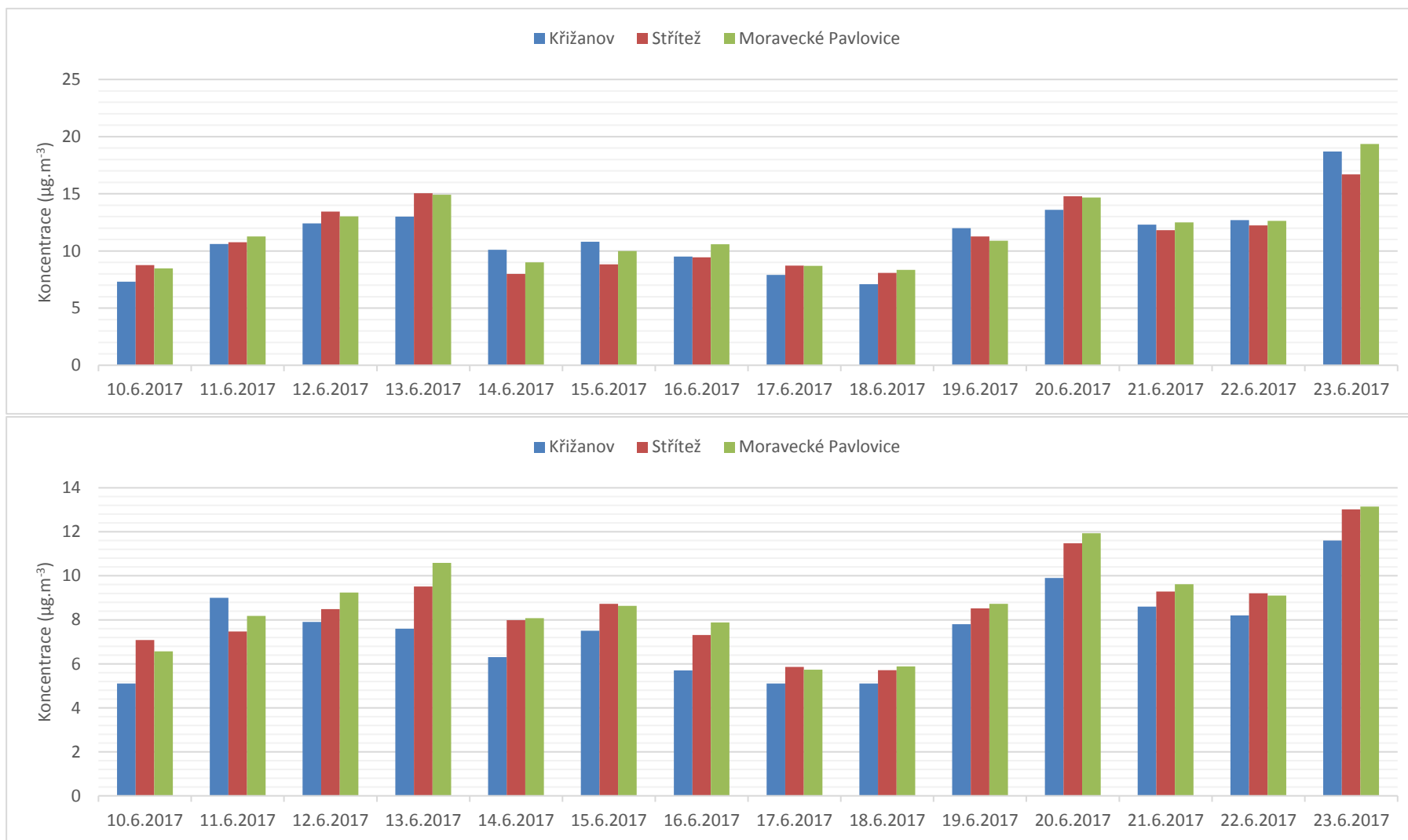


### 3.1.6 VI. kampaň – léto 2017

Závěrečná šestá kampaň probíhala ve stejné dny v obou lokalitách v měsíci červnu. Výsledky této kampaně zobrazuje následující Tab. 20 a graficky pak Obr. 25.

Tab. 20 – Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

Datum měření	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2,5</sub>		
	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice
10.6.2017	7,3	9	8	5,1	7	7
11.6.2017	10,6	11	11	9	7	8
12.6.2017	12,4	13	13	7,9	8	9
13.6.2017	13	15	15	7,6	10	11
14.6.2017	10,1	8	9	6,3	8	8
15.6.2017	10,8	9	10	7,5	9	9
16.6.2017	9,5	9	11	5,7	7	8
17.6.2017	7,9	9	9	5,1	6	6
18.6.2017	7,1	8	8	5,1	6	6
19.6.2017	12	11	11	7,8	9	9
20.6.2017	13,6	15	15	9,9	11	12
21.6.2017	12,3	12	12	8,6	9	10
22.6.2017	12,7	12	13	8,2	9	9
23.6.2017	18,7	17	19	11,6	13	13



Obr. 25 - Průměrné denní koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> (nahore) a PM<sub>2,5</sub> (dole) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

 <b>SÚRAO</b>	<b>Měření kvality ovzduší v lokalitě Kraví hora</b>	Evidenční označení:
		<b>SÚRAO TZ 118/2017</b>

Z grafů je patrné, že obě lokality (Střítež, Moravecké Pavlovice) sledují obdobný vývoj koncentrací jako lokalita státní sítě imisního monitoringu Křižanov. Koncentrace se téměř neliší, koncentrace jsou na všech lokalitách velmi nízké.

Následující Tab. 21 a Tab. 22 zobrazují **zprůměrované koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> za 14 dní** během kampaně, a to jak v absolutních číslech, tak ve vztážené procentuální hodnotě vůči lokalitě státní sítě imisního monitoringu Křižanov.

Během této kampaně probíhala všechna měření ve stejný čas – proto stačí pouze jedna řada, protože pro měření v obou lokalitách (Střítež, Moravecké Pavlovice) měla srovnávací lokalita Křižanov z pochopitelných důvodů vždy stejný průměr.

Tab. 21 – Průměrné koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> (μg·m<sup>-3</sup>) v lokalitách Křižanov, Střítež a Moravecké Pavlovice

