



Český  
hydrometeorologický  
ústav

# ŽABČICE

analýza kvality ovzduší v jihomoravské obci  
Žabčice

ODBORNÁ ZPRÁVA



Mgr. Jáchym Brzezina, Ph.D.  
Mgr. Alžběta Oujezdská  
Mgr. Anita Fulajtárová  
Ing. Zuzana Vránová

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV  
ODDĚLENÍ KVALITY OVZDUŠÍ, POBOČKA BRNO



# Žabčice

analýza kvality ovzduší v jihomoravské obci Žabčice

## ODBORNÁ ZPRÁVA

### ZHOTOVITEL

**Český hydrometeorologický ústav**  
zastoupen **Mgr. Markem Riederem**, ředitelem ČHMÚ  
Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4  
IČ: 00020699  
DIČ: CZ00020699, není plátce DPH

**Pobočka Brno**  
Kroftova 43, 616 67 Brno

**ve věcech smluvních je oprávněn jednat:**  
Ing. Petr Janál, Ph.D., ředitel pobočky Brno

**ve věcech technických je oprávněn jednat:**  
Mgr. Jáchym Brzezina, Ph.D., vedoucí oddělení kvality ovzduší  
tel: 737 387 741, email: jachym.brzezina@chmi.cz

### OBJEDNATEL

**Jihomoravský kraj**  
Žerotínovo náměstí 449/3, 601 82 Brno  
IČ: 70888337  
DIČ: CZ70888337  
kontaktní osoba: Ing. Tomáš Helán

### ZPRACOVATEL

Mgr. Jáchym Brzezina, Ph.D.  
Mgr. Alžběta Oujezdská  
Mgr. Anita Fulajtárová  
Ing. Zuzana Vránová

### DATUM PŘEDÁNÍ

30. 11. 2023

### POČET STRAN

54

# Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	<b>4</b>
<b>METEOROLOGICKÉ A ROZPTYLOVÉ PODMÍNKY</b> .....	<b>5</b>
<i>Teplota vzduchu</i> .....	6
<i>Rychlost větru</i> .....	7
<i>Směr větru</i> .....	9
<b>SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE</b> .....	<b>10</b>
ZÁKLADNÍ POPIS.....	10
SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE $PM_{10}$ .....	11
SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE $PM_{2,5}$ .....	17
ANALÝZA.....	23
SROVNÁNÍ SE STANICEMI STÁTNÍ SÍŤE IMISNÍHO MONITORINGU V JIHMORAVSKÉM KRAJI .....	33
<i>Suspendované částice <math>PM_{10}</math></i> .....	34
<i>Suspendované částice <math>PM_{2,5}</math></i> .....	36
<i>Poměr koncentrací částic <math>PM_{2,5}/PM_{10}</math></i> .....	37
ČÁSTICOVÁ ANALÝZA SEM/EDX.....	38
<i>Identifikované typy částic a jejich potenciální zdroje</i> .....	41
<i>Vzorek z 3. 10. 2023</i> .....	42
<i>Vzorek z 5. 10. 2023</i> .....	45
<i>Vzorek z 11. 10. 2023</i> .....	47
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>51</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA</b> .....	<b>53</b>



# ÚVOD

Tato studie se zabývá hodnocením kvality ovzduší v jihomoravské obci Žabčice. Měřicí kampaň probíhala od poloviny září do druhé poloviny října 2023 (15. 9. až 24. 10. 2023). Cílem měřicí kampaně bylo především zjistit úroveň znečištění suspendovanými částicemi a identifikovat jejich potenciální zdroje.

V lokalitě byl v blízkosti místního fotbalového hřiště umístěn na dobu přibližně 6 týdnů měřicí vůz Českého hydrometeorologického ústavu, který kontinuálně monitoroval jak koncentrace vybraných znečišťujících látek, tak hodnoty meteorologických parametrů, jako jsou teplota vzduchu nebo rychlost a směr větru, které jsou klíčové při hodnocení faktorů ovlivňujících aktuální koncentrace znečišťujících látek.

## METEOROLOGICKÉ A ROZPTYLOVÉ PODMÍNKY

Kvalitu ovzduší, mimo vlastní zdroje znečišťování ovzduší, výrazně ovlivňují i meteorologické podmínky. Obecně lze říci, že nejvyšší koncentrace znečišťujících látek v ovzduší bývají pozorovány v zimě, naopak nejnižší v létě. Výjimkou jsou koncentrace přízemního ozonu, kde je tomu přesně naopak v důsledku principu vzniku tohoto sekundárního polutantu fotochemickými reakcemi.

Důvodů pro vysoké koncentrace většiny znečišťujících látek v zimním období je více. S nízkými teplotami je spojeno vytápění domácností tuhými palivy, a právě lokální vytápění se dle emisní bilance 2021 podílí na emisích PM<sub>10</sub> (70,0 %) i PM<sub>2,5</sub> (83,7 %) nejvýrazněji.

Velmi významnou roli, často dokonce dominantní, v kvalitě ovzduší hrají také rozptylové podmínky – především pak směr a rychlost větru a teplotní zvrstvení atmosféry. Při nízkých rychlostech větru je výrazně omezeno promíchávání vzduchu a dochází tedy ke kumulaci znečišťujících látek v místě zdroje. Negativní vliv mají také zimní teplotní inverze. Inverzní situace je synoptická situace, při níž teplota vzduchu s rostoucí nadmořskou výškou vzrůstá. Má tedy opačný průběh než obvyklý, kdy teplota s rostoucí nadmořskou výškou klesá. Inverzní vrstva v atmosféře zabraňuje promíchávání vzduchu a vede tedy k hromadění vodní páry (tvorba mlh a nízké inverzní oblačnosti) i znečištění vzduchu pod vrstvou inverze.

Je důležité zmínit, že zhoršené rozptylové podmínky nemusí znamenat vysoké koncentrace znečišťujících látek v ovzduší, ale naopak situace s vysokými koncentracemi polutantů nastávají takřka ve všech případech za nepříznivých rozptylových podmínek.

Na základě směru větru se znečišťující látky v ovzduší pohybují do okolních oblastí, často stovky kilometrů a hovoříme o tzv. dálkovém transportu, který může být i přeshraniční.

Kvalitu ovzduší ovlivňují také srážky, ať už dešťové či sněhové, které mají pozitivní vliv a snižují koncentrace znečišťujících látek v ovzduší prostřednictvím mokré depozice.

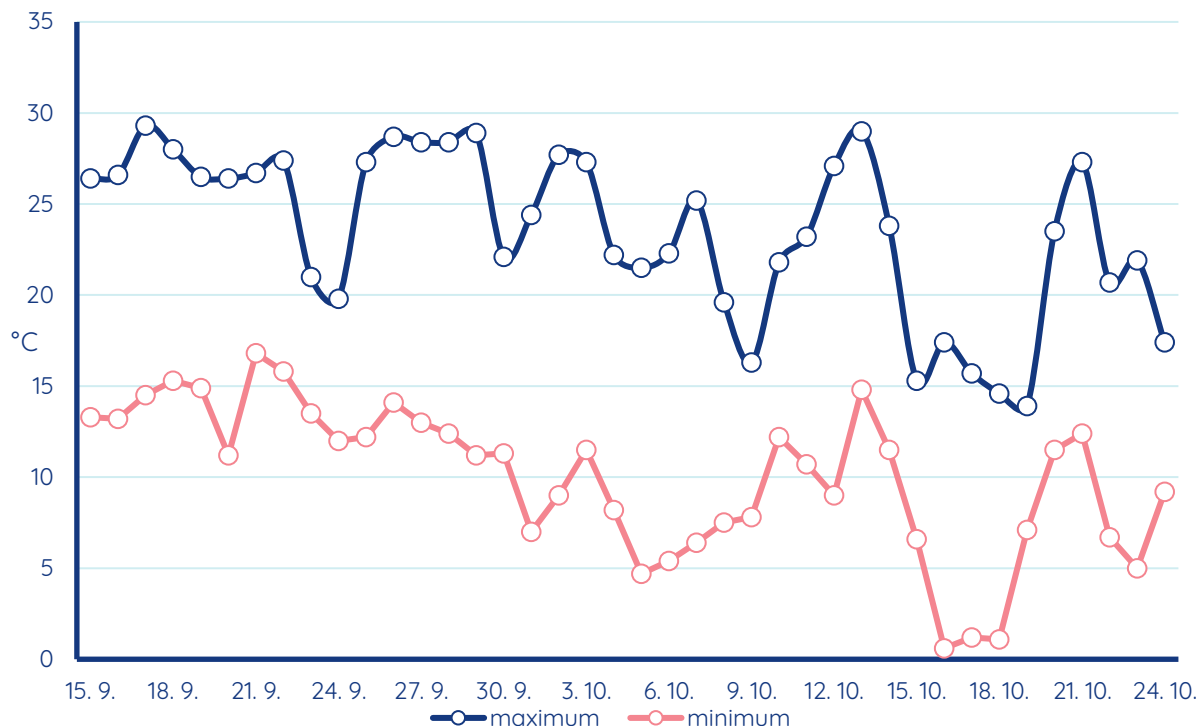
## TEPLOTA VZDUCHU

Během celé kampaně byla monitorována teplota vzduchu ve 2 metrech v desetiminutových intervalech přímo měřicím vozem.

Graf níže ukazuje průměrnou, maximální a minimální denní teplotu vzduchu za celou dobu měřicí kampaně.



Obrázek 1 – průměrná denní teplota vzduchu ve 2 metrech v jednotlivé dny měření



Obrázek 2 – maximální a minimální denní teplota vzduchu ve 2 metrech v jednotlivé dny měření

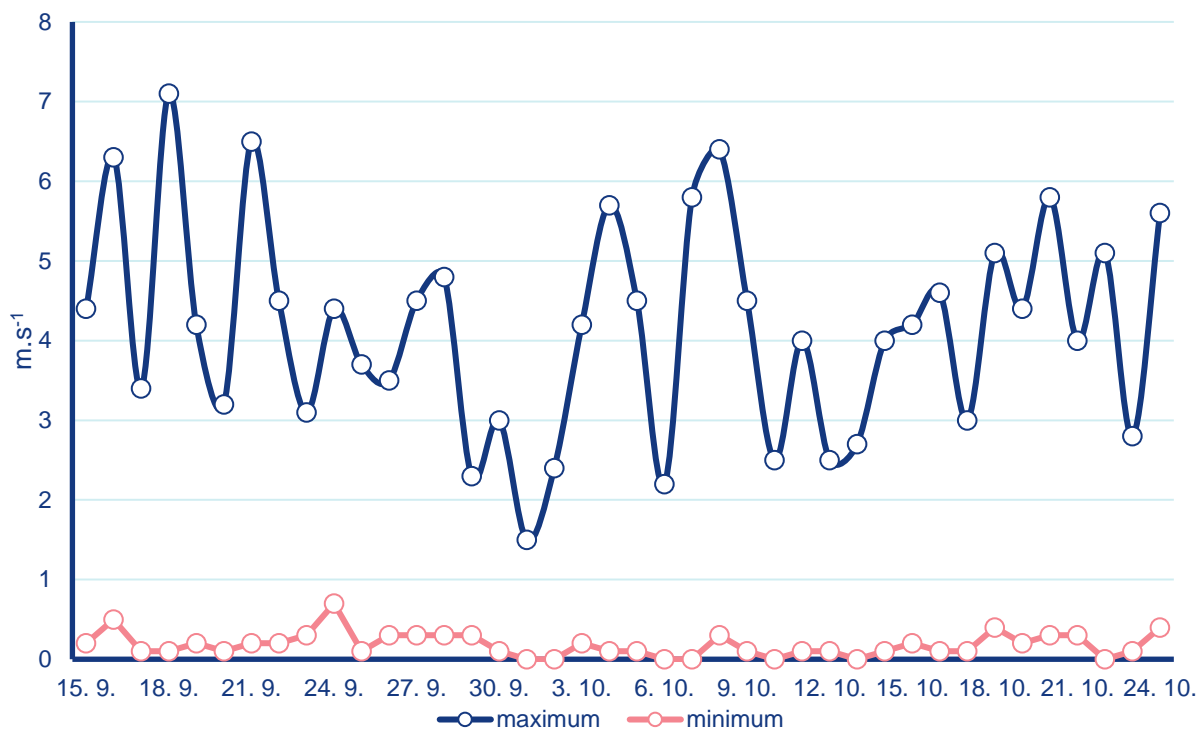
Graf průměrných denních teplot ukazuje, že se tyto průměry pohybovaly v intervalu přibližně od 7 do 22,5 °C. Chladnější byly zejména tři dny na začátku druhé poloviny října, kdy minimální teploty vzduchu klesaly až k bodu mrazu.

Celkově nejvyšší naměřená teplota vzduchu byla 29,3 °C, naopak minimální 0,6 °C. S ohledem na průměrné denní teploty lze očekávat, že v první polovině měřicí kampaně by nemělo mít vytápění na kvalitu ovzduší vliv, v druhé polovině si již mohly některé domácnosti přitápět, ale teploty byly po většinu dní spíše vyšší a vliv vytápění by neměl být příliš výrazný. Každý den měřicí kampaně se maximální denní teplota vyšplhala minimálně na 14 °C.

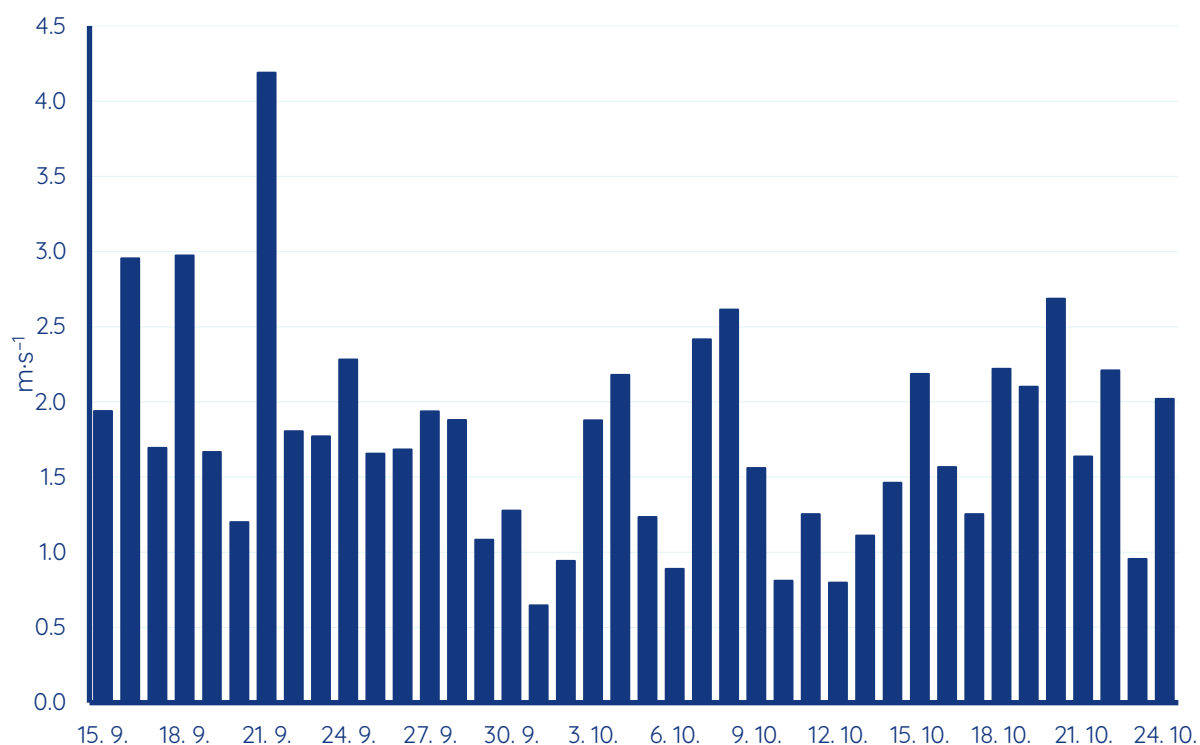
## RYCHLOST VĚTRU

Velmi důležitým parametrem při hodnocení kvality ovzduší je rychlost větru. Ta byla, stejně jako v případě teploty vzduchu, monitorována v desetiminutových intervalech přímo měřicím vozem skrze stožár ve výšce přibližně 7 metrů nad zemí.

Graf níže ukazuje průměrnou, maximální a minimální denní rychlost větru za celou dobu měřicí kampaně.



Obrázek 3 - maximální a minimální rychlost větru v jednotlivé dny měření

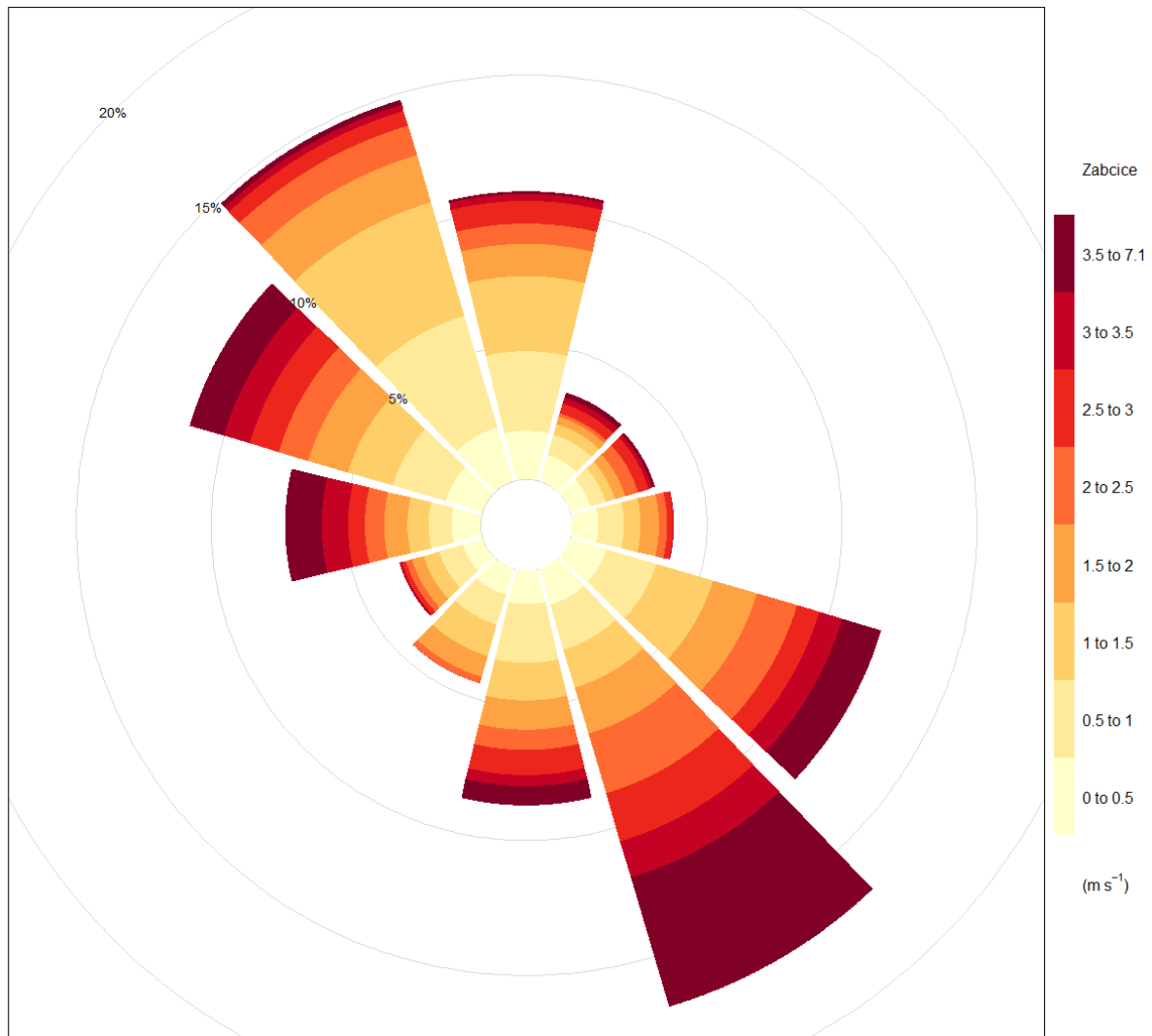


Obrázek 4 - průměrná rychlost větru v jednotlivé dny měření

## SMĚR VĚTRU

Směr větru vyjadřujeme skrze tzv. větrné růžice. Následující růžice ukazuje četnost jednotlivých směrů větru za celou měřicí kampaň s vyjádřením rychlostí větru v jednotlivých směrech.

Z větrné růžice níže je patrné, že dominantní byl směr jihovýchodní, významnější byl také směr severozápadní.



Obrázek 5 – četnost jednotlivých směrů větru a rychlosti v příslušných směrech za celou měřicí kampaň.

# SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE

## ZÁKLADNÍ POPIS

Suspendované částice (particulate matter, PM, někdy též označované jako prachové částice či aerosoly) představují komplexní, různorodou směs extrémně malých pevných částic a kapiček v ovzduší, a to organické i anorganické povahy. Základní dělení PM je založeno na jejich aerodynamickém průměru. Právě jejich velikost je totiž klíčová pro dopady na lidské zdraví (Kim, 2015). Rozlišujeme částice frakce PM<sub>10</sub>, což značí soubor suspendovaných částic s maximálním aerodynamickým průměrem 10 μm, dále PM<sub>2,5</sub> značící soubor částic s maximálním aerodynamickým průměrem 2,5 μm. Čím menší je velikost částic, tím snadněji a hlouběji pronikají do dýchacího systému. Ultrajemné částice (< 0,1 μm) se mohou dostat dokonce až do krevního oběhu.