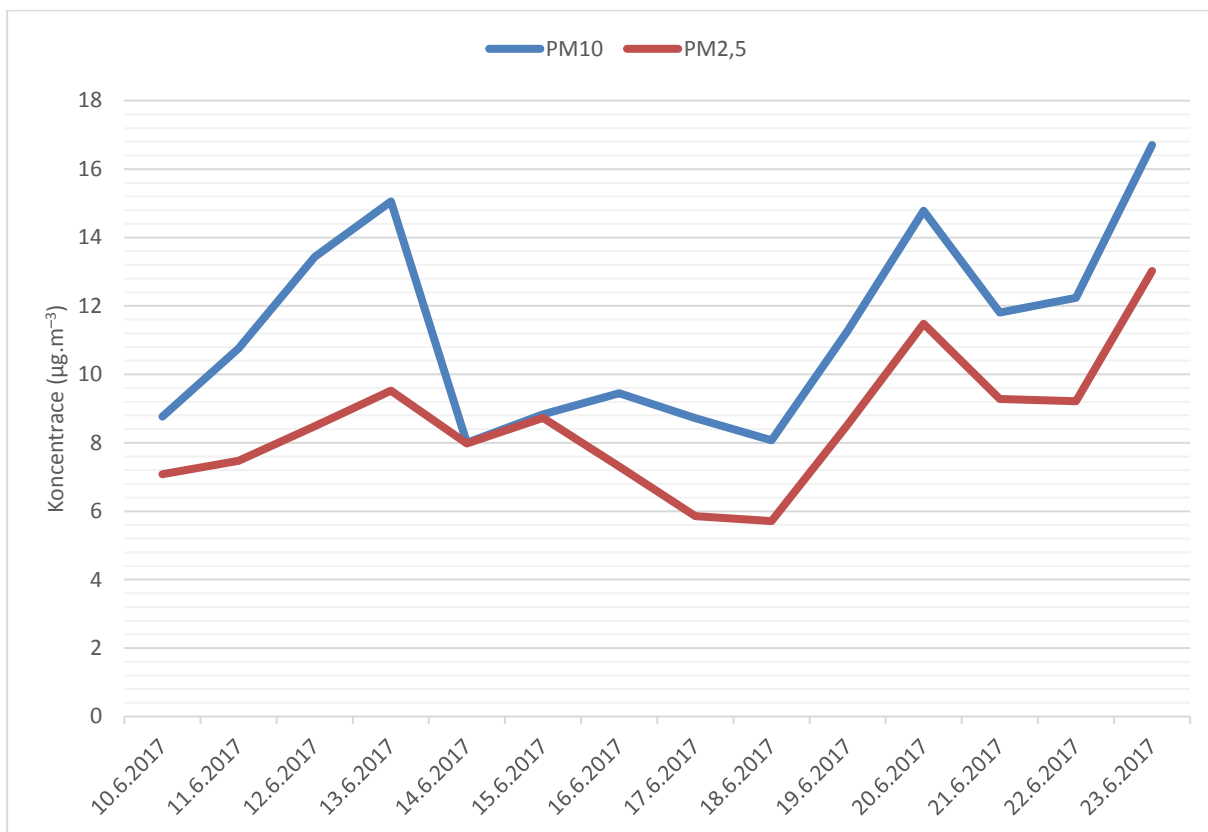
	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2,5</sub>		
	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice	Křižanov	Střítež	Moravecké Pavlovice
Průměr	11,29	11,28	11,74	7,53	8,55	8,81

Tab. 22 – Relativní vztah koncentrací v jednotlivých lokalitách kampaně vůči lokalitě Křižanov

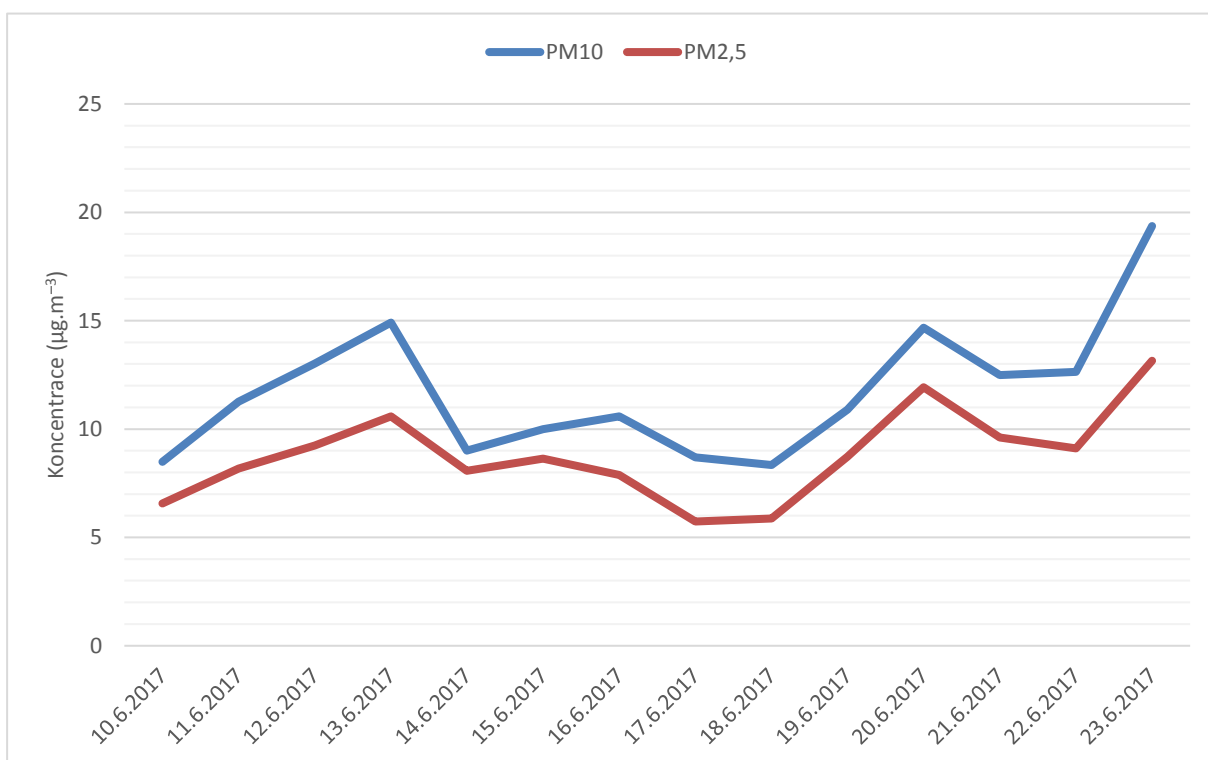
Kampaně	Křižanov (PM <sub>10</sub> )	Křižanov (PM <sub>2,5</sub> )
Střítež	99,9%	113,5%
Moravecké Pavlovice	104,0%	117,0%

Z výsledků je patrné, že během VI. měřicí kampaně byly v obou lokalitách v průměru měřeny téměř totožné koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> jako v lokalitě Křižanov, koncentrace jemnější frakce PM<sub>2,5</sub> byly v Křižanově mírně vyšší. Z absolutních čísel je však patrné, že rozdíl je i vzhledem k nízkým koncentracím velmi nízký, na úrovni nejistoty měření.

Z následujících grafů na Obr. 26 a Obr. 27 je patrné, že zastoupení jemnější frakce PM<sub>2,5</sub> v PM<sub>10</sub> je po celou dobu kampaně poměrně rovnoměrné v Moraveckých Pavlovicích, ve Stříteži se mírně mění. Z hlediska celé kampaně pak ve Stříteži i Moraveckých Pavlovicích tvořila jemnější frakce PM<sub>2,5</sub> zhruba 75 % hrubší frakce.



Obr. 26 – Vývoj koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v lokalitě Stráž



Obr. 27 - Vývoj koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v lokalitě Moravské Pavlovice

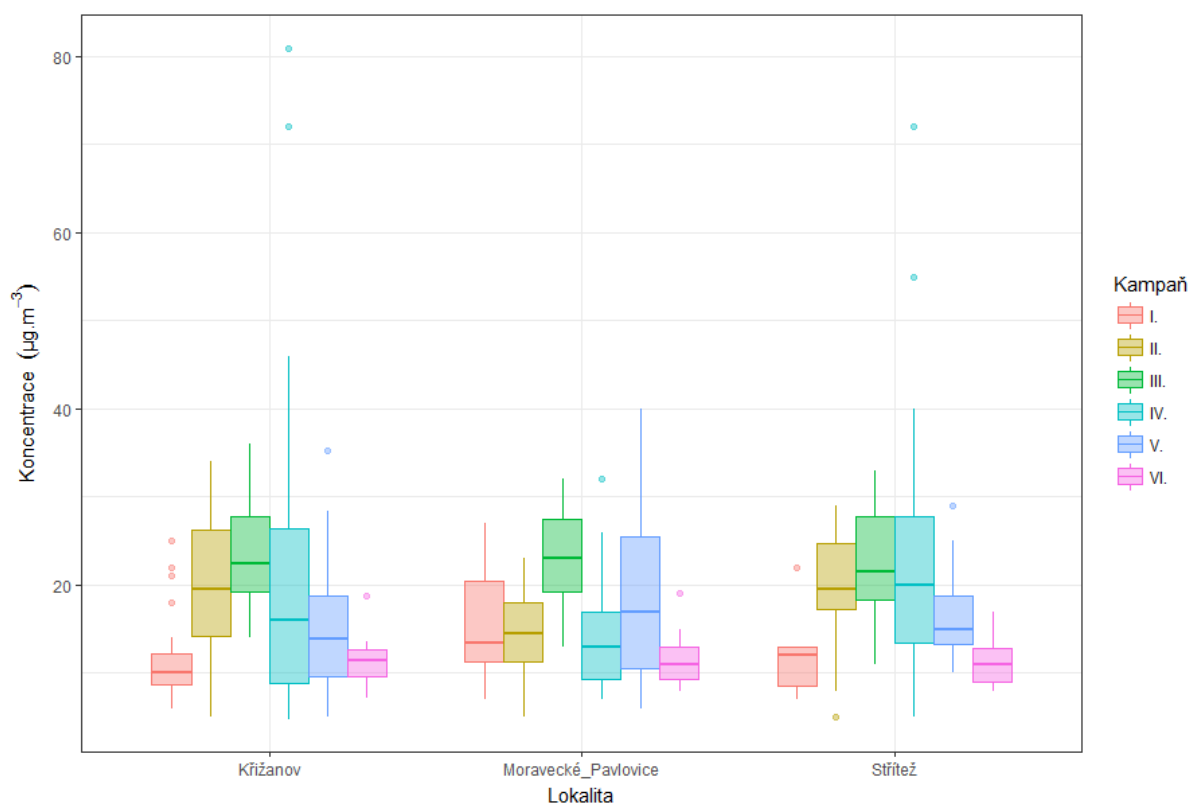
### 3.1.7 Celkové vyhodnocení koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>

V této kapitole budou mezi sebou lokality srovnány jak po jednotlivých kampaních, tak celkově za všechny kampaně. Toto srovnání pak pomůže k aproximaci výsledků měřených v lokalitě státní sítě imisního monitoringu Křižanov na lokality Střítež a Moravecké Pavlovice v době, kdy zde měření neprobíhá. Zároveň bude možné odhadnout vztah k imisním limitům pro PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>.

#### Statistické srovnání jednotlivých lokalit a kampaní z hlediska koncentrací PM<sub>10</sub>

Statistické zpracování bylo provedeno jednak pomocí průměrných hodnot, ale pro lepší představu o měřených koncentracích také pomocí krabicových grafů. Krabicové grafy nezobrazují průměr, ale medián (střední čára), doplněný o I. a III. kvartil (spodní a horní strana obdélníku „krabice“). Dále zobrazuje také odlehle hodnoty, které jsou důležité pro pochopení některých kampaní.

Graf na Obr. 28 zobrazuje statistické zpracování koncentrací PM<sub>10</sub> za všechny kampaně a ve všech lokalitách. Je rovněž důležité vnímat, že do hodnocení lokality Křižanov vstupuje podstatně více dat, protože měřila jak v částech kampaně, kdy se měřilo ve Stříteži, tak v částech kampaně, kdy se měřilo v Moraveckých Pavlovicích.

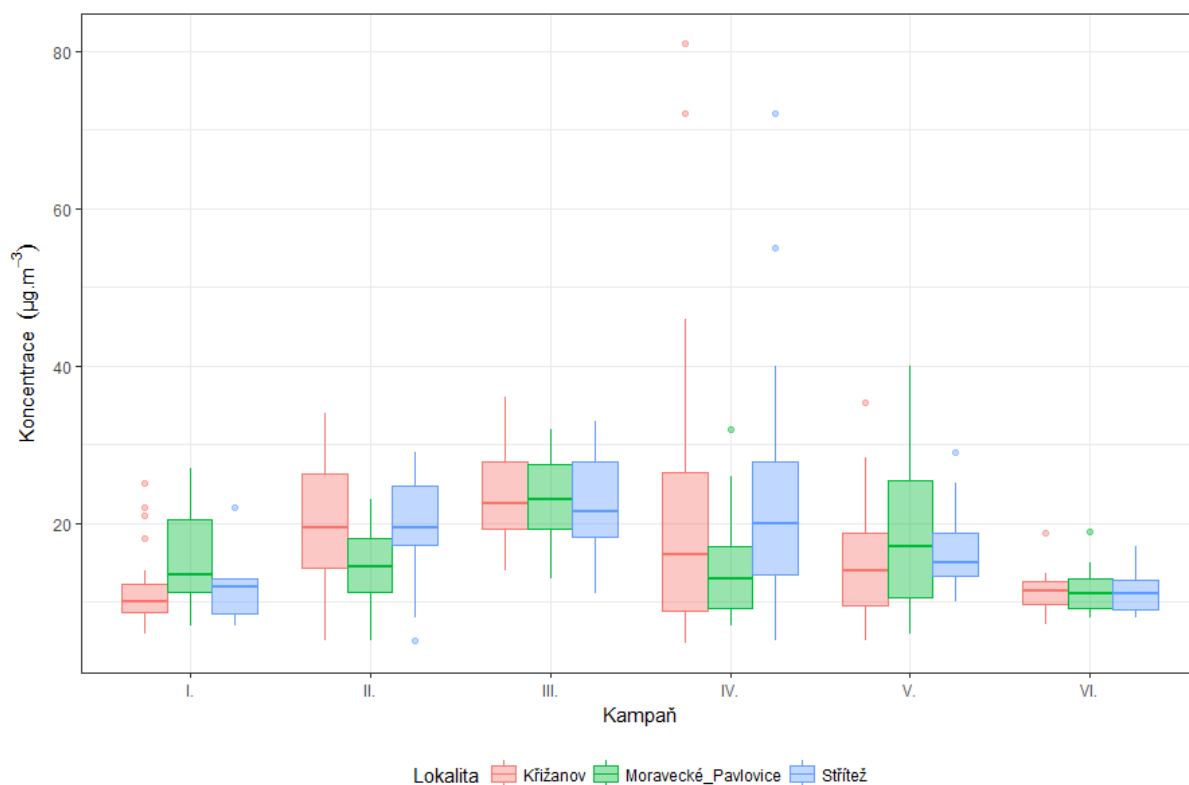


Obr. 28 – Statistické zpracování koncentrací PM<sub>10</sub> v jednotlivých lokalitách pomocí krabicových grafů, členěné dle jednotlivých kampaní. Bodově jsou vyznačeny odlehle hodnoty.