Částice PM samy o sobě mohou působit dráždivě. Zároveň však na ně mohou být navázány různé další zdraví škodlivé látky, jako například těžké kovy či polyaromatické uhlovodíky. Kromě velikosti tedy hraje roli také jejich morfologie a chemické složení. Neexistuje bezpečná spodní hranice koncentrace a negativní zdravotní účinky mohou být zaznamenány i při velmi nízkých koncentracích. Dlouhodobá expozice může vést k vyšší úmrtnosti na choroby srdečně-cévní a respirační, rakovině plic, výskytu symptomů chronického zánětu průdušek a snížení plicních funkcí u dětí i dospělých (Trasande, 2016). Krátkodobá expozice zvýšeným koncentracím aerosolových částic se podílí na nárůstu celkové nemocnosti i úmrtnosti, zejména na onemocnění srdečně-cévní a dýchací a na zvýšení počtu osob hospitalizovaných pro tato onemocnění, zvýšení kojenecké úmrtnosti, zvýšení výskytu respiračních symptomů jako je kašel a ztížené dýchání – zejména u astmatiků a na změnách plicních funkcí při spirometrickém vyšetření. Dlouhodobá expozice ovzduší znečištěnému aerosolem má za následek vyšší úmrtnost na choroby srdečně-cévní a respirační, včetně rakoviny plic a s tím související zkrácení délky života, zvýšení nemocnosti na onemocnění dýchacího ústrojí a výskytu symptomů chronického zánětu průdušek a snížení plicních funkcí u dětí i dospělých. Přibývá důkazů o vlivu expozice částicím na vznik diabetu II. typu, na neurologický vývoj u dětí a neurologické poruchy u dospělých.

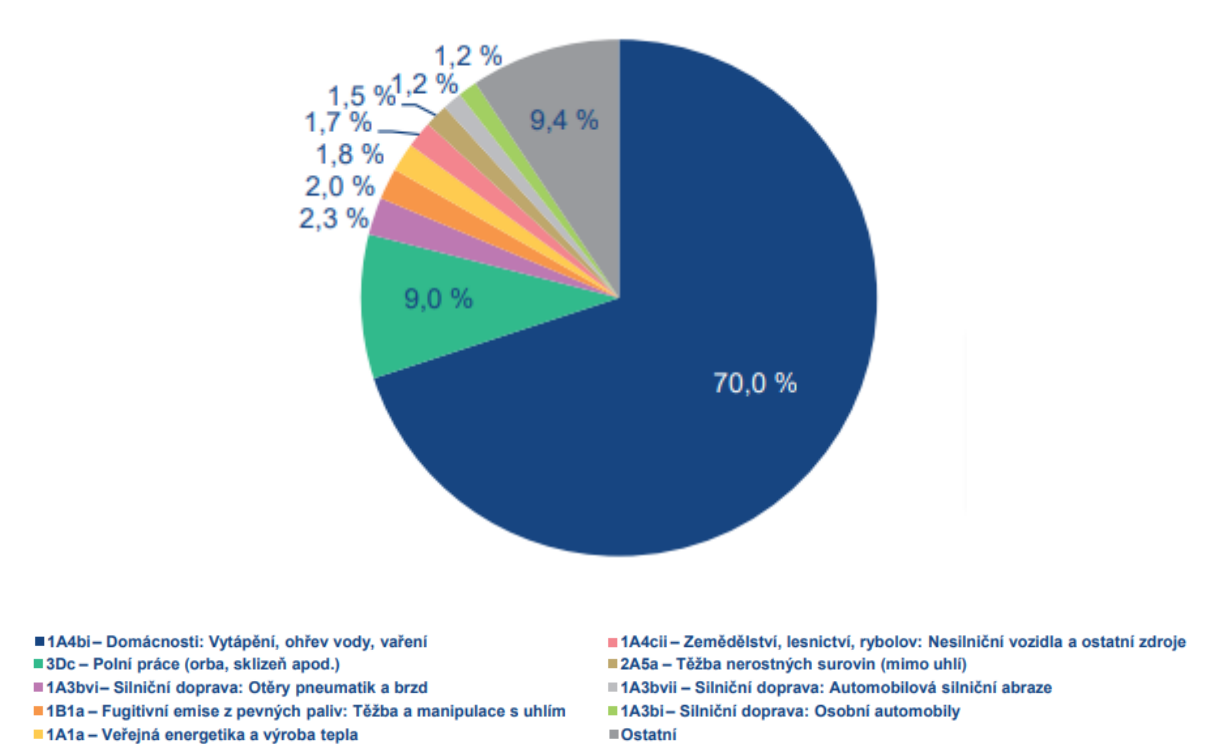
Zdrojem suspendovaných částic v ovzduší jsou jak přírodní procesy, tak antropogenní činnost. Z přirozených procesů je to například větrná eroze nebo vulkanická činnost. Z lidských zdrojů je to celá řada technologických procesů, spalování odpadu v domácnostech, doprava atd. (Vierkötter, 2017). Nezanedbatelným zdrojem suspendovaných částic je i víření prachu, tzv. resuspenze (Hetem, 2016). Částice deponované na povrchu vozovky se turbulentním prouděním, vyvolaném například projíždějícím vozidlem, dostávají zpět do ovzduší. V principu podobný proces se děje i na chodnicích, střeších budov, okenních parapetech, ale i ve vnitřních prostorách budov, kde k víření prachu dochází chůzí (Wang, 2021).

Koncentrace suspendovaných částic v ovzduší se stanovuje pomocí automatických  $\beta$ -prachoměrů, pomocí optických analyzátorů či gravimetricky. V případě měření pomocí  $\beta$ -prachoměrů jsou prашné aerosolové částice zachytávány pomocí podtlaku na filtrační pásku ze skelného vlákna, která se automaticky odvíjí mezi  $\beta$ -zářičem a Geiger-Müllerovým počítačem. Metoda je tedy založena na absorpci beta záření ve vzorku zachyceném na filtračním materiálu. Z rozdílu absorpce beta záření mezi exponovaným a neexponovaným filtračním materiálem, který je úměrný hmotnosti zachyceného prашného aerosolu, je odvozen údaj o jeho koncentraci. Analýza vzorku probíhá automaticky, což je velkou výhodou. U metody optického aerosolového spektrometru se určuje velikost částic prostřednictvím rozptýleného světla podle Lorenz-Mieovy metody. Hodnota koncentrace částic je dedukována z počtu impulzů rozptýleného světla. Amplituda (výška) impulzu rozptýleného světla je měřítkem pro stanovení průměru částic. V případě gravimetrie jsou aerosolové částice zachytávány filtrací venkovního ovzduší konstantní rychlostí na příslušný filtr. Celková hmotnost aerosolových částic zachycených na filtru ( $\mu\text{g}$ ) je rovna rozdílu hmotnosti filtru po a před expozicí. Tato metoda je velmi přesná, její nevýhodou je ovšem nemožnost sledování koncentrací v reálném čase.

## SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE $\text{PM}_{10}$

Suspendované částice  $\text{PM}_{10}$  jsou částice o aerodynamickém průměru do 10  $\mu\text{m}$ . Často vznikají mechanicky, například erozí půdy, při sopečných výbuších, zemědělských či stavebních pracích, ale také během spalovacích procesů při nedokonalém spalování. Hlavním zdrojem suspendovaných částic  $\text{PM}_{10}$  v České republice bylo v roce 2021 (nejnovější data) lokální vytápění domácností, které přispívalo k celkovým emisím  $\text{PM}_{10}$

z téměř tří čtvrtin (70,0 %). Dalšími významnými zdroji byly polní práce (9,0 %) a silniční doprava (otěry pneumatik a brzd) (2,3 %).



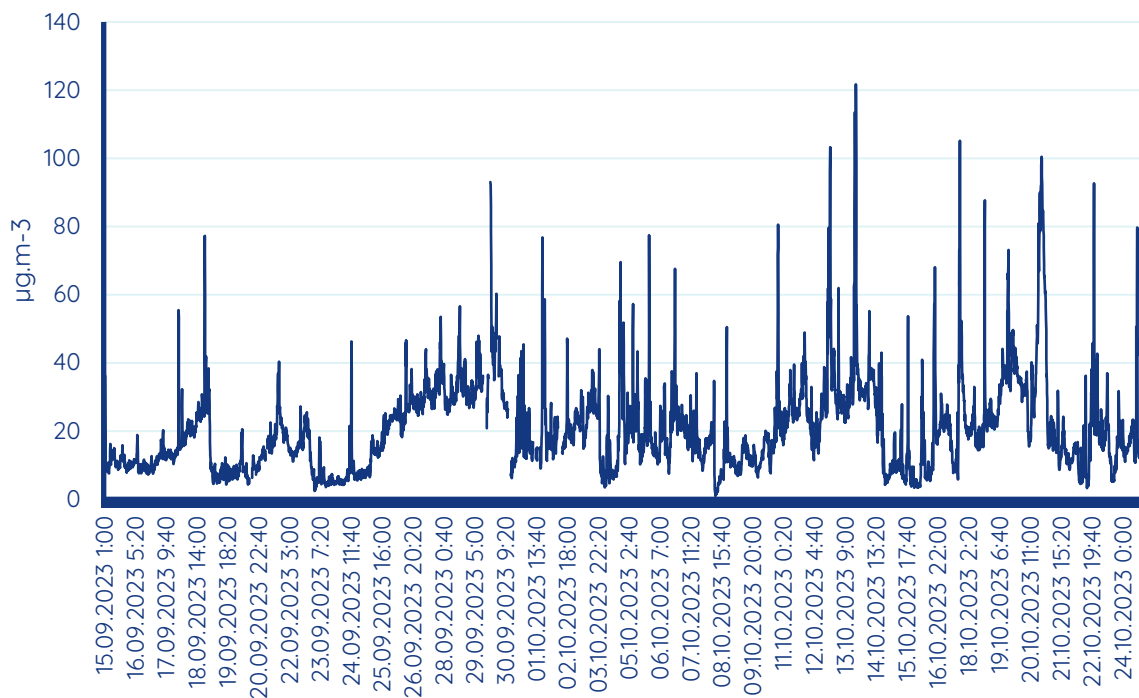
Obrázek 6 - podíl sektorů NFR na celkových emisích PM<sub>10</sub>, 2021, Česká republika.

Pro koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> platí dle zákona o ochraně ovzduší v České republice dva imisní limity, a to pro 24h průměrnou koncentraci a roční průměrnou koncentraci.

Tabulka 1 - platné imisní limity pro suspendované částice PM<sub>10</sub> v České republice

Perioda	imisní limit
24h průměrná koncentrace	50 µg/m <sup>3</sup> max. 35 překročení / rok
roční průměrná koncentrace	40 µg/m <sup>3</sup>

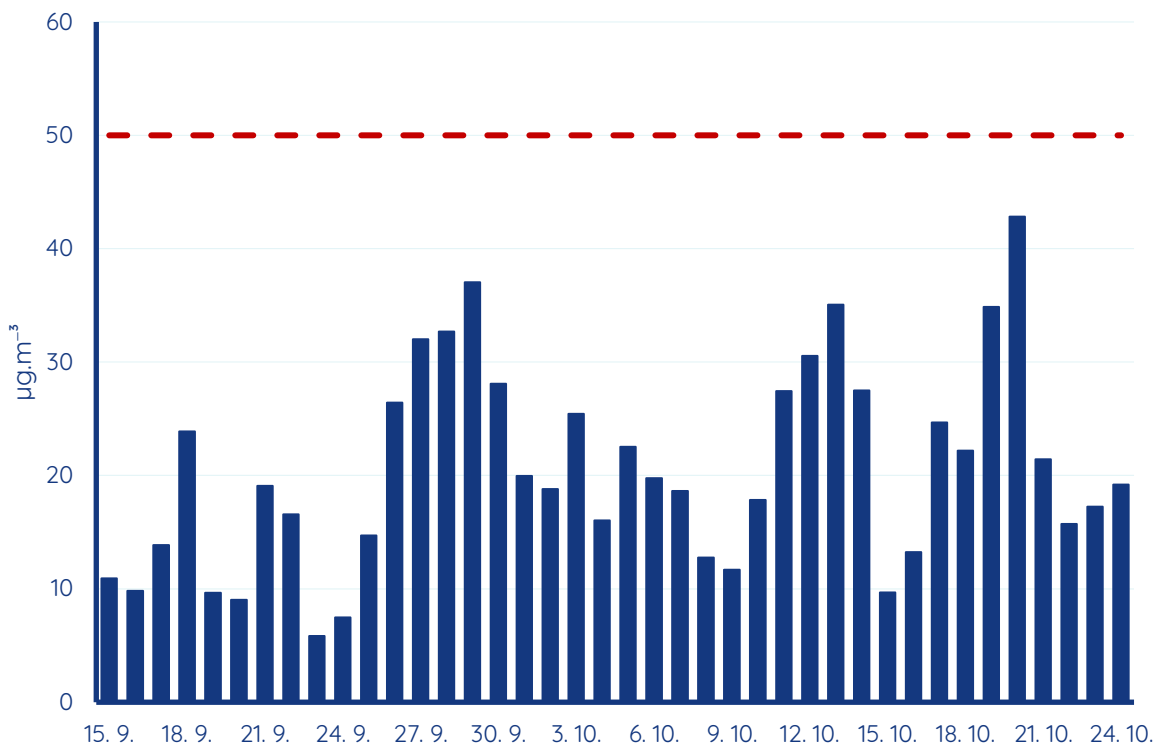
Celkový průběh desetiminutových koncentrací částic PM<sub>10</sub> ukazuje následující graf.



Obrázek 7 – kompletní datová řada desetiminutových koncentrací částic  $PM_{10}$  za celou dobu měřicí kampaně od 15. září do 24. října.

Maximální naměřená desetiminutová koncentrace částic  $PM_{10}$  byla  $121,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (13. 10. 2023, 19:30 SELČ). Maximální průměrná hodinová koncentrace částic  $PM_{10}$  měla hodnotu  $92,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (20. 10. 2023, 21 h).

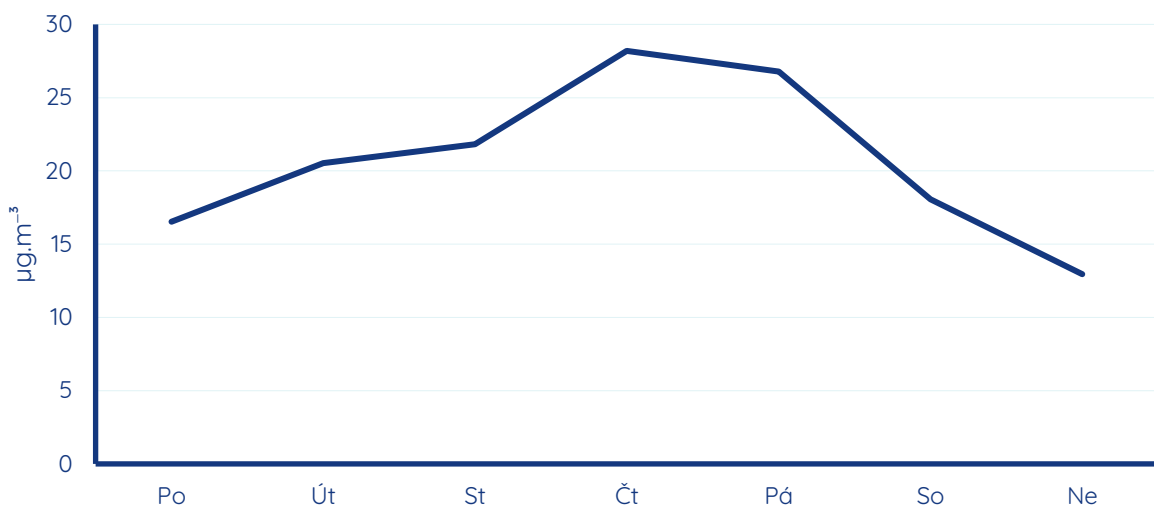
Průměrné denní koncentrace částic  $PM_{10}$  se v průběhu měřicí kampaně pohybovaly od  $5,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  do  $42,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Z výše uvedeného plyne, že k překročení 24h imisního limitu pro ochranu zdraví pro částice  $PM_{10}$  nedošlo ani jednou ( $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).



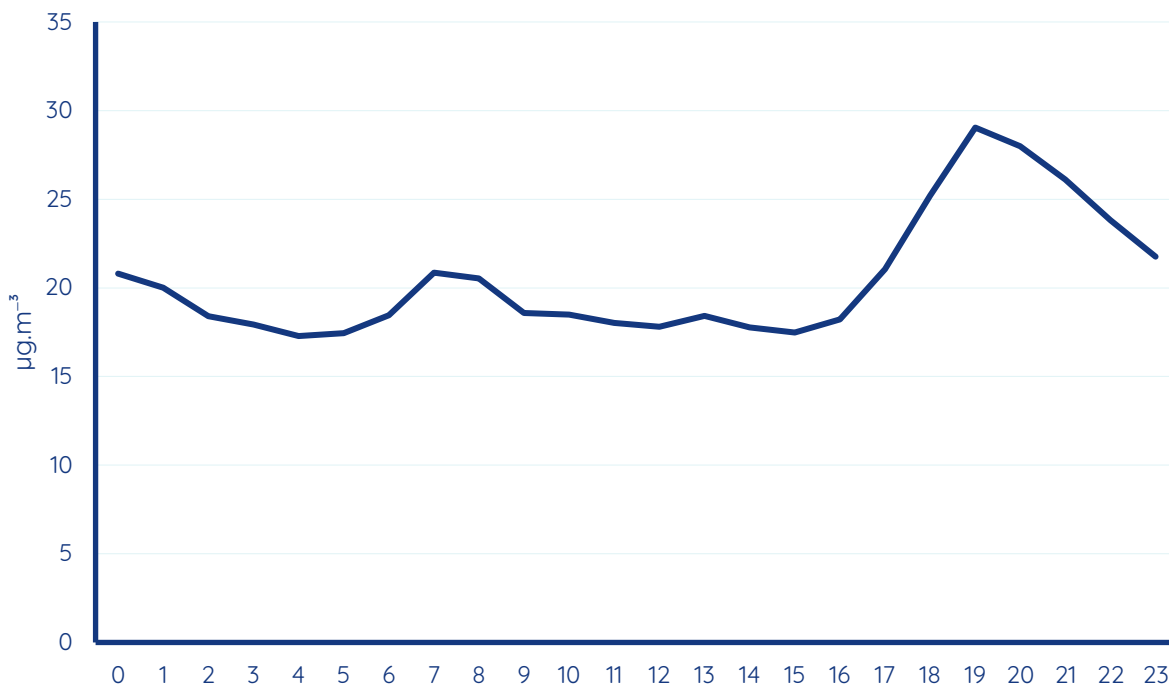
Obrázek 8 – průměrné denní koncentrace částic PM<sub>10</sub>. Hodnota 24h imisního limitu je zobrazena červenou přerušovanou čarou.

Graf průměrných denních koncentrací částic PM<sub>10</sub> mj. také ukazuje, že ani jednou nedošlo k překročení hodnoty imisního limitu pro ochranu zdraví pro částice PM<sub>10</sub> (50 µg·m<sup>-3</sup>).

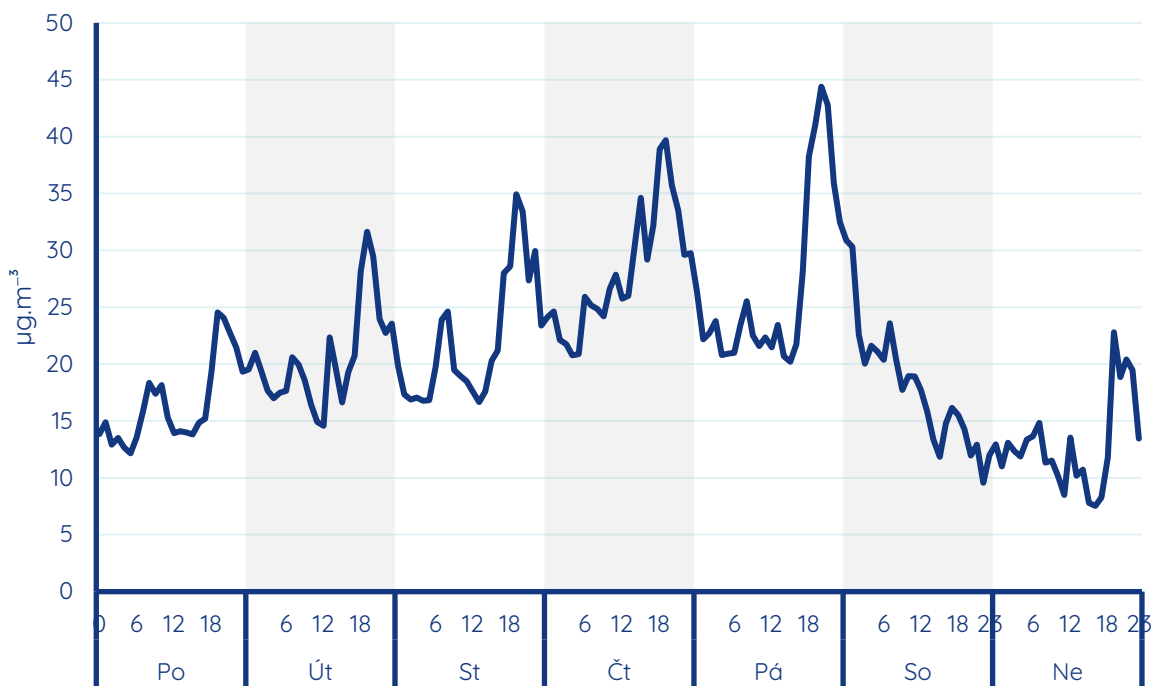
V kontextu identifikace potenciálních zdrojů znečišťování jsou zajímavé také grafy průměrné koncentrace v jednotlivé dny týdne a hodiny dne. To ukazují grafy níže.