Z grafu je patrné, že koncentrace se v jednotlivých lokalitách výrazně měnily dle kampaní, resp. roční doby. V topné sezóně jsou koncentrace na všech lokalitách vyšší s větším

rozptylem, naopak v létě jsou jen velmi nízké a pořád přibližně stejné. Důležitým faktorem, ovlivňujícím koncentrace v jednotlivých kampaních jsou lokální topeniště, ale především **meteorologické podmínky**. To se velmi dobře projevilo ve **IV. kampani**.

První část kampaně, kdy se měřilo pouze ve Stříteži (a Křižanově) byla celá Česká Republika ovlivněna velmi špatnými rozptylovými podmínkami a část území bylo rovněž ovlivněno dálkovým transportem znečištění ze severovýchodních směrů. V únoru 2017 došlo k vyhlášení velkého počtu smogových situací napříč celou ČR. Avšak po změně synoptické situace a meteorologických podmínek došlo k výraznému poklesu koncentrací. Během měření ve IV. kampani v Moraveckých Pavlovicích tak byly měřeny podstatně nižší koncentrace, než v případě IV. kampaně ve Stříteži. Lépe to zobrazuje následující Obr. 29.

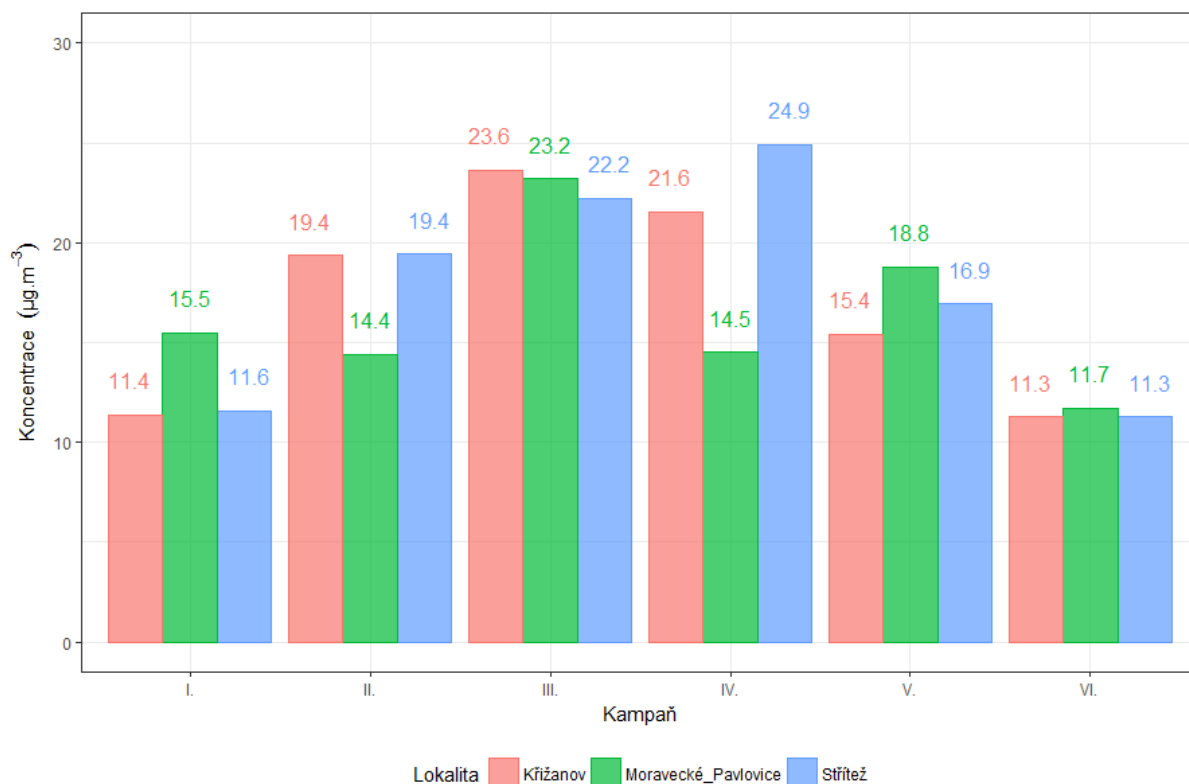


Obr. 29 - Statistické zpracování koncentrací  $PM_{10}$  během jednotlivých kampaní, členěné dle jednotlivých lokalit. Bodově jsou vyznačeny odlehle hodnoty.

Z grafu na Obr. 29 je patrný významný rozdíl mezi lokalitami ve IV. měřicí kampani. Odlehle hodnoty (maxima) dosahovaly v Křižanově a Stříteži z výše zmíněných důvodů hodnot zhruba mezi  $70$  a  $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , zatímco lokalita Moravecké Pavlovice naměřila pouze necelých  $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Z toho je patrný velmi výrazný vliv meteorologických podmínek na koncentrace  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ . Naopak v V. kampani byly koncentrace v Moraveckých Pavlovicích mírně vyšší. Z kampaní, které probíhaly na všech lokalitách **současně** (III. a VI. kampaň) vyplývá, že na všech lokalitách jsou měřeny velmi podobné koncentrace  $PM_{10}$  s přibližně stejnými kvartily i maximy a minimy. Lokality spolu tedy velmi dobře korelují (viz. dále).

Průměrné hodnoty koncentrací  $PM_{10}$  za jednotlivé kampaně v jednotlivých lokalitách zobrazuje následující Obr. 30. Průměrné hodnoty jsou citlivé na extrém, proto je ve IV. kampani takový rozdíl mezi koncentracemi.





Obr. 30 - Průměrné hodnoty koncentrací  $PM_{10}$  v jednotlivých lokalitách a kampaních

Celkový průměr za všech 6 kampaní zobrazuje následující Obr. 31. Z grafu je patrné, že hodnoty jsou velmi podobné, mírně vyšší hodnota ve Stříteži je ovlivněna právě onou IV. kampaní, která byla měřena za velmi rozdílných meteorologických a rozptylových podmínek.



Obr. 31 – Celková průměrná koncentrace  $PM_{10}$  za 6 kampaní (2016 – 2017)

Na základě průměrných denních koncentrací byl sestaven korelogram mezi jednotlivými lokalitami. Korelace je počítána pouze tehdy, pokud jsou dostupné obě hodnoty koncentrace, a tedy korelace mezi Křižanov a každou z lokalit je počítána vždy, korelace mezi Stříteží a Moraveckými Pavlovicemi pouze v kampaních, kdy měřily obě lokality současně (III. kampaň v zimě a VI. kampaň v létě). Míru korelace mezi jednotlivými lokalitami zobrazuje Obr. 32. Tato korelace nevyjadřuje vztah mezi průměrnými hodnotami, ale jestli lokality reagují na změny podobně. Z výsledků vyplývá, že korelace mezi lokalitami je velmi dobrá a tedy z průměrných hodnot měřených v Křižanově lze odhadnout průměrné hodnoty ve Stříteži a Moraveckých Pavlovicích.



Obr. 32 - Korelace koncentrací  $PM_{10}$  mezi jednotlivými lokalitami

Z rozdílu průměrných hodnot za celé období (Obr. 31) vyplývá, že mezi jednotlivými lokalitami jsou pouze nepatrné rozdíly **v rámci nejistoty měření**. Lze tedy vyvodit, že pro lokality Moravecké Pavlovice i Střítež budou platit stejné charakteristiky z hlediska hodnocení kvality ovzduší jako pro Křižanov – lokalita **Křižanov je pro celou tuto oblast velmi dobře reprezentativní**.

V roce 2016 byla v Křižanově naměřena průměrná roční koncentrace  $PM_{10}$  **17,5  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$** , **imisní limit [4] (40  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) tedy nebyl překročen**. Zároveň je z hodnoty průměrné roční koncentrace v Křižanově za rok 2016 (17,5  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) a z **průměrné hodnoty ze všech kampaní** (17  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) velmi dobře patrné, že kampaně byly zvoleny správně a hodnoty orientačních měření odpovídají regulérním hodnotám měření ve státní síti imisního monitoringu.

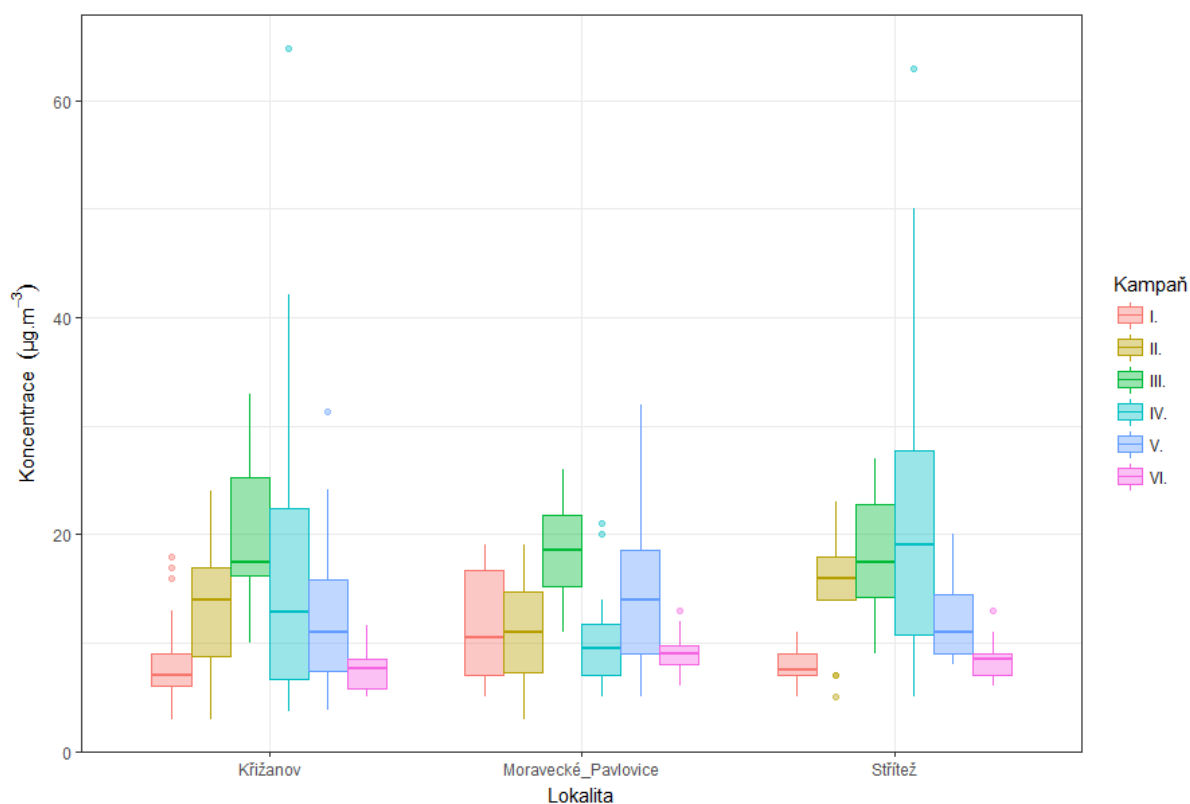
36. nejvyšší denní koncentrace v Křižanově (denní imisní limit) měla hodnotu 31  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , hodnota imisního limitu (50  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) tedy **rovněž překročena nebyla**.

**Z uvedeného lze odvodit, že ve Stříteži ani v Moraveckých Pavlovicích nedochází k překročení žádného imisního limitu pro  $PM_{10}$ .**

### Statistické srovnání jednotlivých lokalit a kampaní z hlediska koncentrací $PM_{2,5}$

tatistické zpracování bylo provedeno jednak pomocí průměrných hodnot, ale pro lepší představu o měřených koncentracích také pomocí krabicových grafů. Krabicové grafy nezobrazují průměr, ale medián (střední čára), doplněný o I. a III. kvartil (spodní a horní strana obdélníku „krabice“). Dále zobrazuje také odlehle hodnoty, které jsou důležité pro pochopení některých kampaní.

Graf na Obr. 33 zobrazuje statistické zpracování koncentrací  $PM_{2,5}$  za všechny kampaně a ve všech lokalitách. Je rovněž důležité vnímat, že do hodnocení lokality Křižanov vstupuje podstatně více dat, protože měřila jak v částech kampaně, kdy se měřilo ve Stříteži, tak v částech kampaně, kdy se měřilo v Moraveckých Pavlovicích.

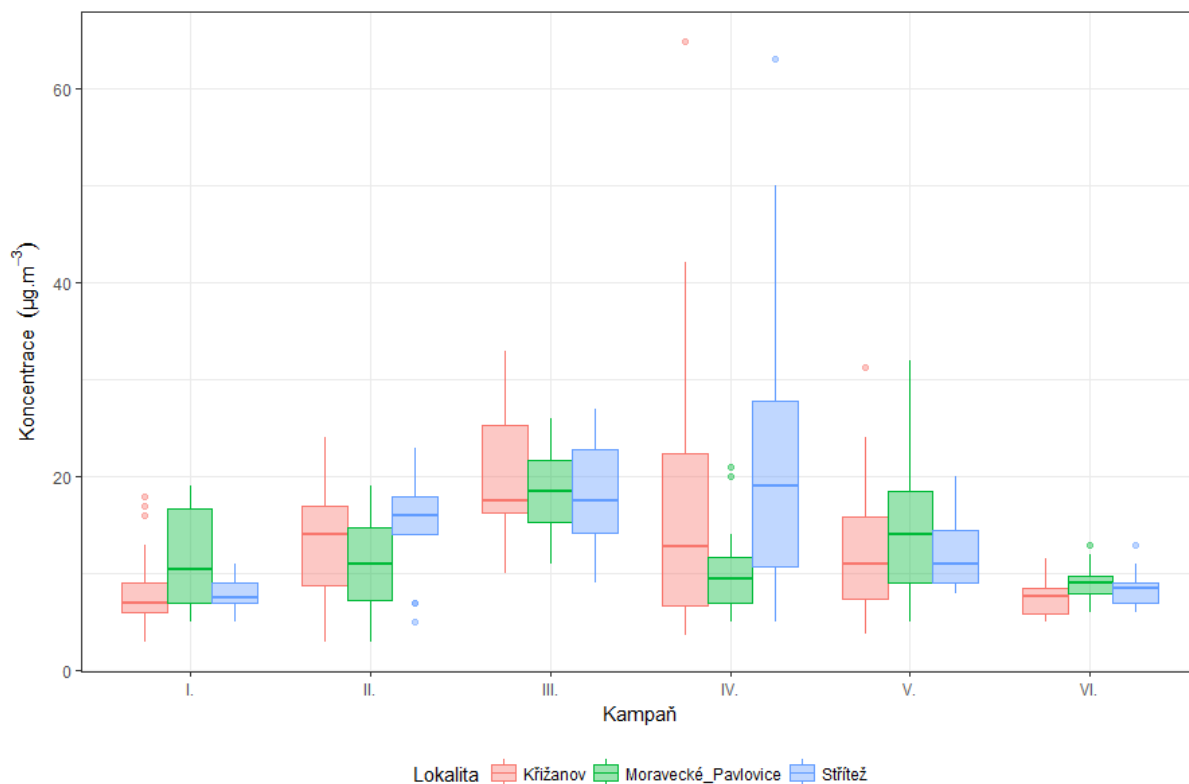


Obr. 33 – Statistické zpracování koncentrací  $PM_{2,5}$  v jednotlivých lokalitách, členěné dle jednotlivých kampaní. Bodově jsou vyznačeny odlehle hodnoty.