Obrázek 9 – průměrné koncentrace částic PM<sub>10</sub> v jednotlivé dny v týdnu.



Obrázek 10 – průměrné koncentrace částic PM<sub>10</sub> v jednotlivé hodiny dne (občanského času).

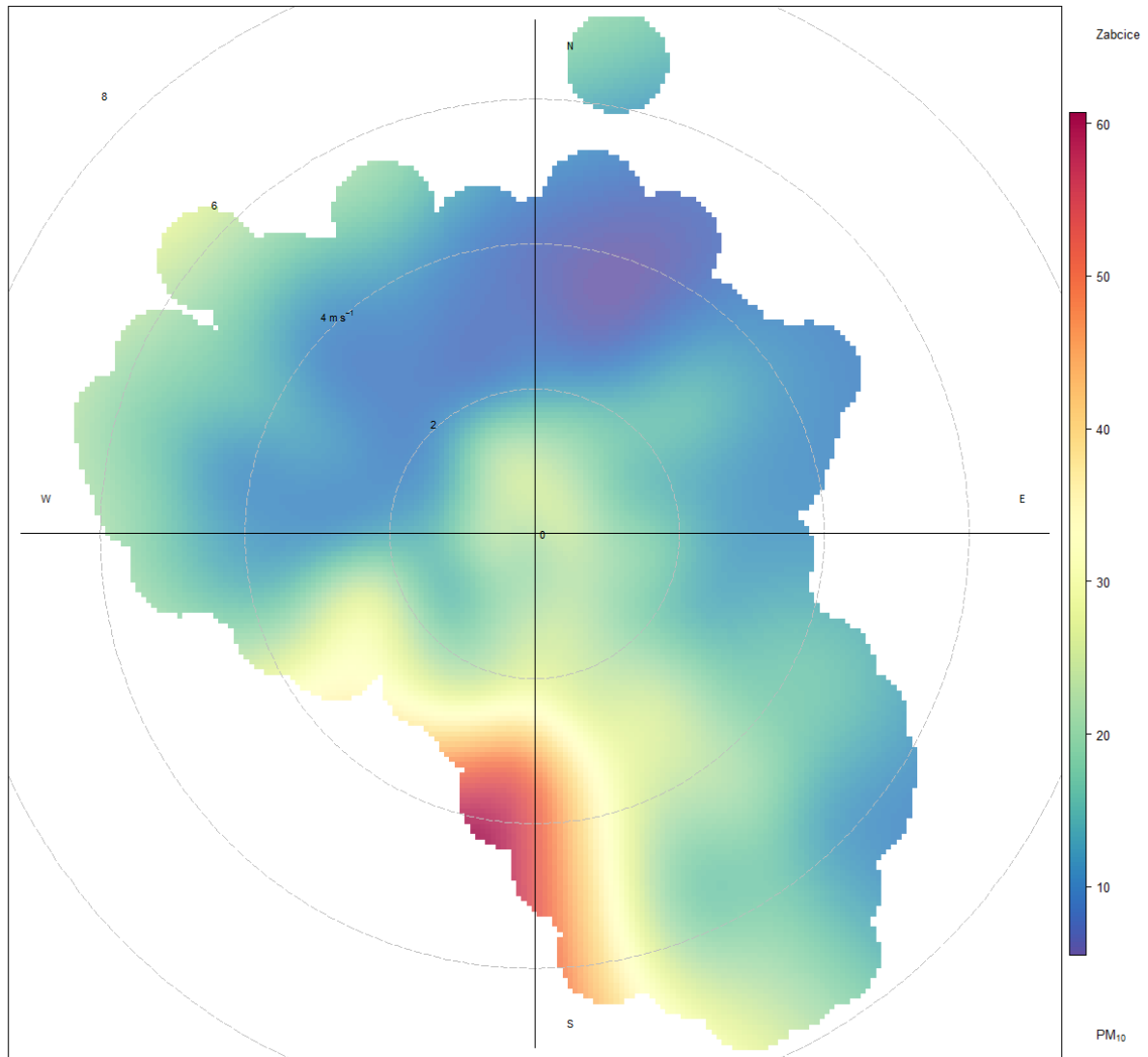


Obrázek 11 – průměrné koncentrace částic PM<sub>10</sub> v jednotlivé dny týdne a hodiny dne.

Na grafu týdenního průběhu koncentrací PM<sub>10</sub> je vidět rozdíl mezi pracovními dny a víkendy, zejména mezi pátkem a sobotou. Zde se může do určité míry projevit i vliv dopravy, příp. zemědělské činnosti v okolí.

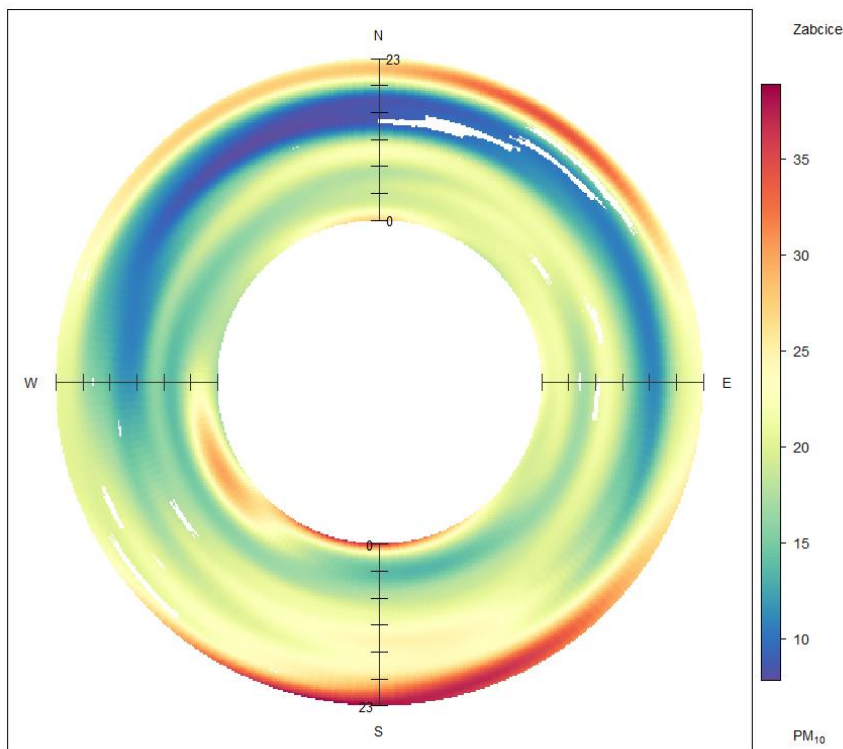
Vztah mezi směrem a rychlostí větru a koncentracemi znečišťujících látek je velmi důležitý při hledání příčin znečištění. Tento vztah lze vyjádřit tzv. koncentračními růžicemi.

Koncentrační růžice níže ukazuje vztah mezi koncentracemi částic  $PM_{10}$  a směrem a rychlostí větru po celou dobu měřicí kampaně.



Obrázek 12 – koncentrační růžice vyjadřující vztah mezi koncentracemi částic  $PM_{10}$  a směrem a rychlostí větru po celou dobu měřicí kampaně.

Anulární koncentrační růžice níže vyjadřuje vztah mezi koncentracemi částic  $PM_{10}$ , směrem větru a hodinou dne.

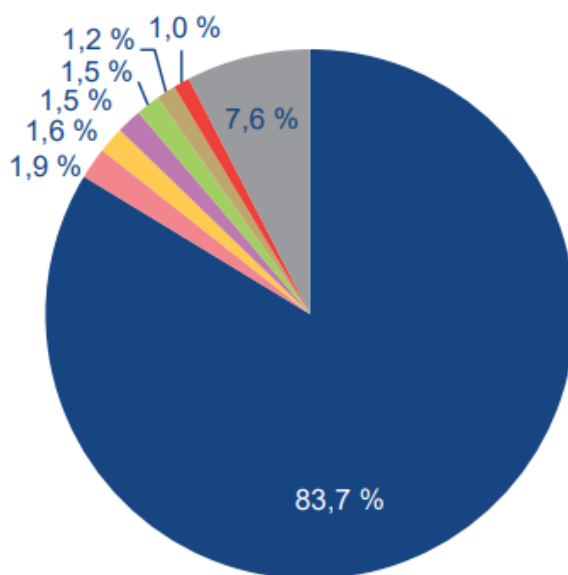


Obrázek 13 – anulární koncentrační růžice vyjadřující vztah mezi koncentracemi částic  $PM_{10}$ , směrem větru a hodinou dne.

## SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE $PM_{2,5}$

Suspendované částice  $PM_{2,5}$  představují chemicky různorodou směs organických a anorganických částic, jejichž společným znakem je aerodynamický průměr do  $2,5 \mu m$ . Jedná se tedy o částice menší, a tedy zdravotně potenciálně rizikovější, jelikož pronikají hlouběji do dýchacího systému, stejně jako částice  $PM_{10}$ , kde mohou působit zánětlivě a zhoršovat tak průběh kardiovaskulárních a plicních onemocnění (Wang, 2021). Navíc vzhledem ke své nižší váze mohou v ovzduší setrávat déle, či se snadněji šířit na větší vzdálenosti. Zdrojem částic této frakce jsou velmi často spalovací procesy.

Více než 80 % emisí  $PM_{2,5}$  v České republice pochází z lokálního vytápění domácností. Dalšími významnými, avšak řádově méně zastoupenými kategoriemi zdrojů jsou zemědělství, lesnictví, rybolov: nesilniční vozidla a ostatní zdroje (1,9 %) a veřejná energetika a výroba tepla (1,6 %). Tato čísla jsou platná pro Českou republiku jako celek, v dílčích oblastech, například ve městech, bude toto zastoupení odlišné. Lokální vytápění domácností je problémem zejména v menších obcích, naopak automobilová doprava mívá výraznější zastoupení ve městech.



- 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření
- 1A4cii – Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní zdroje
- 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla
- 1A3bvi – Silniční doprava: Otěry pneumatik a brzd
- 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily
- 2G – Ostatní zdroje
- 5C2 – Spalování rostlinného materiálu
- Ostatní

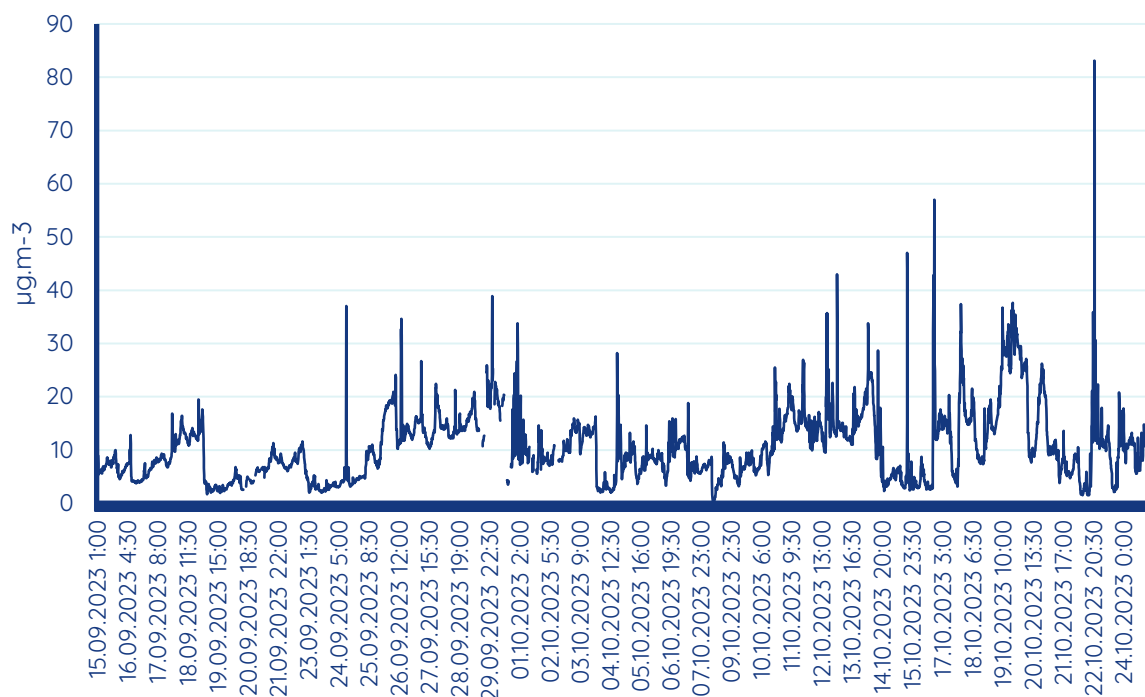
Obrázek 14 - podíl sektorů NFR na celkových emisích PM<sub>2,5</sub>, 2021, Česká republika.

V zákoně o ochraně ovzduší je pro částice velikostní frakce PM<sub>2,5</sub> stanoven imisní limit pouze pro roční průměrnou hodnotu. Ten měl do roku 2019 hodnotu 25 µg.m<sup>-3</sup>, od roku 2020 se snížil na 20 µg.m<sup>-3</sup>.

Tabulka 2 - platné imisní limity pro suspendované částice PM<sub>2,5</sub> v České republice

Perioda	imisní limit
roční průměrná koncentrace	20 µg.m <sup>-3</sup>

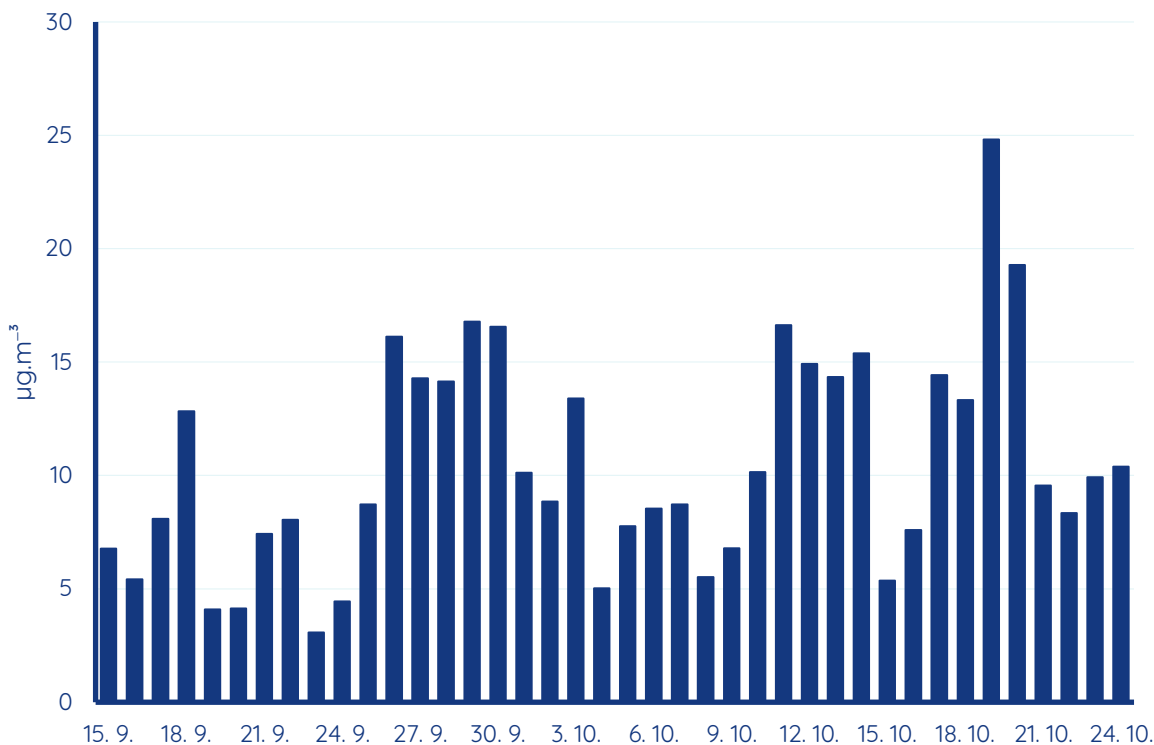
Celkový průběh desetiminutových koncentrací částic PM<sub>2,5</sub> ukazuje následující graf.



Obrázek 15 - kompletní datová řada desetiminutových koncentrací částic PM<sub>2,5</sub> za celou dobu měřicí kampaně od 15. září do 24. října.

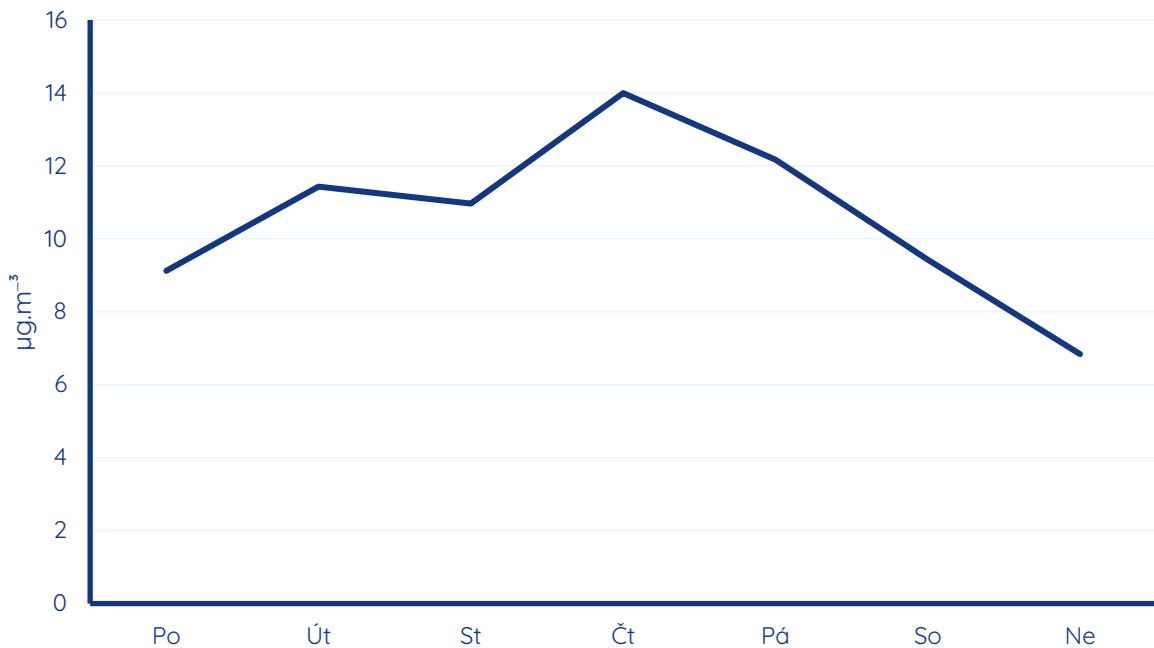
Maximální naměřená desetiminutová koncentrace částic PM<sub>2,5</sub> byla 83,1 µg·m<sup>-3</sup> (22. 10. 2023, 22:00 SELČ). Maximální průměrná hodinová koncentrace částic PM<sub>2,5</sub> měla hodnotu 38,7 µg·m<sup>-3</sup> (22. 10. 2023, 22 h).

Průměrné denní koncentrace částic PM<sub>2,5</sub> se v průběhu měřicí kampaně pohybovaly od 3,1 µg·m<sup>-3</sup> do 24,8 µg·m<sup>-3</sup>.

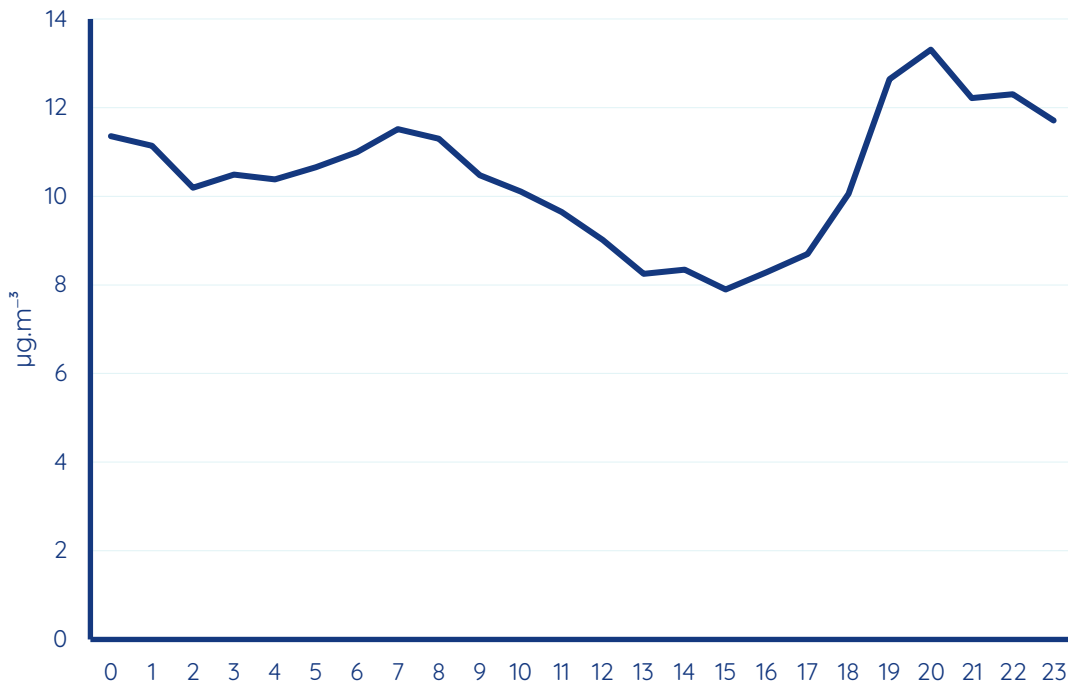


Obrázek 16 - průměrné denní koncentrace částic PM<sub>2.5</sub>.

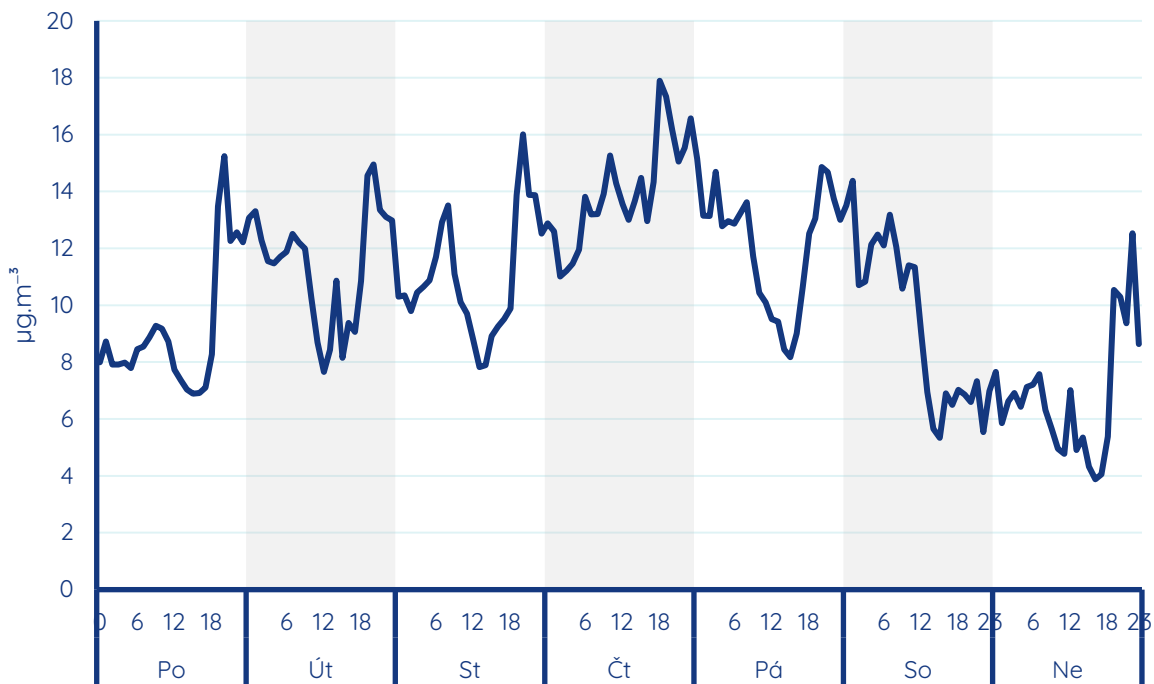
V kontextu identifikace potenciálních zdrojů znečišťování jsou zajímavé také grafy průměrné koncentrace v jednotlivé dny týdne a hodiny dne. To ukazují grafy níže.



Obrázek 17 - průměrné koncentrace částic PM<sub>2.5</sub> v jednotlivé dny v týdnu.



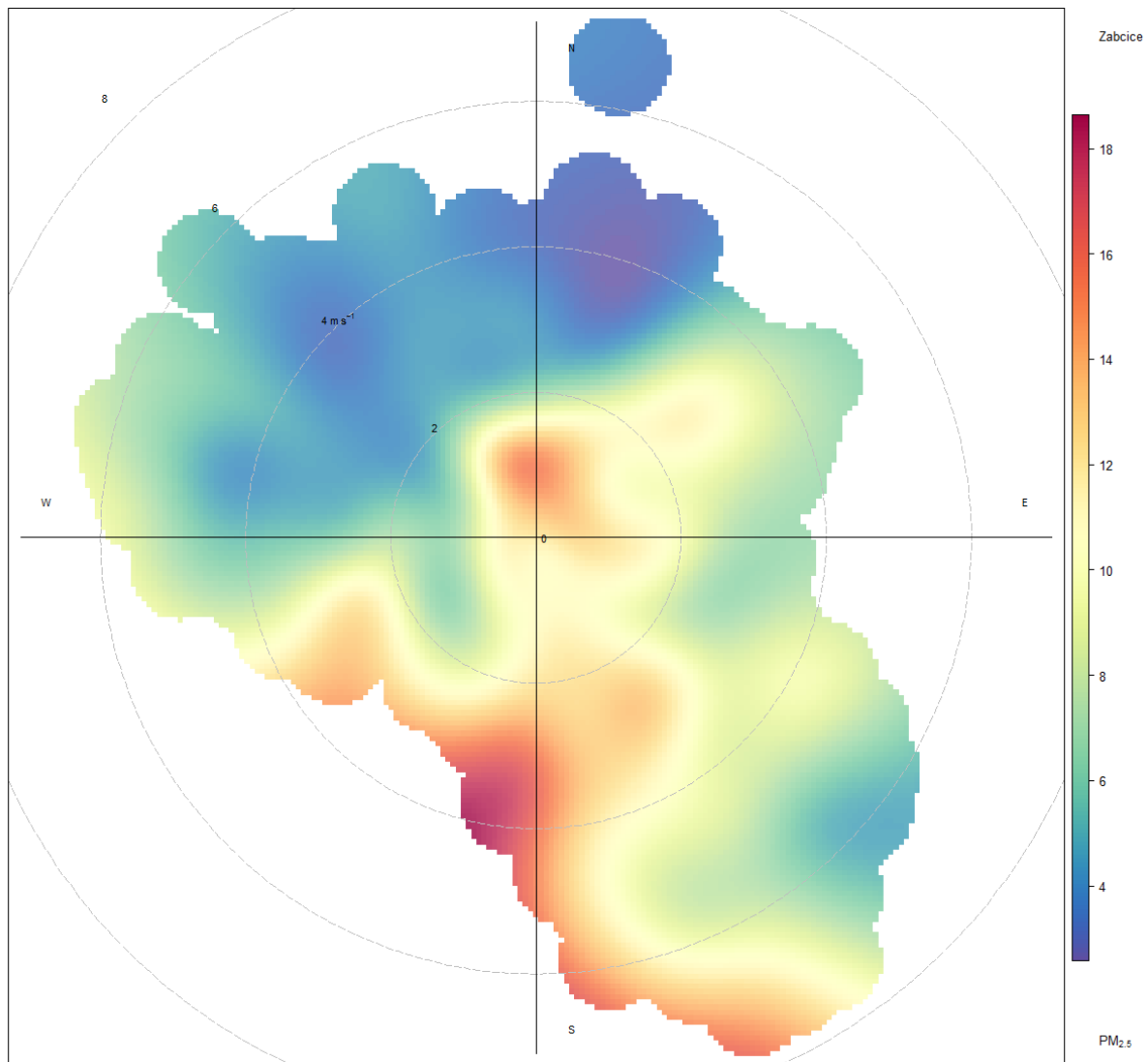
Obrázek 18 - průměrné koncentrace částic PM<sub>2,5</sub> v jednotlivé hodiny dne (občanského času).



Obrázek 19 - průměrné koncentrace částic PM<sub>2,5</sub> v jednotlivé dny týdne a hodiny dne.

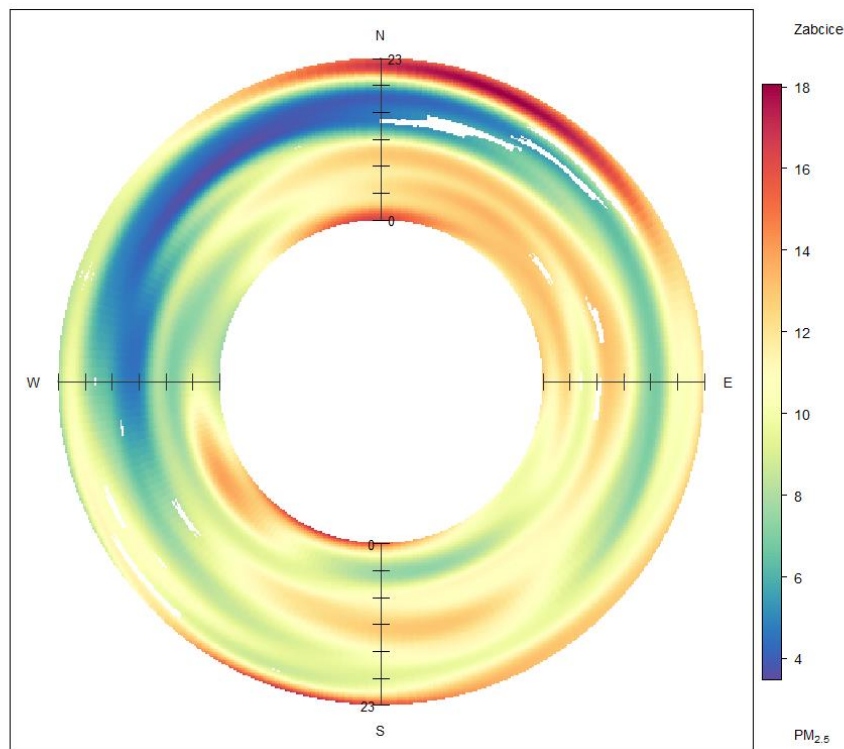
Vztah mezi směrem a rychlostí větru a koncentracemi znečišťujících látek je velmi důležitý při hledání příčin znečištění. Tento vztah lze vyjádřit tzv. koncentračními růžicemi.

Koncentrační růžice níže ukazuje vztah mezi koncentracemi částic  $PM_{2.5}$  a směrem a rychlostí větru po celou dobu měřicí kampaně.



Obrázek 20 - koncentrační růžice vyjadřující vztah mezi koncentracemi částic  $PM_{2.5}$  a směrem a rychlostí větru po celou dobu měřicí kampaně.

Anulární koncentrační růžice níže vyjadřuje vztah mezi koncentracemi částic  $PM_{2.5}$ , směrem větru a hodinou dne.



Obrázek 21 - anulární koncentrační růžice vyjadřující vztah mezi koncentracemi částic  $PM_{2,5}$ , směrem větru a hodinou dne.

## ANALÝZA

V případě částic frakce  $PM_{10}$  (zahrnující i větší částice) lze očekávat možný vliv například zemědělských prací, resuspenze z polí a pískoven, ale i lokální vytápění domácností. Poslední faktor, který je v České republice hlavním zdrojem těchto částic (70 %) se projevuje zejména při nižších teplotách – potřeba vytápění dobře koreluje s teplotou vzduchu. Resuspenze je významná především při vyšších rychlostech větru, kdy je podpořen jejich rozptyl.

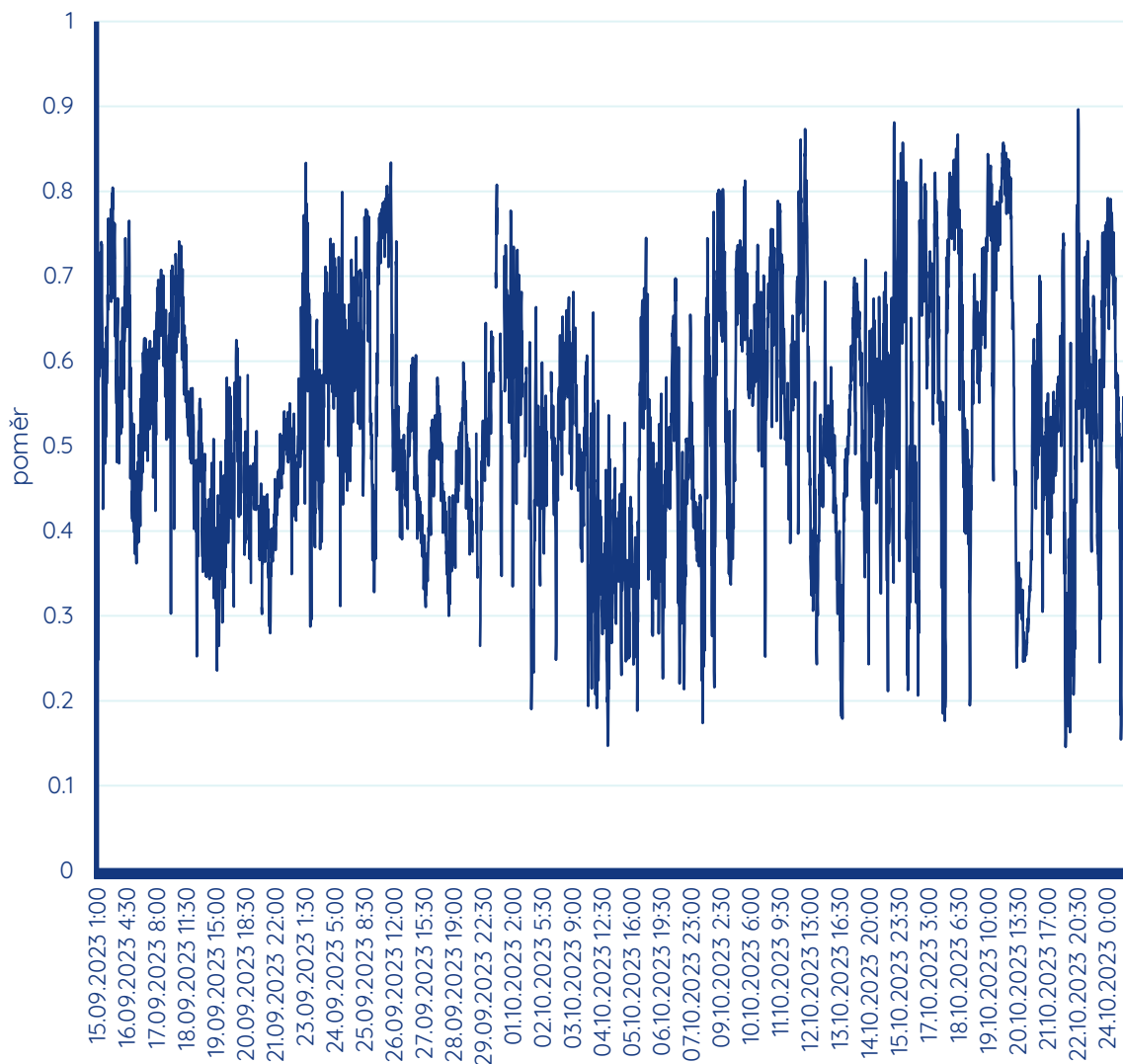
Významný je také směr větru, který napovídá, z jakého směru se znečištění do měřeného místa dostalo, což je zajímavé především při vysokých koncentracích znečišťujících látek.

V případě částic  $PM_{2,5}$  by měl být význam zemědělských prací a resuspenze výrazně menší, naopak lokální vytápění, tedy zejména vytápění ve starých kotlech na pevná paliva, je primárně zdrojem menších částic, proto bývá význam lokálního vytápění patrný zejména u frakcí zahrnujících pouze tyto menší částice (např.  $PM_{2,5}$  nebo  $PM_1$ ).

Zajímavý je tedy v tomto směru poměr částic  $PM_{2,5}/PM_{10}$ , který je jakýmsi měřítkem podílu menších a větších částic v daný moment v ovzduší. Čím je poměr vyšší, tím více dominují

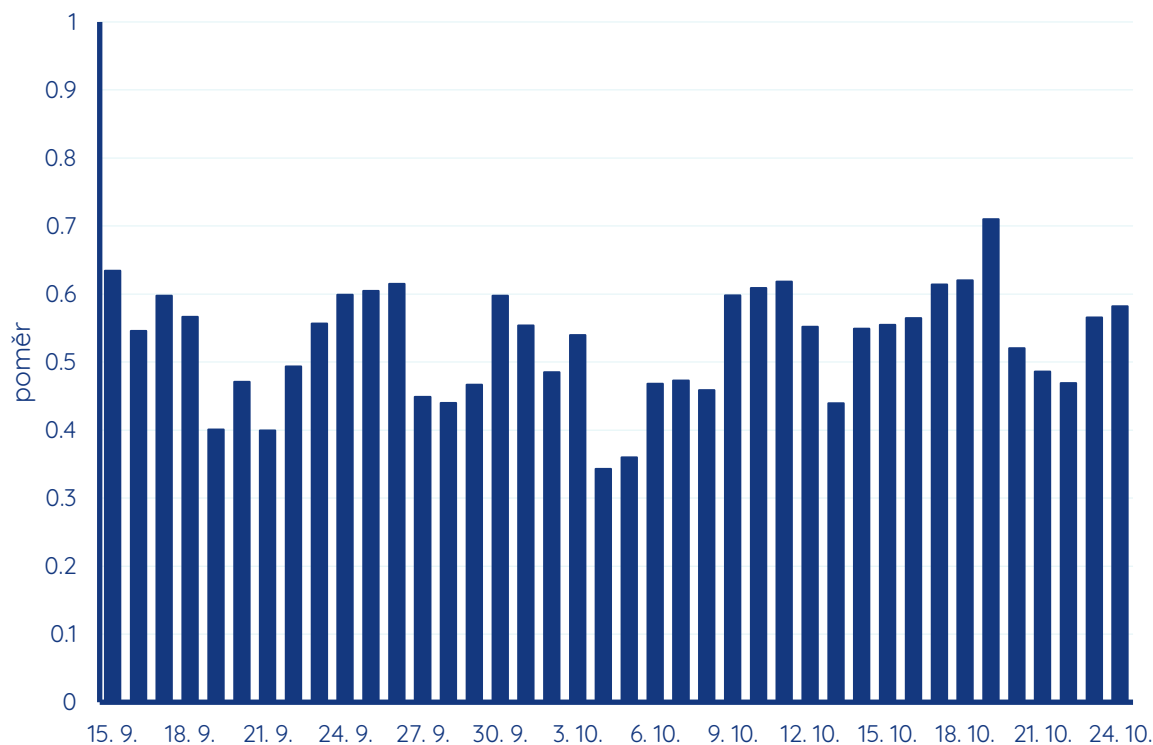
menší částice, naopak čím je poměr nižší, tím více je v ovzduší větších částic (v tomto případě částic o aerodynamickém průměru od 2,5 do 10  $\mu\text{m}$ ).

Celkový průběh desetiminutových poměrů koncentrací částic  $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{10}$  ukazuje následující graf.



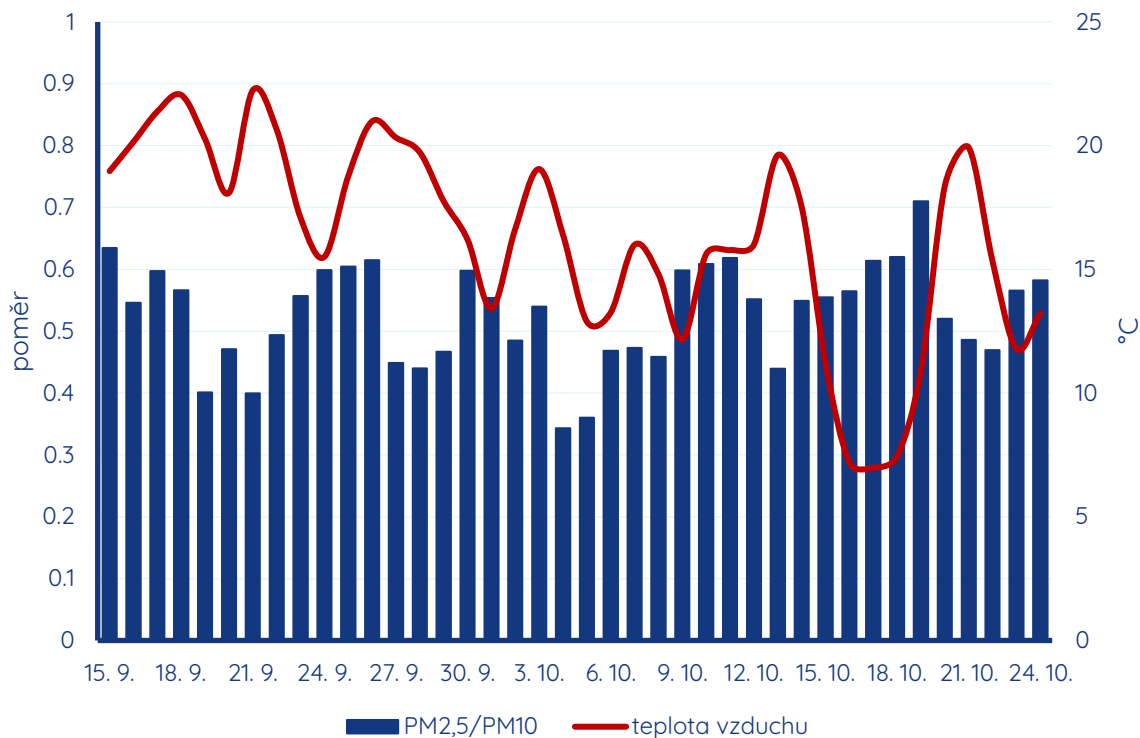
Obrázek 22 - celkový průběh desetiminutových poměrů koncentrací částic  $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{10}$ .

Následující graf ukazuje průměrný denní poměr koncentrací částic  $\text{PM}_{2,5}/\text{PM}_{10}$  za celé měřicí období.



Obrázek 23 – průměrný denní poměr koncentrací částic  $PM_{2,5}/PM_{10}$ .

Následující graf ukazuje opět průměrné denní poměry koncentrací částic  $PM_{2,5}/PM_{10}$ , tentokrát však navíc proložené křivkou průměrné denní teploty vzduchu.