Z grafu je patrné, že koncentrace se v jednotlivých lokalitách výrazně měnily dle kampaní, resp. roční doby. V topné sezóně jsou koncentrace na všech lokalitách vyšší s větším rozptylem, naopak v létě jsou jen velmi nízké a pořád přibližně stejné. Důležitým faktorem, ovlivňujícím koncentrace v jednotlivých kampaních jsou lokální topeniště, ale především **meteorologické podmínky**. To se velmi dobře projevilo ve **IV. kampani, obdobně jako v případě  $PM_{10}$** .

První část kampaně, kdy se měřilo pouze ve Stříteži (a Křižanově) byla celá Česká Republika ovlivněna velmi špatnými rozptylovými podmínkami a část území bylo rovněž ovlivněno dálkovým transportem znečištění ze severovýchodních směrů. V únoru 2017 došlo k vyhlášení velkého počtu smogových situací napříč celou ČR. Avšak po změně synoptické situace a meteorologických podmínek došlo k výraznému poklesu koncentrací. Během

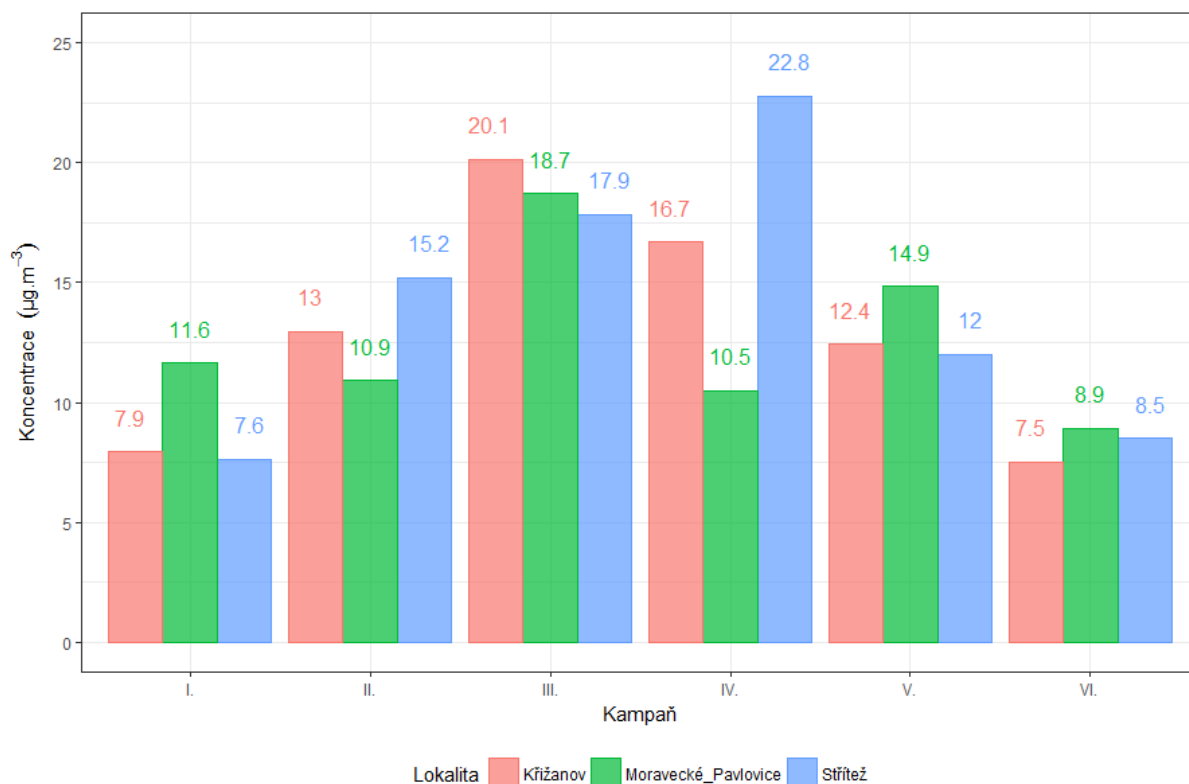
měření ve IV. kampani v Moraveckých Pavlovicích tak byly měřeny podstatně nižší koncentrace, než v případě IV. kampaně ve Stříteži. Lépe to zobrazuje následující Obr. 34.



Obr. 34 - Statistické zpracování koncentrací  $PM_{2,5}$  během jednotlivých kampaní, členěné dle jednotlivých lokalit. Bodově jsou vyznačeny odlehle hodnoty.

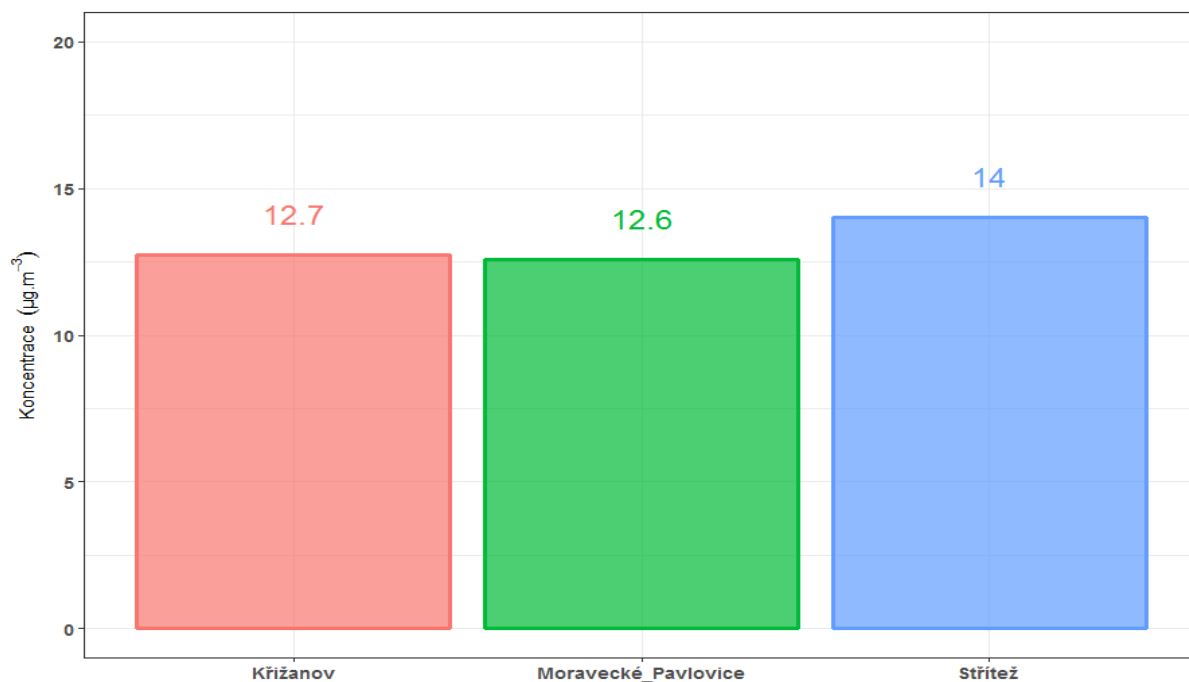
Z grafu na Obr. 34 je patrný významný rozdíl mezi lokalitami ve IV. měřicí kampani. Odlehle hodnoty (maxima) dosahovaly v Křižanově a Stříteži z výše zmíněných důvodů hodnot zhruba okolo  $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , zatímco lokalita Moravecké Pavlovice naměřila pouze zhruba  $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Z toho je patrný velmi výrazný vliv meteorologických podmínek na koncentrace  $PM_{2,5}$  a  $PM_{10}$ . Naopak v V. kampani byly koncentrace v Moraveckých Pavlovicích mírně vyšší. Z kampaní, které probíhaly na všech lokalitách **současně** (III. a VI. kampaň) vyplývá, že na všech lokalitách jsou měřeny velmi podobné koncentrace  $PM_{2,5}$  s přibližně stejnými kvartily i maximy a minimy. V zimě (III. kampaň) dosahuje Křižanov mírně vyšších hodnot, v létě (VI. kampaň) naopak mírně nižších. Lokality spolu tedy velmi dobře korelují (viz dále).