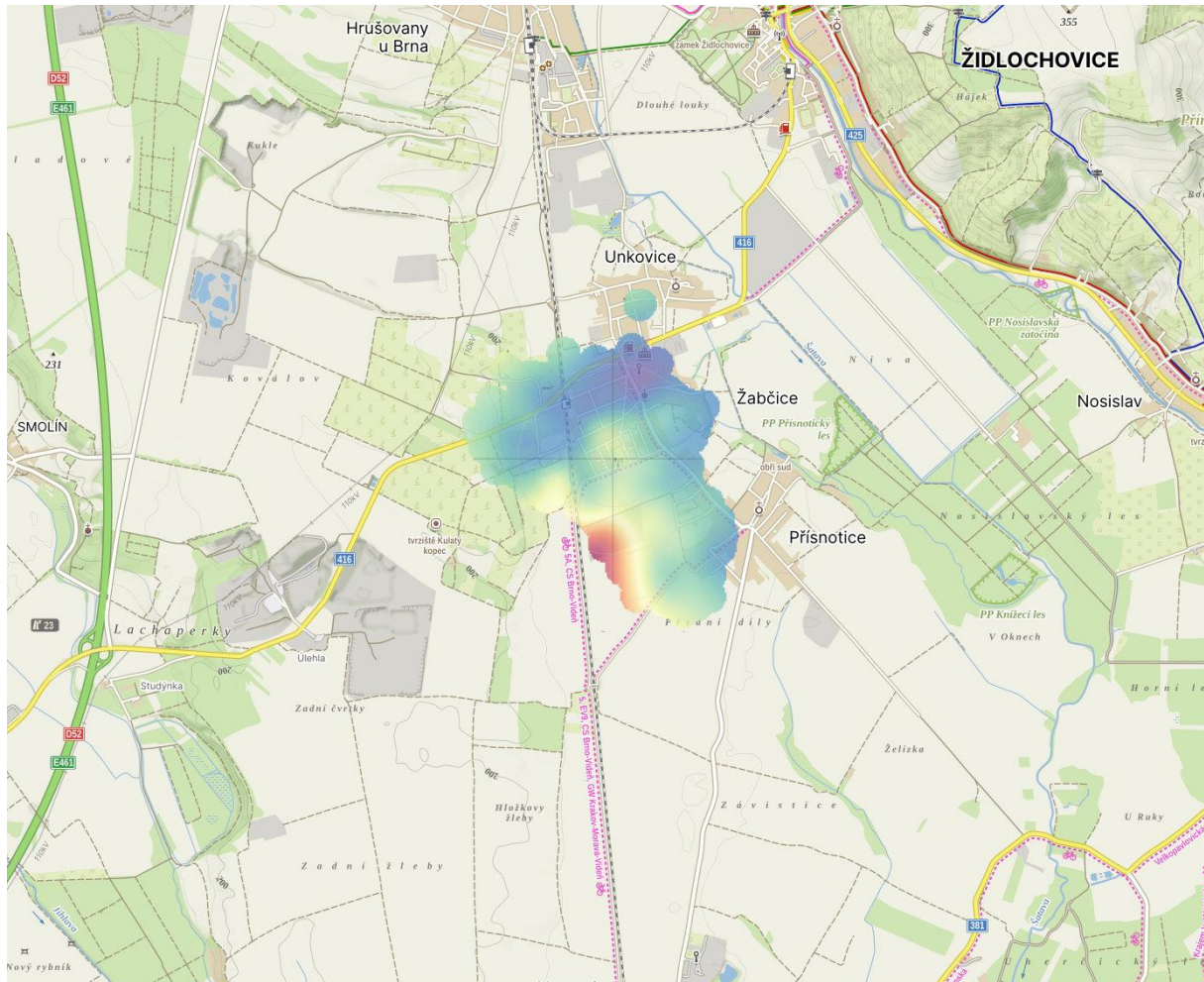


Obrázek 24 - průměrný denní poměr koncentrací částic PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> proložený křivkou průměrné denní teploty vzduchu.

Graf velmi dobře potvrzuje teoretickou hypotézu formulovanou výše. Nejvyšší byl poměr PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> 19. 10. 2023. Toto byl poslední den z jediné výrazněji chladnější epizody v průběhu měření, která trvala od 15. do 19. 10. Lze předpokládat, že několik dní po sobě způsobilo postupné prochlazení stěn domů, a tedy zvyšující se potřebu vytápět. To potvrzuje zvýšení poměru PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub>, tedy výraznější podíl menších částic, jejichž zdrojem jsou zejména spalovací procesy.

Patrný je ale také opačný jev. Velmi nízký (>0,5) byl poměr koncentrací PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> například v období 19. až 22. 9. – v období, kdy byly průměrné denní teploty vzduchu až kolem hodnoty 22 °C a denní maxima kolem 26 až 27 °C. Vliv vytápění na začátku tohoto měřicího období lze považovat s ohledem na tyto až letní teploty vzduchu jako zcela zanedbatelný. Právě v těchto situacích se v lokalitě výrazněji projevily koncentrace částic PM<sub>10</sub>. Zároveň byla 21. 9. naměřena vůbec nejvyšší průměrná denní rychlost větru (4,2 m.s<sup>-1</sup>). V tomto případě se tedy velmi pravděpodobně projevoval vliv resuspenze z okolních polí, popř. pískoven.

Pro lepší představu o vztahu mezi směrem a rychlostí větru a koncentracemi částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  byly růžice uvedené v předchozích kapitolách prolнутy přímo do mapy dané lokality.



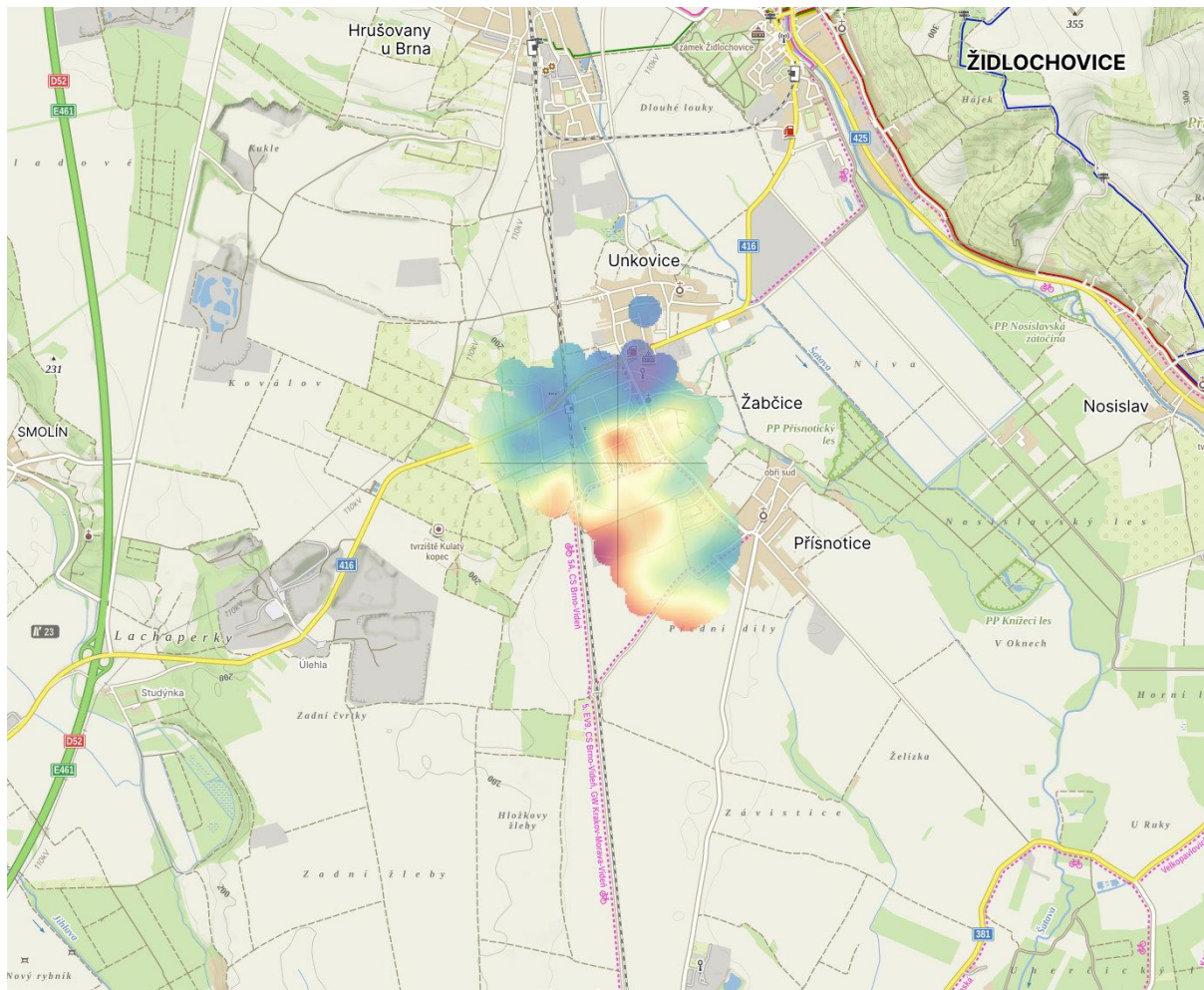
Obrázek 25 – koncentrační růžice reprezentující vztah mezi rychlostí a směrem větru a koncentracemi částic  $PM_{10}$  v kontextu okolí vložením do mapy dané lokality se středem v bodě měření. Zdroj mapových dat: mapy.cz. Pozn. – velikost růžice v mapě je zvolena pouze s ohledem na vhodnost dobré interpretace v mapě, červená oblast ukazující směr nejvyššího znečištění tedy nemusí být nad místem nejvyššího znečištění, ale pouze ukazuje směr.

Z růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace částic  $PM_{10}$  byly zaznamenávány při jihozápadním proudění. Také je patrné, že tyto zvýšené koncentrace byly měřeny výhradně při vyšších rychlostech větru (červená barva se nevyskytuje poblíž středu koncentrační růžice, ale nachází se na jejím okraji).

Při srovnání vztahu mezi koncentracemi částic  $PM_{10}$ , rychlostí větru, směrem větru a s ohledem na výše uvedené grafy poměrů částic  $PM_{2,5}/PM_{10}$  lze říci, že pravděpodobným

hlavním zdrojem částic  $PM_{10}$  mimo topnou sezónu je v této lokalitě resuspenze z polí a pískoven v okolí, případně vliv zemědělských prací (např. orání, setí atd.).

Totožná koncentrační růžice vložená do mapy byla vytvořena i pro koncentrační růžici částic  $PM_{2.5}$ .

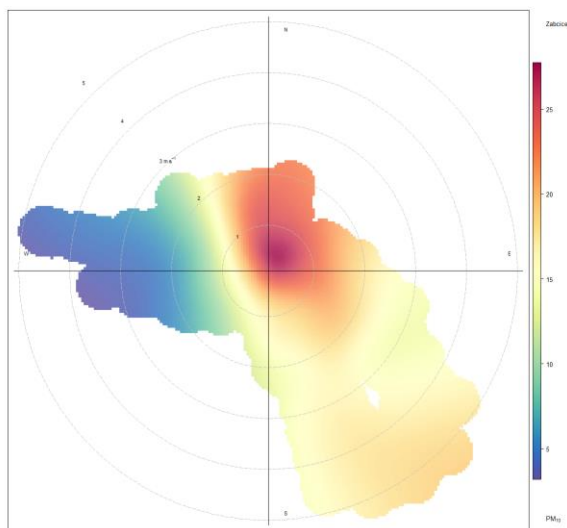


Obrázek 26 - koncentrační růžice reprezentující vztah mezi rychlostí a směrem větru a koncentracemi částic  $PM_{2.5}$  v kontextu okolí vložením do mapy dané lokality se středem v bodě měření. Zdroj mapových dat: mapy.cz. Pozn. - velikost růžice v mapě je zvolena pouze s ohledem na vhodnost dobré interpretace v mapě, červená oblast ukazující směr nejvyššího znečištění tedy nemusí být nad místem nejvyššího znečištění, ale pouze ukazuje směr.

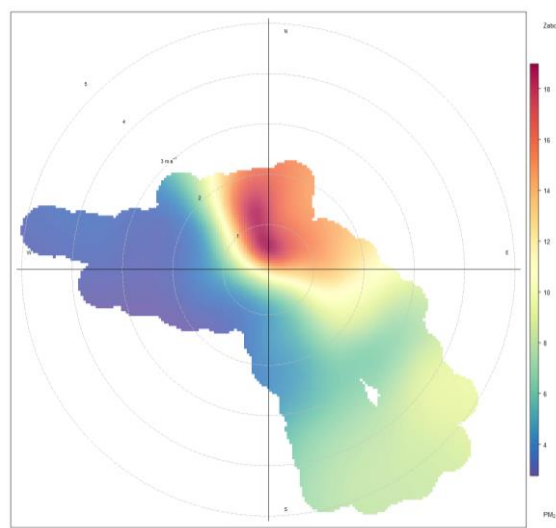
V případě koncentrací částic  $PM_{2.5}$  je patrné rovněž ohnisko v jihozápadním směru - to souvisí mj. s faktem, že při resuspenzi se do vzduchu dostávají i menší částice. Zároveň jsou však patrné i vyšší koncentrace při nižších rychlostech větru. Ty naznačují vliv zdroje, který je spíše blízko měřicího místa a nabízí se vliv lokálního vytápění v obci.

Nejchladnějším obdobím monitoringu bylo období od 16. do 18. 10., kdy se průměrné denní teploty pohybovaly do 8 °C. Při takovýchto teplotách, obzvláště několik dní po sobě, je již ve většině domácností nutné vytápět.

Následující dvě koncentrační růžice ukazují vztah mezi koncentracemi částic PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub> a směrem a rychlostí větru, zkonstruované z dat pouze za tyto tři nejchladnější dny měření.



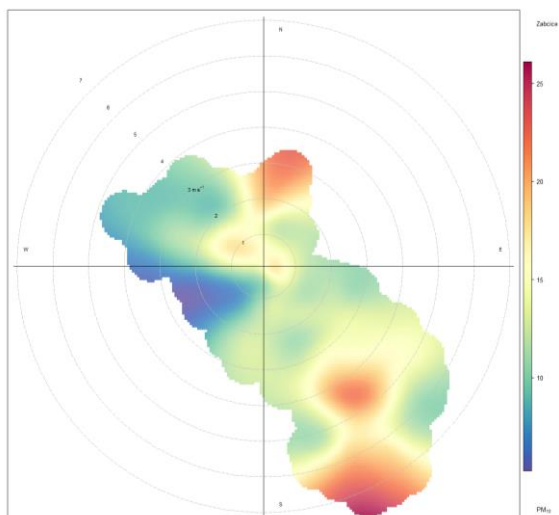
Obrázek 27 - vztah mezi průměrnou koncentrací částic PM<sub>10</sub> a směrem a rychlostí větru ve třídním období od 16. do 18. 10. 2023.



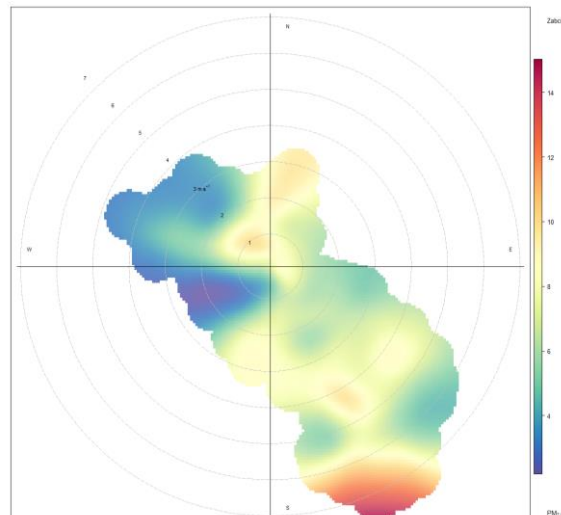
Obrázek 28 - vztah mezi průměrnou koncentrací částic PM<sub>2,5</sub> a směrem a rychlostí větru ve třídním období od 16. do 18. 10. 2023.

Vzhled koncentračních růžic v chladné období je velmi odlišný od celkové. Jasně zde ukazuje nejvyšší koncentrace při velmi nízkých rychlostech větru, potažmo ze severního směru (směrem od obce). Vysoké koncentrace při nízkých rychlostech větru a ze směru od obce jsou koncentrovanější u částic PM<sub>2,5</sub>. Tyto růžice opět jasně potvrzují, že v tyto dny se projevoval vliv lokálního vytápění domácností směrem z obce a nejvyšší byly koncentrace právě při nízkých rychlostech větru, kdy v obci docházelo s ohledem na nižší míru rozptylu, ke kumulaci těchto látek.

Naopak nejteplejším obdobím bylo období od 16. do 22. 9., kdy kromě jednoho dne byly průměrné denní teploty ve všech případech vyšší než 20 °C. Jak vypadají koncentrační růžice ukazující vztah mezi koncentracemi částic PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub> a směrem a rychlostí větru je patrné níže.



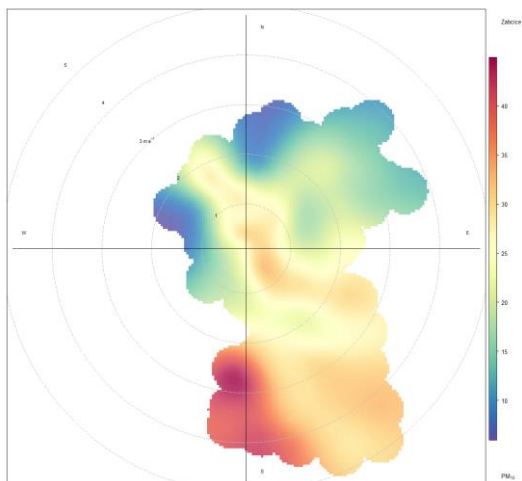
Obrázek 29 - vztah mezi průměrnou koncentrací částic  $PM_{10}$  a směrem a rychlostí větru v období od 16. do 22. 9. 2023.



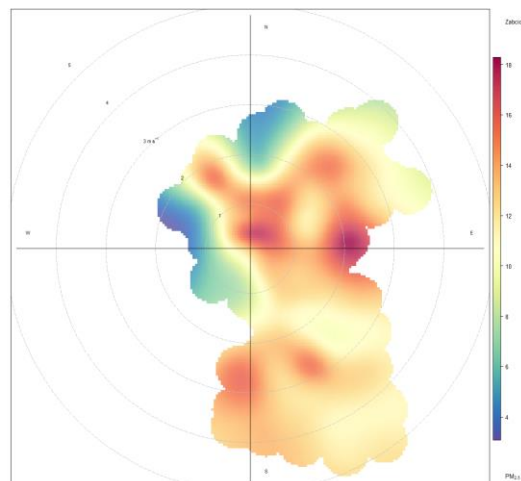
Obrázek 30 - vztah mezi průměrnou koncentrací částic  $PM_{2.5}$  a směrem a rychlostí větru v období od 16. do 22. 9. 2023.

Koncentrační růžice z teplého období jsou velmi odlišné od těch ve chladném. Nejvyšší koncentrace jsou zde pozorovány při jižním a jihovýchodním proudění, tedy směrem od obce z vzdálenějšího okolí. Jak ukázala koncentrační růžice za celé období, v celkovém pohledu byl významný zejména jihozápadní směr, zde to tolik patrné není, což ale souvisí s faktem, že při jihozápadním směru byly rychlosti větru v tomto konkrétním několikadenním období výrazně nižší. Přenos z okolí se tedy při jihozápadním proudění tolik neprojevoval.

Velmi teplé pak bylo ještě období od 25. do 28. 9., kdy průměrné denní teploty rovněž překračovaly 20 °C nebo byly těsně pod touto hranicí. I pro toto období proto byly zkonstruovány koncentrační růžice pro částice  $PM_{10}$  a  $PM_{2.5}$ .



Obrázek 31 – vztah mezi průměrnou koncentrací částic  $PM_{10}$  a směrem a rychlostí větru v období od 25. do 28. 9. 2023.



Obrázek 32 – vztah mezi průměrnou koncentrací částic  $PM_{2.5}$  a směrem a rychlostí větru v období od 25. do 28. 9. 2023.

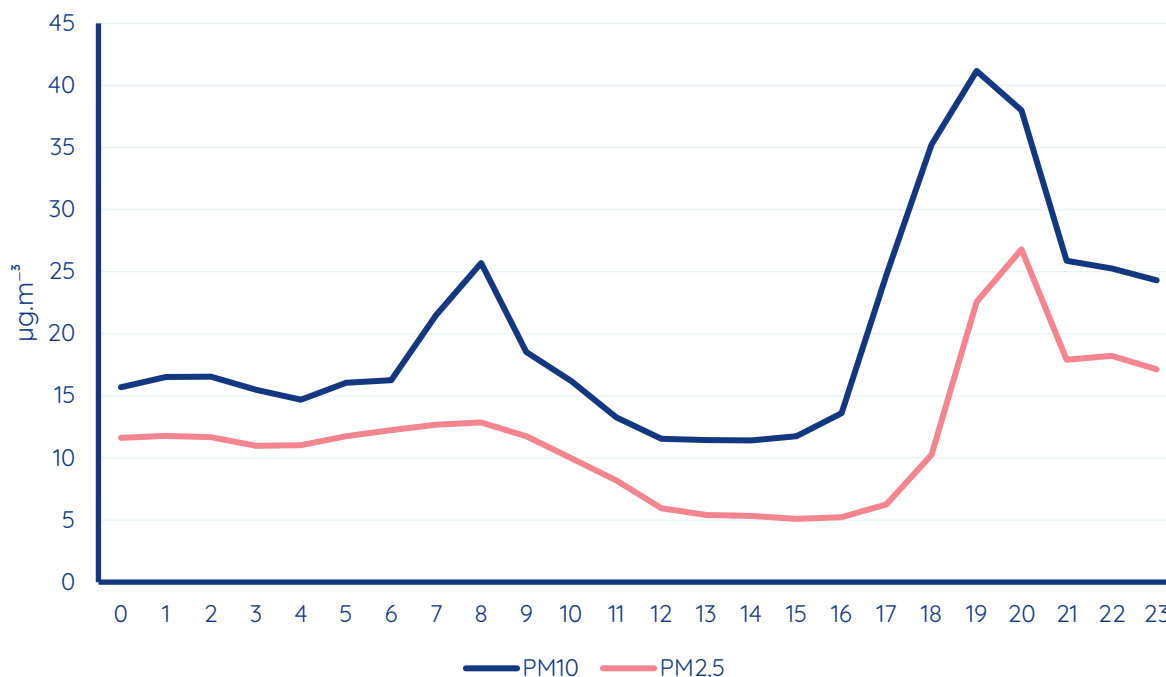
Růžice z druhé teplé epizody během měření dobře ilustrují rozdíl mezi částicemi  $PM_{10}$  a  $PM_{2.5}$ . Zatímco v případě koncentrační růžice pro  $PM_{10}$  zcela dominuje jihozápadní až jižní směr, u růžice pro  $PM_{2.5}$  je to spíše směr východní. V prvním případě se téměř jistě jedná o vliv z resuspenze z polí, eroze půdy, příp. zemědělských prací, pískoven. Naopak v případě růžice pro  $PM_{2.5}$  nelze vyloučit vliv dopravy ve východním směru nebo vliv těsně přiléhající tribuny u fotbalového hřiště.