Průměrné hodnoty koncentrací  $PM_{2,5}$  za jednotlivé kampaně v jednotlivých lokalitách zobrazuje následující Obr. 35. Průměrné hodnoty jsou citlivé na extrém, proto je ve IV. kampani takový rozdíl mezi koncentracemi.



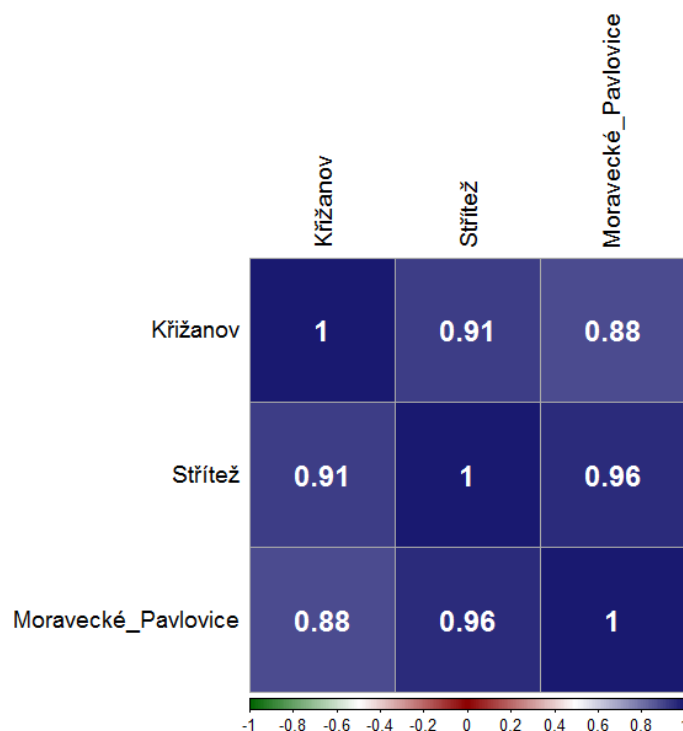
Obr. 35 - Průměrné hodnoty koncentrací  $PM_{2,5}$  v jednotlivých lokalitách a kampaních

Celkový průměr za všech 6 kampaní zobrazuje následující Obr. 36. Z grafu je patrné, že hodnoty jsou velmi podobné, mírně vyšší hodnota ve Stříteži je ovlivněna právě onou IV. kampaní, která byla měřena za velmi rozdílných meteorologických a rozptylových podmínek.



Obr. 36 – Celková průměrná koncentrace  $PM_{2,5}$  za 6 kampaní (2016 – 2017)

Na základě průměrných denních koncentrací byl sestaven korelogram mezi jednotlivými lokalitami. Korelace je počítána pouze tehdy, pokud jsou dostupné obě hodnoty koncentrace, a tedy korelace mezi Křižanov a každou z lokalit je počítána vždy, korelace mezi Stříteží a Moraveckými Pavlovicemi pouze v kampaních, kdy měřily obě lokality současně (III. kampaň v zimě a VI. kampaň v létě). Míru korelace mezi jednotlivými lokalitami zobrazuje Obr. 37. Tato korelace nevyjadřuje vztah mezi průměrnými hodnotami, ale jestli lokality reagují na změny podobně. Z výsledků vyplývá, že korelace mezi lokalitami je velmi dobrá a tedy z průměrných hodnot měřených v Křižanově lze odhadnout průměrné hodnoty ve Stříteži a Moraveckých Pavlovicích.



Obr. 37 - Korelace koncentrací  $PM_{2,5}$  mezi jednotlivými lokalitami

Z rozdílu průměrných hodnot za celé období (Obr. 36) vyplývá, že mezi jednotlivými lokalitami jsou pouze nepatrné rozdíly **v rámci nejistoty měření**. Lze tedy vyvodit, že pro lokality Moravecké Pavlovice i Střítež budou platit stejné charakteristiky z hlediska hodnocení kvality ovzduší jako pro Křižanov – lokalita **Křižanov je pro celou tuto oblast velmi dobře reprezentativní**.

V roce 2016 byla v Křižanově naměřena průměrná roční koncentrace  $PM_{2,5}$  **13,4  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$** , **imisní limit [4] (40  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) tedy nebyl překročen**. Zároveň je z hodnoty průměrné roční koncentrace v Křižanově za rok 2016 (13,4  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) a z **průměrné hodnoty ze všech kampaní** (12,7  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) velmi dobře patrné, že kampaně byly zvoleny správně a hodnoty orientačních měření odpovídají regulérním hodnotám měření ve státní síti imisního monitoringu.

**Z uvedeného lze odvodit, že ve Stříteži ani v Moraveckých Pavlovicích nedochází k překročení imisního limitu pro  $PM_{2,5}$ .**



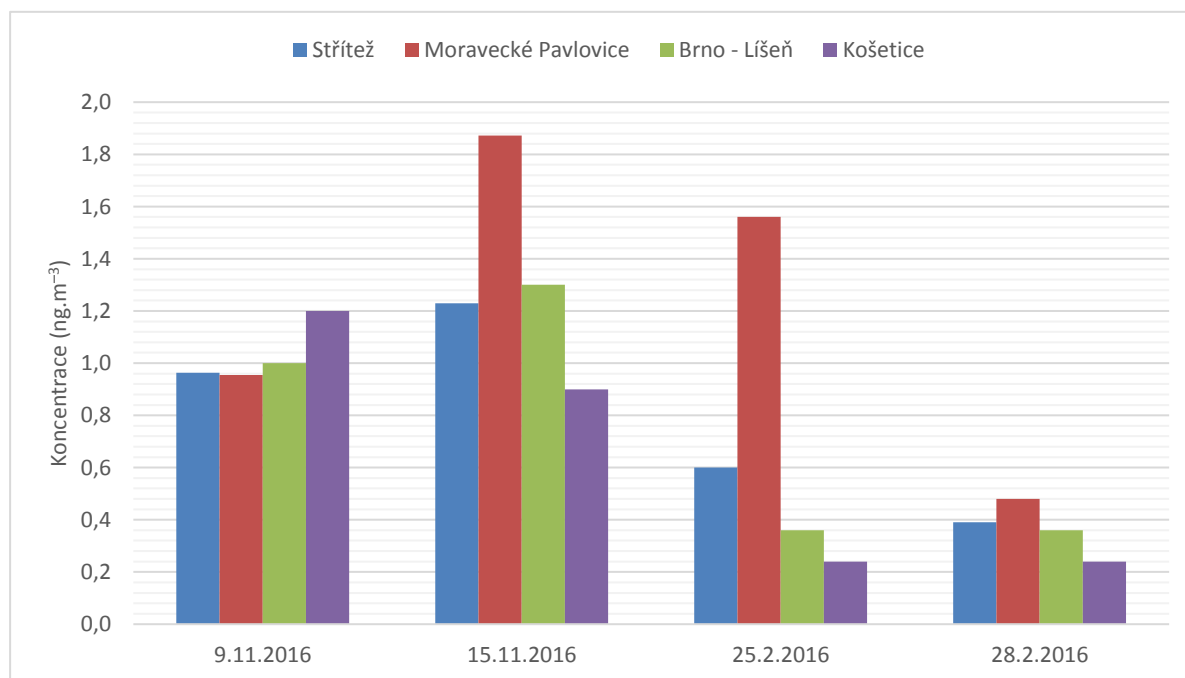
### 3.2 Benzo[a]pyren

Benzo[a]pyren byl odebírán vždy 4x na každé lokalitě a vždy v den, kdy probíhal odběr i ve státní síti imisního monitoringu tak, aby data mohla být v závěrečné zprávě srovnána. Pro odběr byla vybrána zimní kampaň v roce 2016 i 2017, protože hlavními zdroji jsou lokální topeniště. Koncentrace benzo[a]pyrenu v ovzduší uvádí Tab. 23 a graf na Obr. 38.

Benzo[a]pyren se kvůli náročnosti měří pouze na malém počtu lokalit, mezi něž lokalita Křižanov nepatří. Srovnání proto bylo provedeno se stanicemi měřícími benzo[a]pyren na Vysočině (Košetice) a v Jihomoravském kraji (Brno – Líšeň).

Tab. 23 – Koncentrace benzo[a]pyrenu ( $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v jednotlivých lokalitách

Lokalita	9.11.2016	15.11.2016	25.2.2017	28.2.2017
Střítež	1,0	1,2	0,6	0,4
Moravecké Pavlovice	1,0	1,9	1,6	0,5
Brno - Líšeň	1,0	1,3	0,4	0,4
Košetice	1,2	0,9	0,2	0,2



Obr. 38 - Koncentrace benzo[a]pyrenu ( $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v jednotlivých lokalitách

Z Tab. 23 a grafu na Obr. 38 je patrné, že 9. 11. 2016 jsou koncentrace benzo[a]pyrenu téměř totožné, těsně pod hodnotou imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci ( $1\text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Téměř totožná hodnota byla naměřena ve stejný den i v lokalitě Brno – Líšeň či v pozadové lokalitě Košetice. V tento den panovaly dobré rozptylové podmínky a zatížení touto látkou bylo plošně přibližně stejné. Naproti tomu v odběru z 15. 11. 2016 jsou již patrné rozdíly v koncentracích. Jednak došlo k výraznějšímu ochlazení, což se projevilo ve vyšší

intenzitě topení. Zhoršily se i rozptylové podmínky. Dobře provětrávaná lokalita tak naměřila nižší koncentrace než lokalita Moravecké Pavlovice, která leží v dolíku a je podstatně hůře provětrávaná. Oproti 9. 11. koncentrace v obou lokalitách narostly, v Moraveckých Pavlovicích na dvojnásobek.

Obdobná situace panovala i 25. 2. 2017, kdy byly koncentrace zřejmě ovlivněny lokálními topeništi a horšími podmínkami pro rozptyl. Zvýšené koncentrace byly měřeny v lokalitě Moravecké Pavlovice. V dobře provětrávaných lokalitách byly koncentrace benzo[a]pyrenu nižší.

Poté došlo k postupnému oteplení a zlepšení situace a dne 28. 2. 2017 již měřily opět všechny lokality přibližně stejné koncentrace benzo[a]pyrenu.

Naměřené výsledky potvrzují vliv lokálních topenišť na koncentrace benzo[a]pyrenu v ovzduší. Zároveň je třeba vyzdvihnout důležitost vlivu meteorologických podmínek, ať už z hlediska dostatečnosti rozptylu škodlivin v ovzduší, či z hlediska nutnosti více či méně topit v závislosti na teplotě. Při vhodných podmínkách se mohou koncentrace benzo[a]pyrenu v těchto obcích přiblížit na úroveň koncentrací měřených v rezidenční části města Brna či pozadřových koncentrací na Vysočině v lokalitě Košetice.

## 4 Závěr

Z výsledků 6 kampaní měření suspendovaných částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  v lokalitách Střítež a Moravecké Pavlovice vyplývá, že v tomto území jsou měřeny nízké koncentrace srovnatelné a korelovatelné s hodnotami měřenými v lokalitě státní sítě imisního monitoringu Křižanov.

Žádná z lokalit nepřekračuje imisní limity pro  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ .

Vývoj koncentrací v obou lokalitách je v souladu s koncentracemi v Křižanově, k výraznějším odchylkám dochází pouze ojediněle vlivem lokálního ovlivnění (doprava, zemědělské práce, lokální topeniště atp.). Nejvýznamnější vliv však mají meteorologické podmínky, které i v rámci jedné měřicí kampaně mohou velmi výrazně ovlivnit měřené koncentrace.

Z hlediska zprůměrovaných hodnot za jednotlivé kampaně jsou rozdíly mezi jednotlivými lokalitami a stanicí státní sítě imisního monitoringu pouze nepatrné, na úrovni nejistoty měření.

Koncentrace benzo[a]pyrenu v obou lokalitách jsou hodně závislé na nutnosti topení a meteorologických podmínkách. Pro podrobnější analýzu a vyhodnocení vztahu k imisnímu limitu by však bylo potřeba větší množství měření.

## 5 Citace a seznam literatury

- [1] ČHMÚ, „Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší,“ 2010-2015. [Online]. Available: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance_CZ.html).
- [2] Wikipedie, „List of IARC Group 1 carcinogens,“ [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_1\\_carcinogens](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_IARC_Group_1_carcinogens)
- [3] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky,“ 1996 - 2015. [Online]. Available: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html).
- [4] *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů, 2012 - 2017, MŽP, 2012.*

# NAŠE BEZPEČNÁ BUDOUCNOST



**SÚRAO**

Správa úložišť radioaktivních odpadů

Dlážděná 6, 110 00 Praha 1

Tel.: 221 421 511, E-mail: [info@surao.cz](mailto:info@surao.cz)

[www.surao.cz](http://www.surao.cz)