Doprava se v dané lokalitě do určité míry bude projevovat po celý rok. V chladném období však je její vliv maskován vlivem lokálního vytápění. Připomeňme, že právě lokální vytápění je zodpovědné za 83 % veškerých emisí částic  $PM_{2.5}$  v České republice. Možným zdrojem mohlo být i přilehlá tribuna fotbalové hřiště, která byla v těsné blízkosti měřicího vozu. V případě fotbalového utkání očekávat například vliv kouření diváků. Tento zdroj je sice v plošném rozsahu zanedbatelný, avšak s ohledem na umístění měřicího vozu by se jednalo o vliv potenciálně výrazný a tzv. lokální ovlivnění.

Růžice ukazuje, že zdrojů částic  $PM_{2.5}$  je v okolí více, do určité míry je to také resuspenze a vliv okolí, do určité míry to může být doprava i další zdroje.

Při hodnocení je vhodné podívat se také na průměrný denní chod koncentrací jednotlivých znečišťujících látek. Ten byl v kapitole výše popsán za celkové období. Níže jsou ukázky průměrného denního chodu koncentrací částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2.5}$  ve výše zmíněném chladném a dvou teplých obdobích.

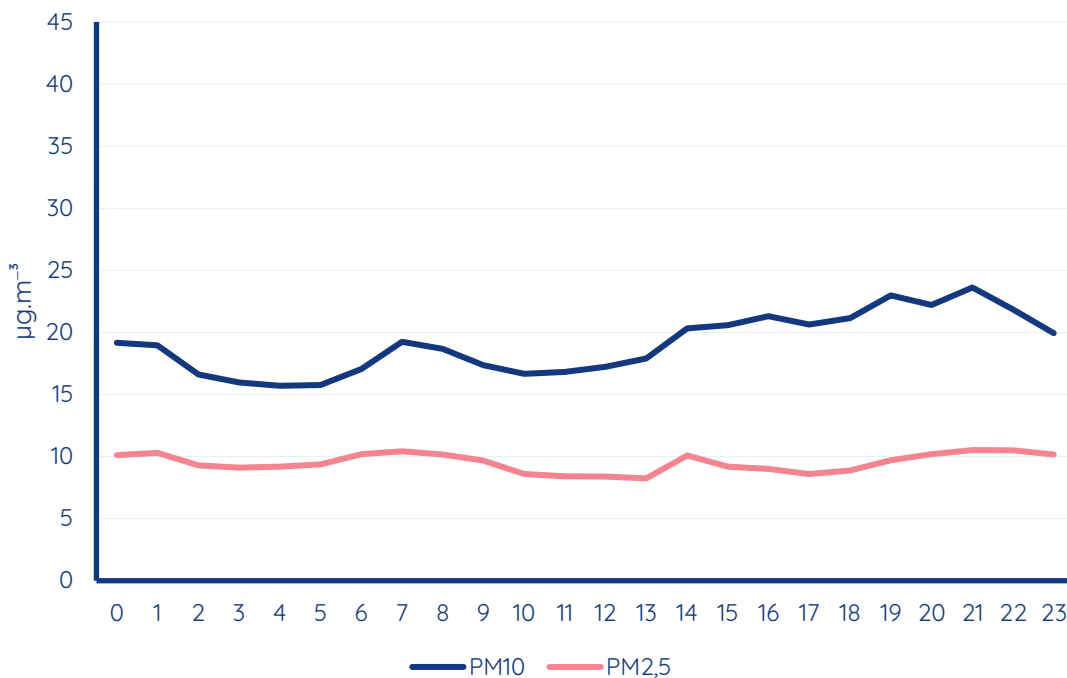
Graf níže ukazuje průměrný denní chod koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v období od 16. do 18. října 2023, tedy v nejchladnější epizodu v rámci monitoringu v Žabčicích.



Obrázek 33 – průměrný denní chod koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v třídních nejchladnější epizodě v rámci měření od 16. do 18. 10. 2023.

Denní chod jasně ukazuje výrazný nárůst ve večerních hodinách, přibližně od 16. až 17. hodiny SELČ. Tento typ denního chodu je typický pro lokality ovlivňované lokálním vytápěním. Lidé v tomto případě zatopí po příchodu z práce, příp. nadále topí večer.

Naopak pokud vytvoříme graf průměrných koncentrací částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v jednotlivé hodiny dne spojením obou teplých epizod (16. – 22. 9. a 25. – 28. 9.), vznikne graf, který ukazuje velmi nevýrazný denní chod. Vliv resuspenze bude výrazný zejména při vyšších rychlostech větru, což se může lišit den ode dne. Zachována byla škála osy Y, pro možnost srovnání absolutních hodnot koncentrací v toto teplejší období proti chladnějšímu.



Obrázek 34 - průměrný denní chod koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> v teplých dnech v rámci měření od 16. do 22. a 25. až 28. 9. 2023.

Grafy také ukazují, že vliv vytápění je v absolutních hodnotách vyšší než vliv resuspenze.

## SROVNÁNÍ SE STANICEMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU V JIHMORAVSKÉM KRAJI

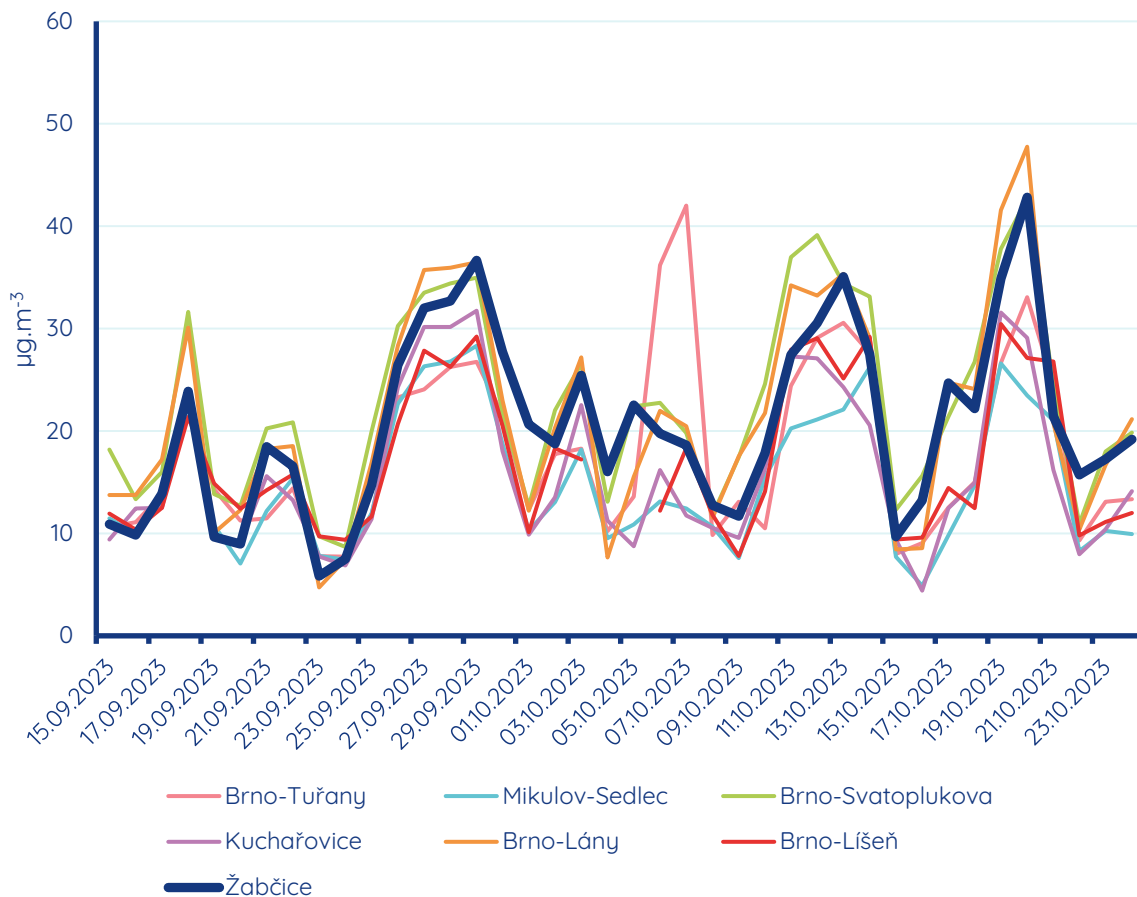
Hodnoty naměřené v rámci měřicí kampaně v obci Žabčice, byly také srovnány s hodnotami naměřenými na jiných stanicích Státní sítě imisního monitoringu (SSIM) v rámci Jihomoravského kraje v totožné období.

Srovnání bylo provedeno s následujícími stanicemi:

- Brno-Tuřany – pozad'ová předměstská stanice
- Mikulov-Sedlec – pozad'ová venkovská stanice
- Brno-Svatoplukova – dopravní městská stanice
- Kuchařovice – pozad'ová venkovská stanice
- Brno-Lány – pozad'ová předměstská stanice
- Brno-Líšeň – pozad'ová městská stanice

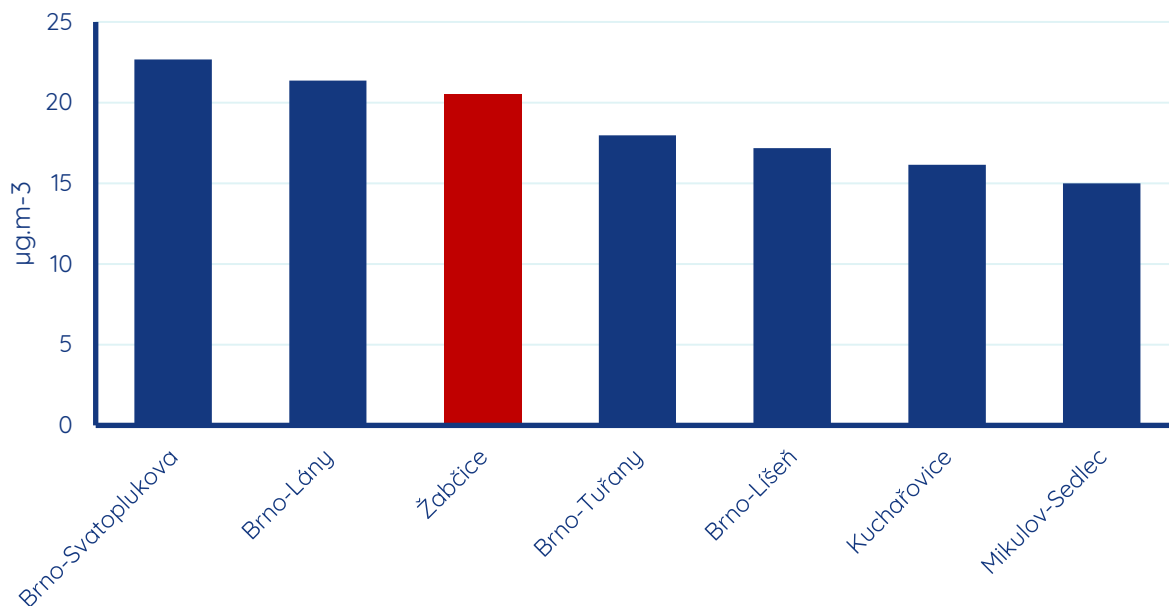
## SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM<sub>10</sub>

Následující graf ukazuje průběh denních průměrných koncentrací částic PM<sub>10</sub> v jednotlivých lokalitách.



Obrázek 35 – průměrné denní koncentrace částic PM<sub>10</sub> na vybraných stanicích SSIM v Jihomoravském kraji a v lokalitě Žabčice.

Jak ukazuje graf, koncentrace částic PM<sub>10</sub> vykazují plošný chod a jejich trend je velmi podobný. Níže jsou pak uvedeny celkové průměry za celé období měření v lokalitě Žabčice.



Obrázek 36 – průměrné koncentrace částic PM<sub>10</sub> v lokalitě Žabčice a na vybraných stanicích SSIM za období od 15. 9. do 24. 10. 2023.

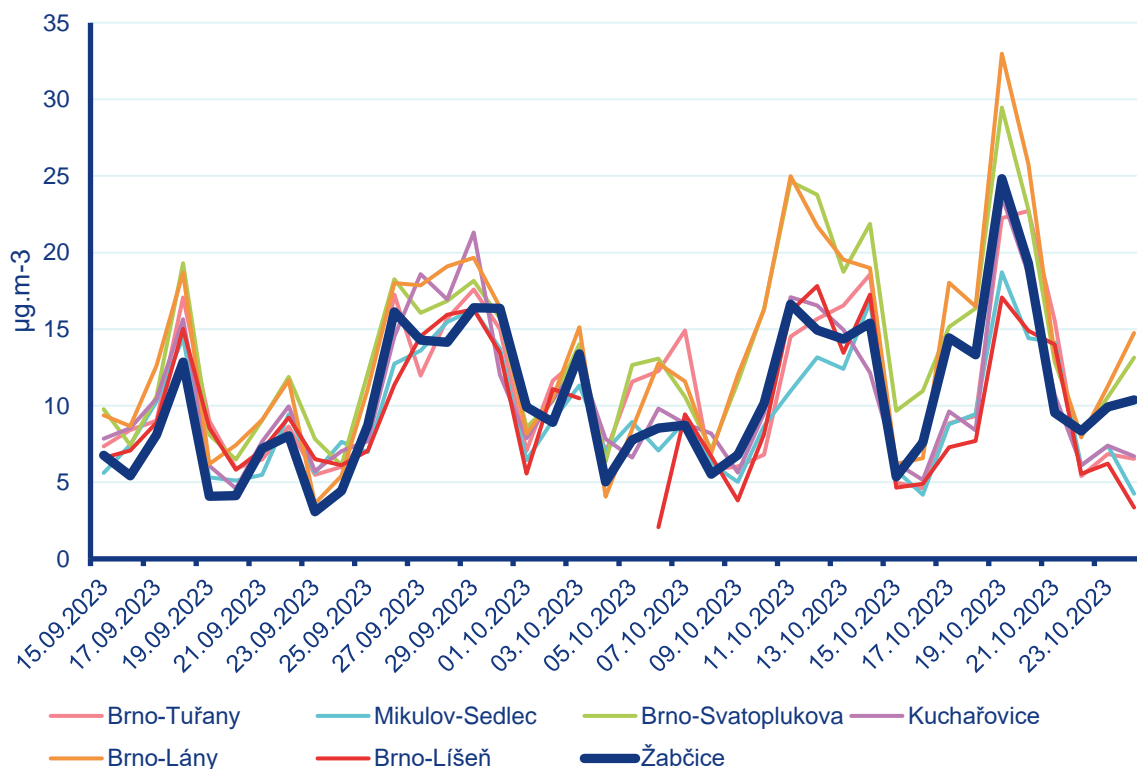
V daném období byly nejvyšší koncentrace na městské dopravní stanici Brno-Svatoplukova, dále pak na předměstské pozad'ové stanici Brno-Lány. V případě stanice Svatoplukova je hlavním zdrojem doprava, příp. stavební práce, které momentálně probíhají v blízkém okolí poblíž Tomkova náměstí v rámci výstavby městského okruhu. V lokalitě Lány se rovněž podepisuje doprava (blízká D1), lokální vytápění a může se zde s ohledem na lokalitu podepsat i resuspenze z polí (stanice leží na jižním okraji města). Vůbec nejnižší byly koncentrace částic PM<sub>10</sub> naměřené na regionální pozad'ové stanici Mikulov-Sedlec. Ta není výrazně ovlivněna ani dopravou, ani vytápěním. Projevují se zde plošnější zdroje (dálkový přenos), případně resuspenze z okolních polí a vinic nebo zemědělská činnost. Koncentrace v lokalitě Žabčice byly ze srovnávaných stanic třetí nejvyšší. S ohledem na analýzu v předchozím textu je to pravděpodobně dáno vyšší mírou vlivu resuspenze z okolí a vyšší mírou vlivu lokálního vytápění, než je tomu například na městské pozad'ové stanici Brno-Líšeň. V této městské části s výrazným podílem centrálního vytápění není vliv lokálního vytápění tak výrazný, navíc se jedná o stanici na kopci, kde tedy často panují lepší rozptylové podmínky (vyšší rychlosti větru).

Pokud srovnáme koncentrace v lokalitě Žabčice s ostatními srovnávanými stanicemi zvláště v chladném a teplém období, je patrné, že relativně vychází v lokalitě Žabčice hůře chladné období. Tedy že zdroje projevující se v chladném období na koncentracích PM<sub>10</sub>

jsou zde ve srovnání s ostatními srovnávanými stanicemi výraznější (primárně lokální vytápění domácností).

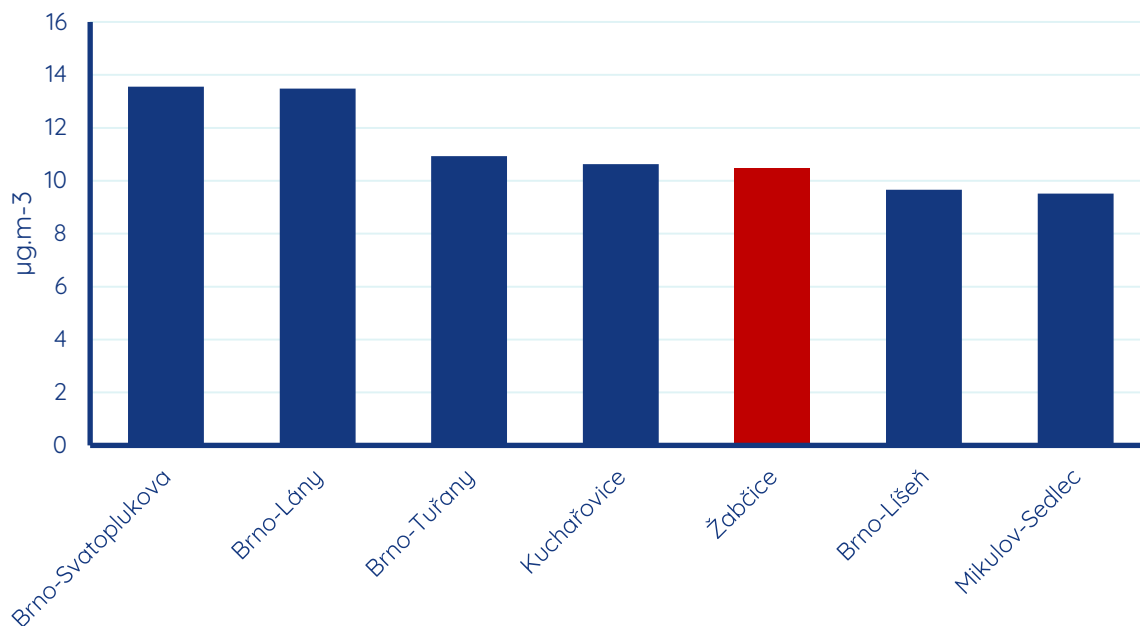
### SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM<sub>2,5</sub>

Následující graf ukazuje průběh denních průměrných koncentrací částic PM<sub>2,5</sub> v jednotlivých lokalitách.



Obrázek 37 - průměrné denní koncentrace částic PM<sub>2,5</sub> na vybraných stanicích SSIM v Jihomoravském kraji a v lokalitě Žabčice.

Jak ukazuje graf, koncentrace částic PM<sub>2,5</sub> vykazují plošný chod a jejich trend je velmi podobný. Niže jsou pak uvedeny celkové průměry za celé období měření v lokalitě Žabčice.



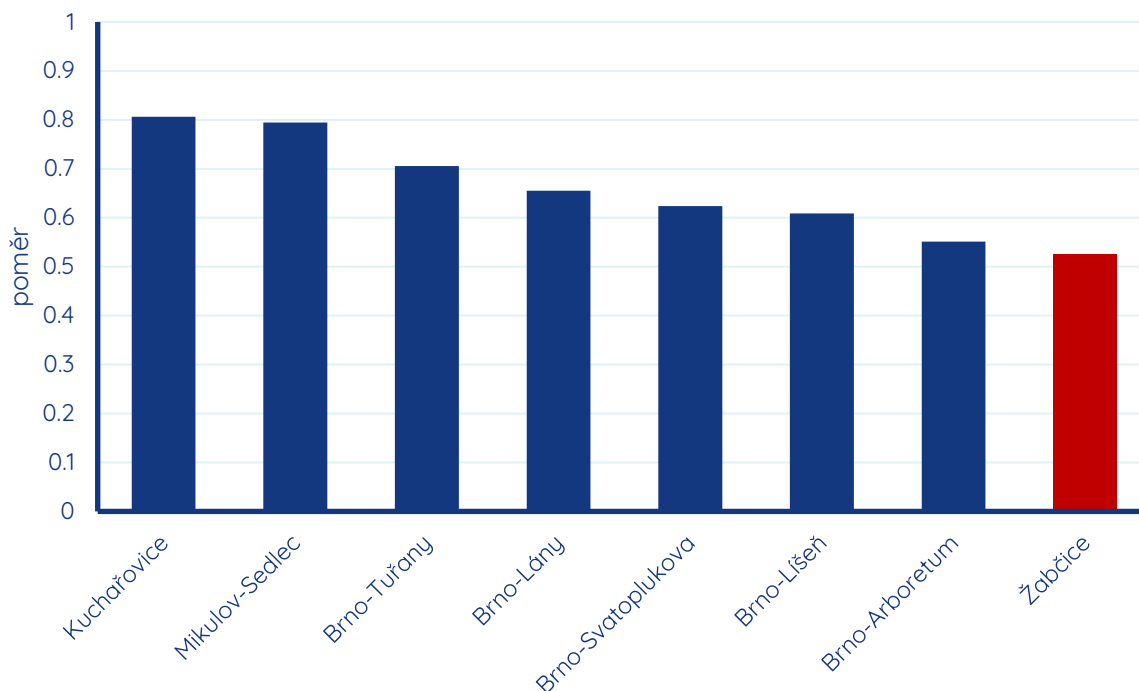
Obrázek 38 - průměrné koncentrace částic PM<sub>2,5</sub> v lokalitě Žabčice a na vybraných stanicích SSIM za období od 15. 9. do 24. 10. 2023.

Výsledky srovnání pro suspendované částice PM<sub>2,5</sub> jsou velmi podobné jako v případě částic PM<sub>10</sub>. V lokalitě Žabčice jsou v tomto případě ve srovnání s ostatními srovnávanými stanicemi koncentrace PM<sub>2,5</sub> nižší než je tomu u srovnání částic PM<sub>10</sub>.

Pokud srovnáme koncentrace v lokalitě Žabčice s ostatními srovnávanými stanicemi zvláště v chladném a teplém období, je patrné, že relativně vychází v lokalitě Žabčice hůře chladné období. Tedy, že zdroje projevující se v chladném období na koncentracích PM<sub>2,5</sub> jsou zde ve srovnání s ostatními srovnávanými stanicemi výraznější (primárně lokální vytápění domácností).

### POMĚR KONCENTRACÍ ČÁSTIC PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub>

Jak bylo popsáno v textu výše, poměr koncentrací PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> slouží jako indikátor celkového podílu větších a menších částic. Následující graf ukazuje poměr koncentrací částic PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> vypočítaný jako průměr z dílčích hodinových poměrů.



Obrázek 39 – průměrný poměr koncentrací částic  $PM_{2,5}/PM_{10}$  v jednotlivých lokalitách za období 15. 9. až 24. 10. 2023.

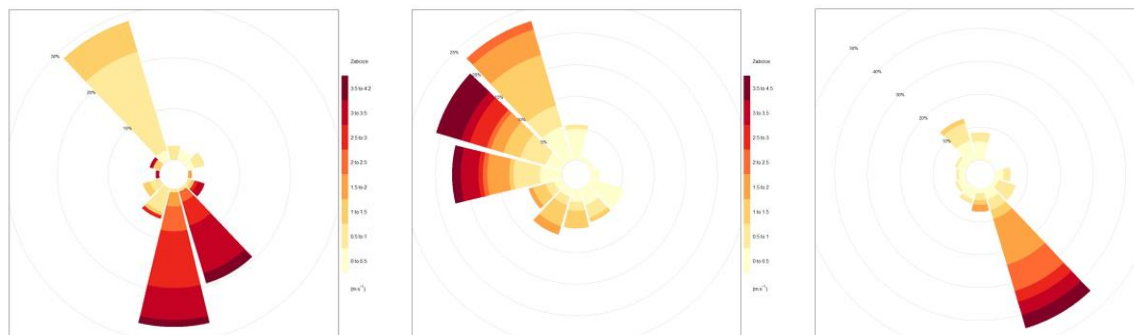
Z grafu výše je patrné, že ze srovnávaných lokalit byl nejvyšší podíl větších částic právě v hodnocené lokalitě Žabčice. To naznačuje, že se zde zejména v teplou (netopnou) část roku může více projevovat resuspenze z okolí.

## ČÁSTICOVÁ ANALÝZA SEM/EDX

V rámci odběrů na lokalitě Žabčice byly získány 3 vzorky, které byly následně analyzovány skenovacím elektronovým mikroskopem (SEM) metodou SEM/EDX. Tato metoda je vhodnou doplňkovou metodou analýzy ovzduší, díky které je možné získat informace jak o morfologii částic (jejich velikosti a tvaru), tak o jejich prvkovém složení. Tyto informace pak mohou pomoci při identifikaci potenciálních zdrojů znečištění ovzduší.

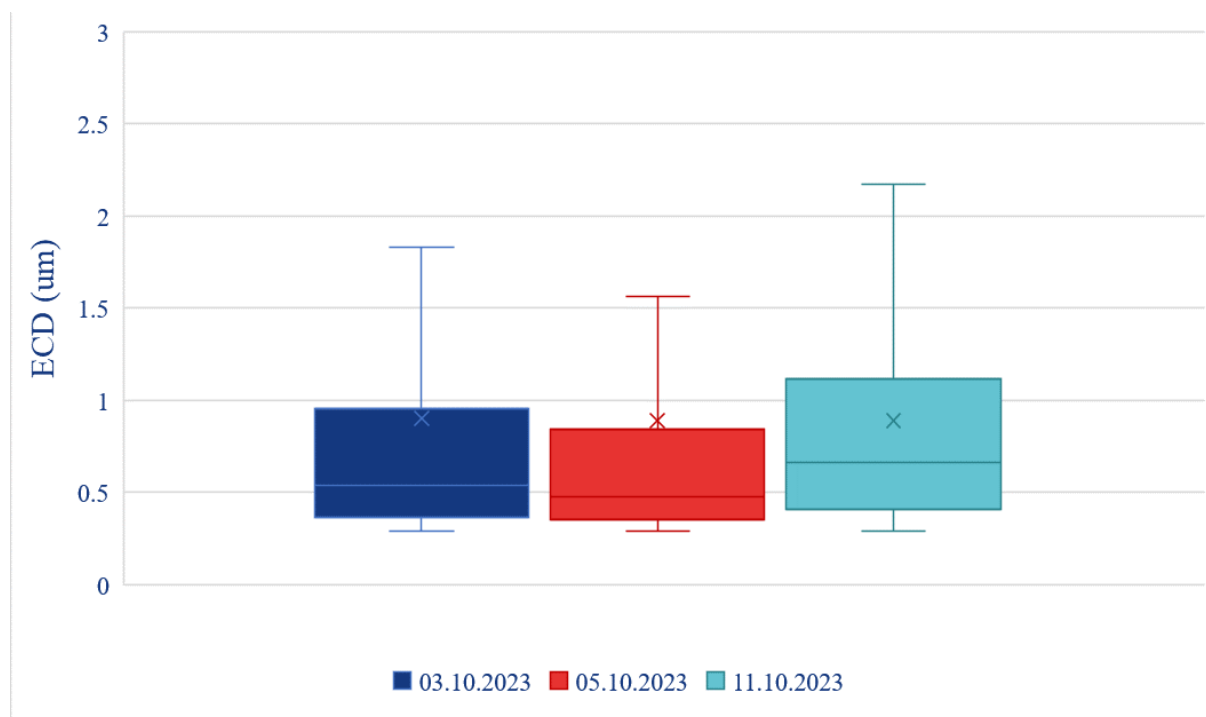
Odběry vzorků pro analýzu skenovacím elektronovým mikroskopem proběhly ve dnech 3. 10., 5. 10. a 11. 10. 2023. Každý z odběrů trval 24 hodin, průtok byl nastaven na 1l/min.

Z pohledu četnosti směrů větru byly tři dny odběrů rozmanité, jak ukazuje následující obrázek ilustrující větrné růžice z příslušných tří dnů odběrů.

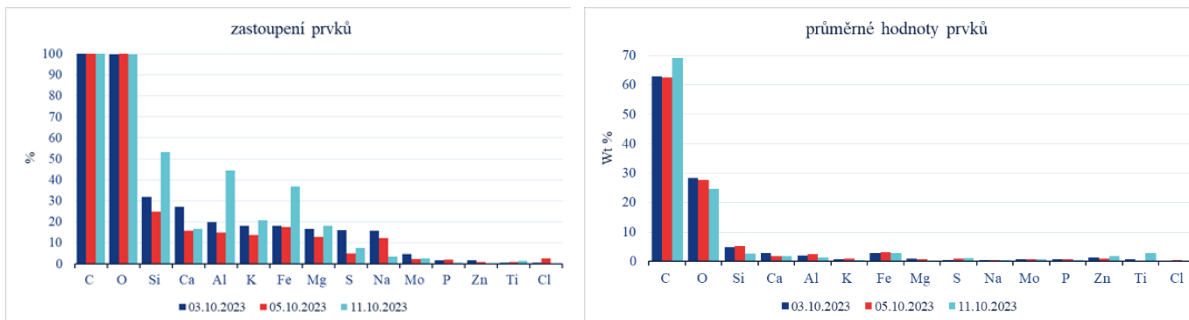


Obrázek 40 – větrné růžice zobrazující převažující směr větru ve dny odběrů vzorků pro analýzu skenovacím elektronovým mikroskopem – 3. 10. (vlevo), 5. 10. (uprostřed) a 11. 10. 2023 (vpravo).

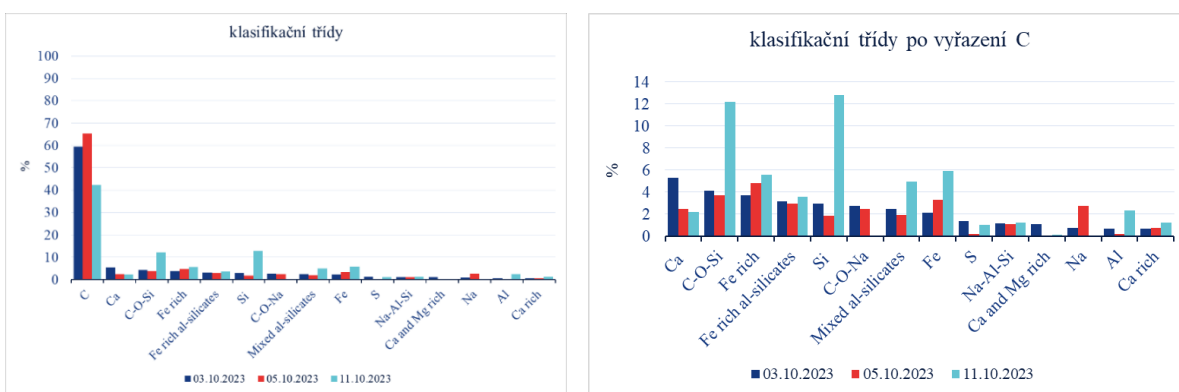
Vzorky byly analyzovány jak z hlediska morfologie, tak z hlediska prvkového složení. Následující grafy ukazují srovnání mezi jednotlivými odebranými vzorky.



Obrázek 41 - Srovnání velikostí částic tří analyzovaných vzorků. Je patrné, že vzorek z 11. 10. 2023 zahrnoval větší částice než předchozí dva vzorky.



Obrázek 42 - zastoupení prvků a jejich průměrné hodnoty u tří analyzovaných vzorků. Levý graf znázorňuje, v kolika procentech částic byl prvek nalezen. Vzhledem k použití polykarbonátového filtru, jehož vliv nelze z analýz zcela vyřadit, byly téměř u všech částic nalezeny prvky C a O, toto vysoké zastoupení je proto nutné brát s nadhledem. Na pravém grafu jsou patrné průměrné hodnoty pro konkrétní prvky. Na obrázcích jsou znázorněny pouze prvky převyšující 1% zastoupení.



Obrázek 43 - zjištěné klasifikační třídy pro 3 analyzované vzorky. Graf znázorňuje procentuální rozložení částic dle zastoupených tříd. Na obrázku jsou znázorněny pouze třídy převyšující 1% zastoupení.

Podobnost vzorků lze hodnotit na základě korelací poměrů jak zastoupení jednotlivých chemických prvků, tak klasifikačních tříd.

Tabulka 3 - korelační tabulka chemických prvků srovnávající korelace mezi zastoupením jednotlivých chemických prvků mezi jednotlivými odběry.

	3.10.	5.10.	11.10.
3.10.	1	0.992	0.947
5.10.	0.992	1	0.944
11.10.	0.947	0.944	1

Tabulka 4 - korelační tabulka klasifikačních tříd srovnávající korelace mezi zastoupením jednotlivých tříd částic mezi jednotlivými odběry.

	3.10.	5.10.	11.10.
3.10.	1	0,997	0,940
5.10.	0,997	1	0,937
11.10.	0,940	0,937	1

## IDENTIFIKOVANÉ TYPY ČÁSTIC A JEJICH POTENCIÁLNÍ ZDROJE

### Uhlíkaté částice

Jedná se o částice typické pro venkovní prostředí. V této skupině jsou obsaženy například částice biologického původu, spaliny z dopravy či saze z vytápění. Z morfologického srovnání bylo zjištěno, že se ve vzorku hojně vyskytovaly spory hub, které jsou typické pro vzorky z podzimního období a nemají žádný zásadní vliv na lidské zdraví.

### Hlinitokřemičitany

Jedná se o typické částice pocházející z půdy. Pravděpodobným zdrojem těchto částic jsou přilehlá pole. Po provedení srovnávacích testů bylo prokázáno, že místní pole obsahují převážně hlinitokřemičitany bohaté na železo.

I částice spadající do kategorie smíšené hlinitokřemičitany velmi často obsahovaly železo. Na základě této skutečnosti lze usuzovat, že částice pocházejících z pole či půdy obecně byly ve vzorku velmi bohatě zastoupeny.

### Částice obsahující železo

Železo se ve vzorku nejčastěji vyskytovalo v kombinaci s hlinitokřemičitany, samostatně se vyskytovalo spíše ojediněle. Jedním z možných zdrojů částic železa je doprava, kde kromě spalovacích procesů dochází k produkci částic i vlivem brzdových procesů a běžného opotřebení aut. Například otěrem brzdových destiček pak mohou být produkovány částice obsahující kovy. Dalším možným zdrojem železa by také mohla být nedaleká skládka, jednou z možností identifikace částic ze skládek jsou právě kovy. Vzhledem k tomu ale, že ve vzorku kromě železa nebylo zjištěno vyšší zastoupení jiných kovů, byl vliv částic ze skládky pravděpodobně malý či žádný. Tomu by koneckonců napovídala i směr větru, který ve dnech měření vála z jiných směrů.

### Částice obsahující křemík

Křemík se vyskytuje v mnoha různých typech částic. Zdrojem může být například písek, částice z půdy, ale také například různé chemikálie, lepidla či stavební hmoty. V tomto případě je vzhledem k charakteru částic pravděpodobným zdrojem pole, případně nedaleké pískovny, nelze však vyloučit ani případnou prašnost pocházející ze stavební činnosti.

### Částice obsahující vápník

Vápník je hojně se vyskytujícím prvkem. Může být součástí přírodních zdrojů, například hlíny či částic biologického původu, ale také součástí stavebních materiálů nebo například kouře ze spalování dřeva či kouře z cigaret. Vzhledem ke tvaru a velikosti vápenatých částic však pravděpodobně pochází většina nalezených částic z přírodních zdrojů.

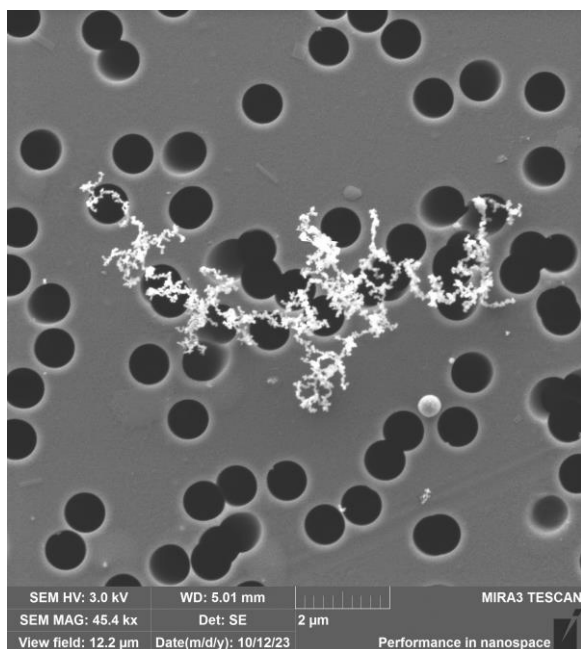
### Částice obsahující sodík

Sodík může být součástí solí, částic pocházejících z lokálního vytápění či (v kombinaci s prvky Al a Si) může být také součástí zemědělské a jiné půdy. Může se také vyskytovat jako součást detergentů, papíru, skla či stavebních materiálů.

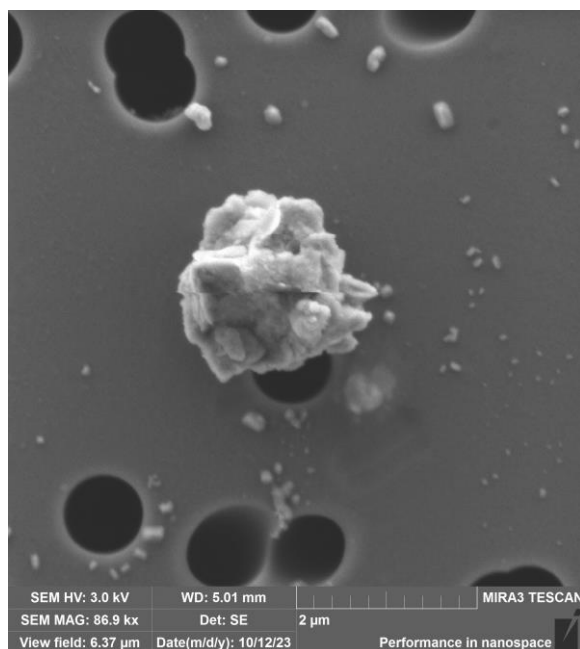
## VZOREK Z 3. 10. 2023

Při odběru tohoto vzorku bylo dominantní jižní a severozápadní proudění. V jižním směru byly rychlosti větru výrazně vyšší, což mj. souvisí s faktem, že v jižním směru od měřicího vozu byla výrazně otevřenější krajina (pole), zatímco ve směru severozápadním zástavba obce Žabčice.

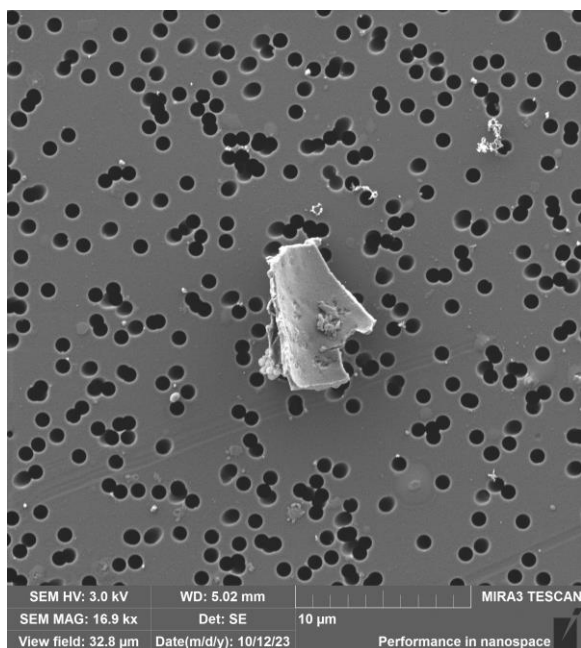
Níže jsou uvedeny fotografie ze skenovacího elektronového mikroskopu, ukazující různé typy částic, které byly v příslušném vzorku identifikovány.



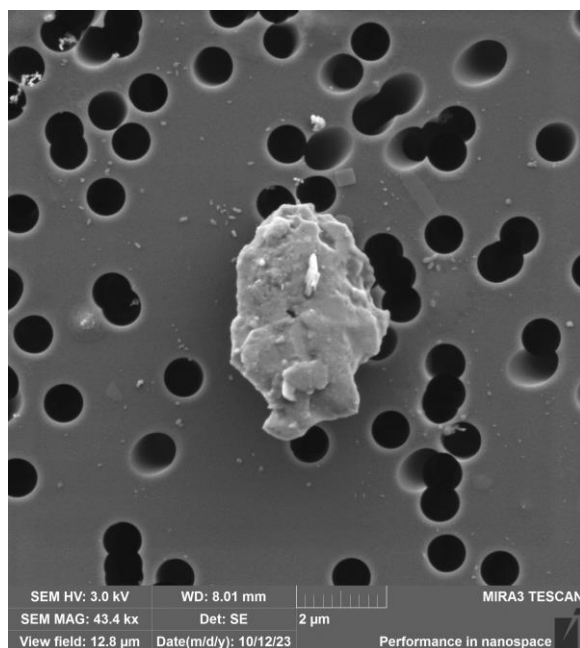
Obrázek 44 – částice pocházející z dopravy (z výfukových plynů spalovacího motoru) ve formě typických malých částic spojených do struktur připomínající řetízky.



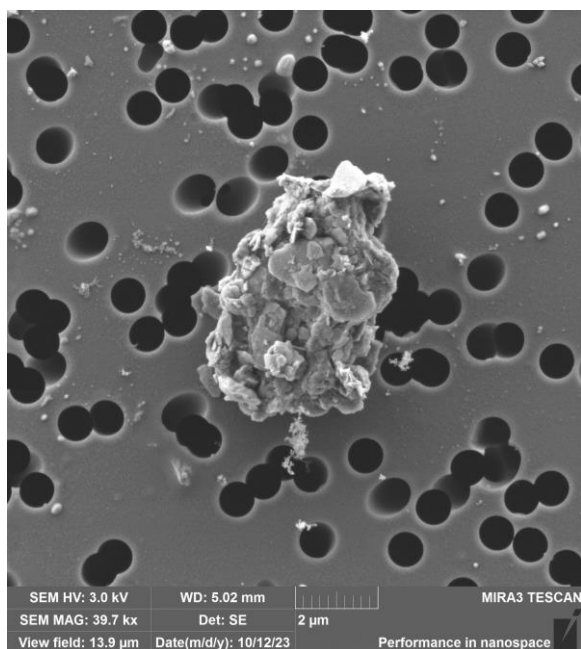
Obrázek 45 – částice hlinitokřemičitanu bohatého na železo



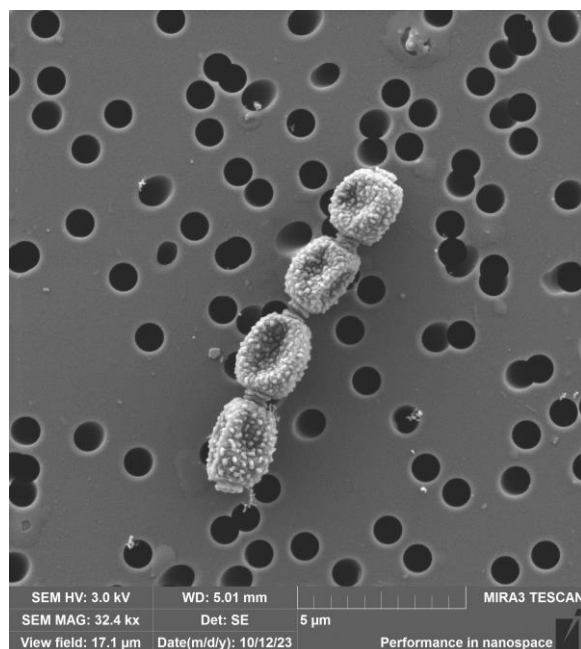
Obrázek 46 – částice bohatá na křemík, jak ukazuje měřítko, jedná se o spíše větší částici.



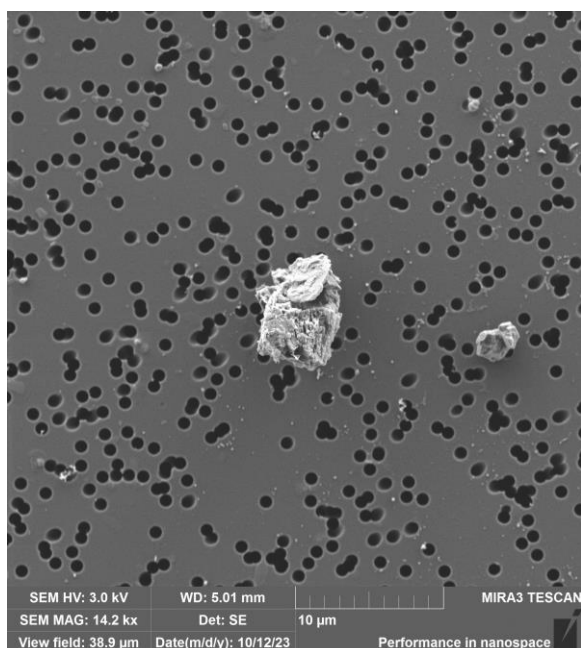
Obrázek 47 – částice smíšeného hlinitokřemičitanu



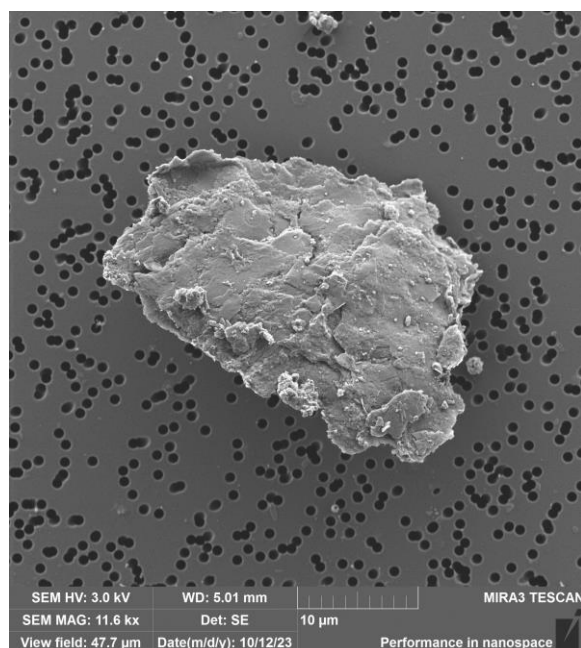
Obrázek 48 – částice hliníkokřemičitanu bohatého na železo



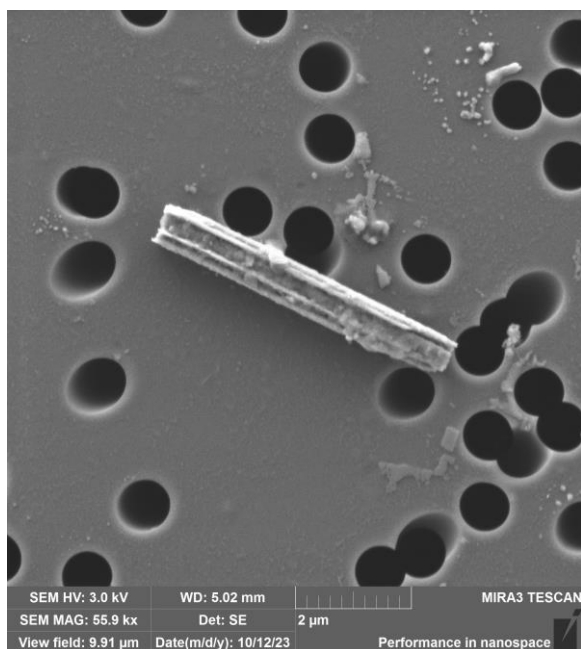
Obrázek 49 – částice biologického původu, pravděpodobně spora hub.



Obrázek 50 – částice bohatá na vápník a hořčík



Obrázek 51 – částice bohatá na vápník a železo

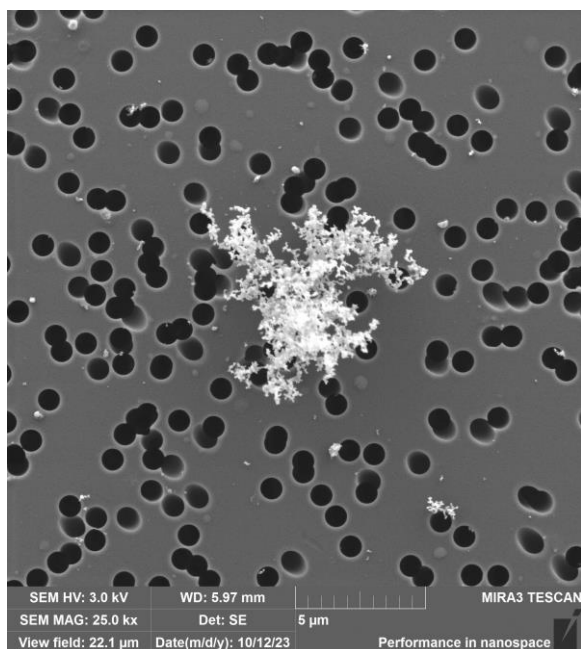


Obrázek 52 – částice bohatá na vápník

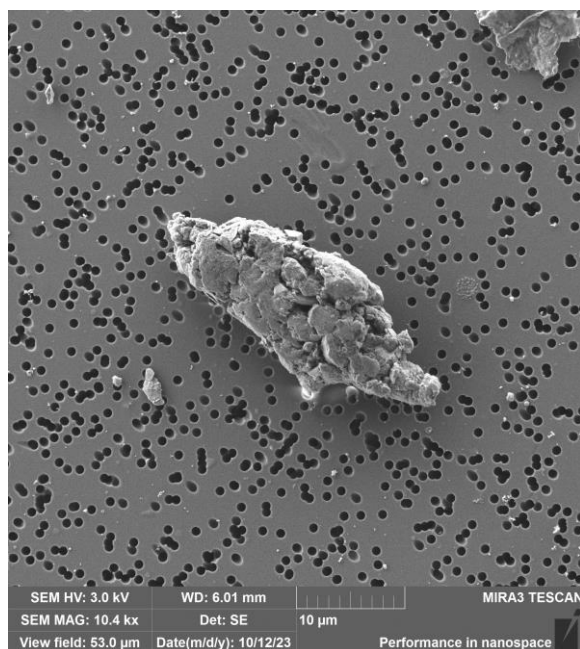
### VZOREK Z 5. 10. 2023

Při odběru tohoto vzorku bylo dominantní severozápadní až západní proudění.

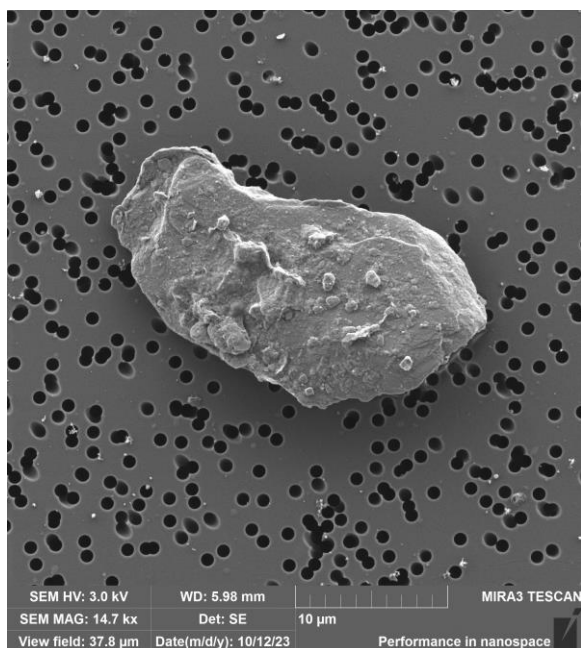
Níže jsou uvedeny fotografie ze skenovacího elektronového mikroskopu, ukazující různé typy částic, které byly v příslušném vzorku identifikovány.



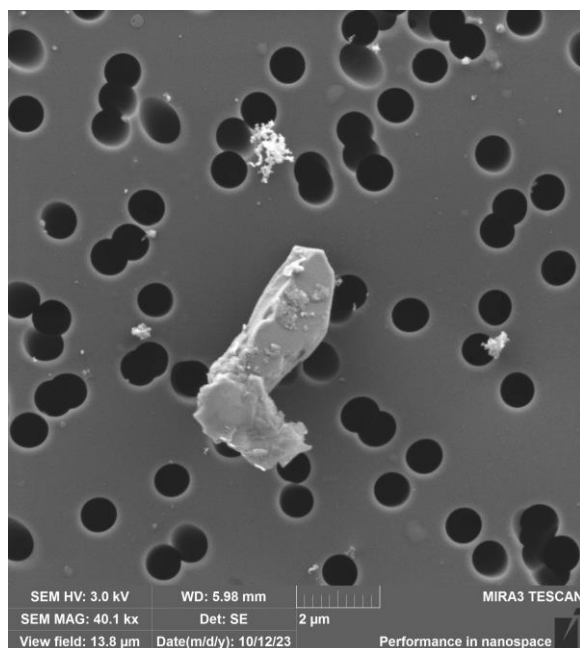
Obrázek 53 – částice pocházející z dopravy (z výfukových plynů spalovacího motoru) ve formě typických malých částic spojených do struktur připomínající řetízky.



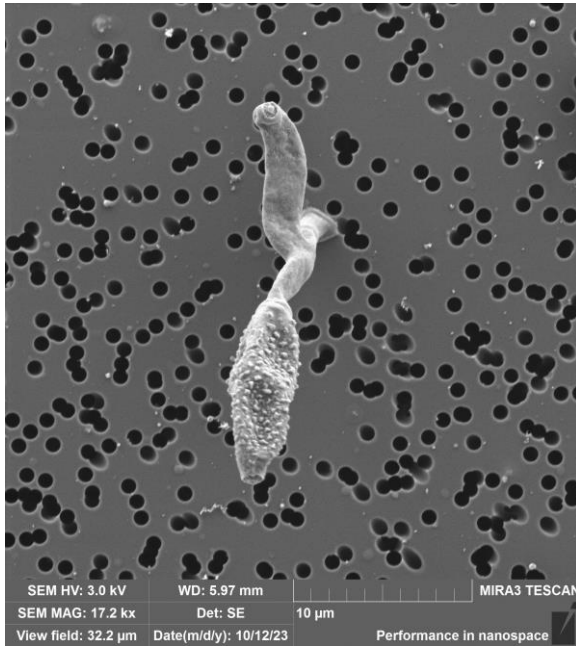
Obrázek 54 – částice hlinitokřemičitanu bohatého na železo



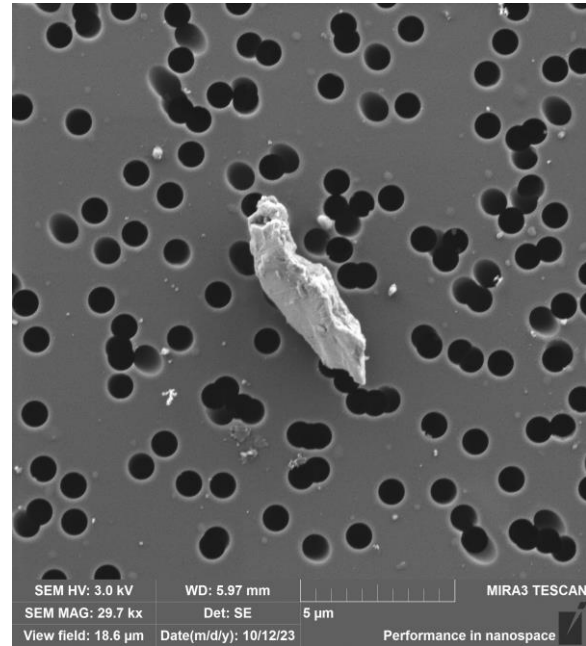
Obrázek 55 – částice smíšeného hlinitokřemičitanu



Obrázek 56 – částice bohatá na křemík



Obrázek 57 – částice biologického původu, pravděpodobně spora hub.

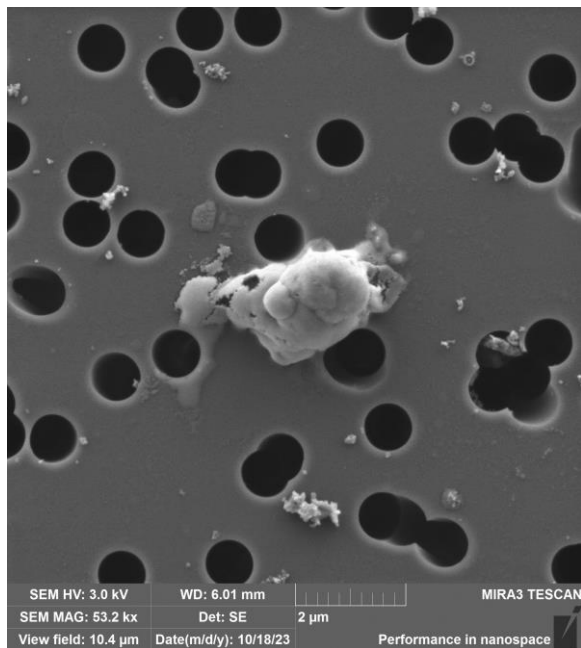


Obrázek 58 – částice obsahující kombinaci sodík-hliník-křemík

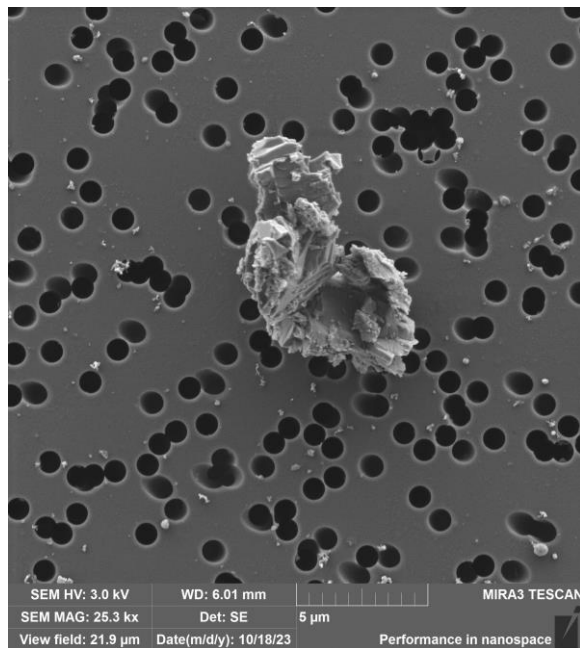
### VZOREK Z 11. 10. 2023

Při odběru tohoto vzorku bylo dominantní jihovýchodní proudění, z jiného směru během tohoto odběru prakticky nefoukalo.

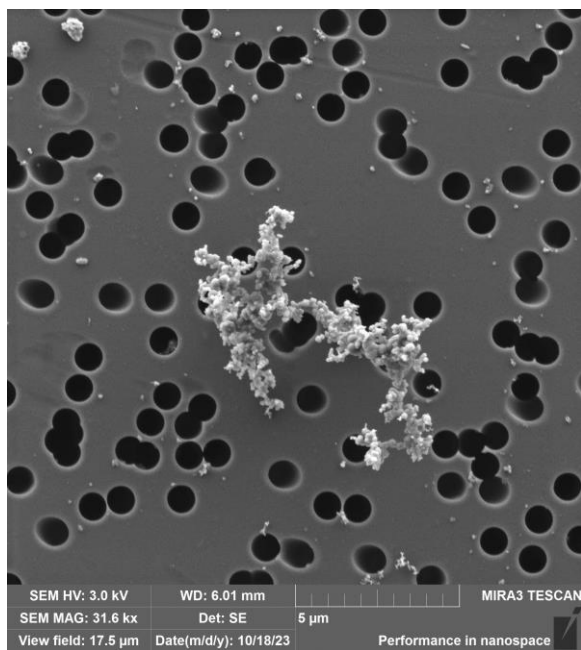
Níže jsou uvedeny fotografie ze skenovacího elektronového mikroskopu, ukazující různé typy částic, které byly v příslušném vzorku identifikovány.



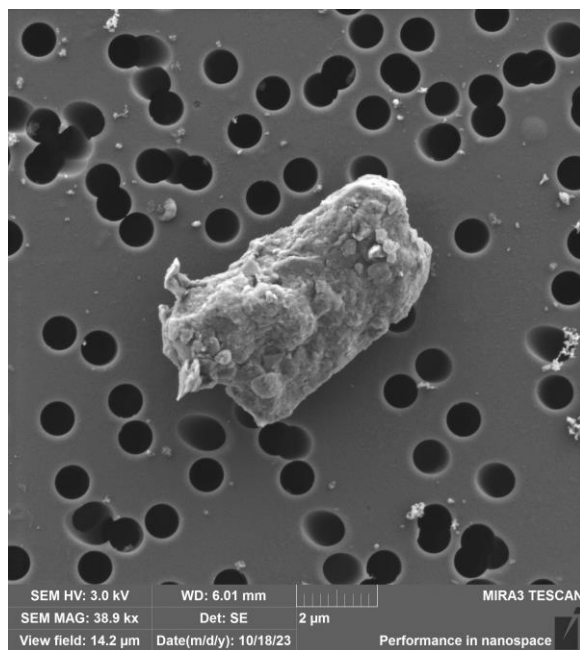
Obrázek 59 – částice bohatá na železo.



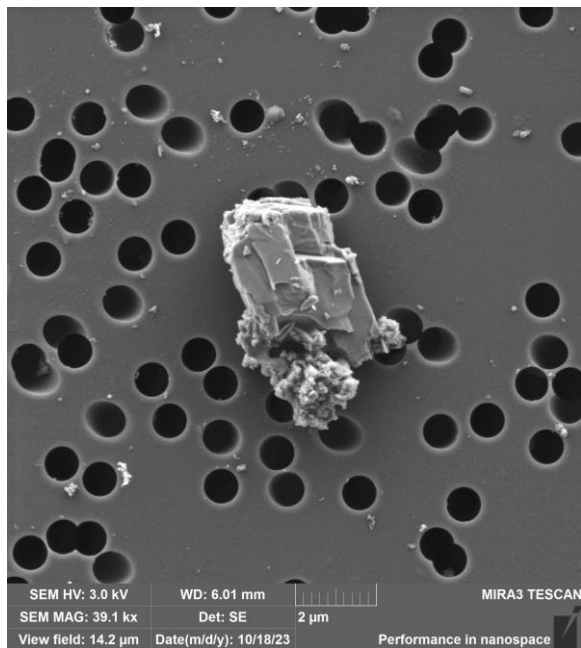
Obrázek 60 – částice smíšeného hlinítokřemičitanu



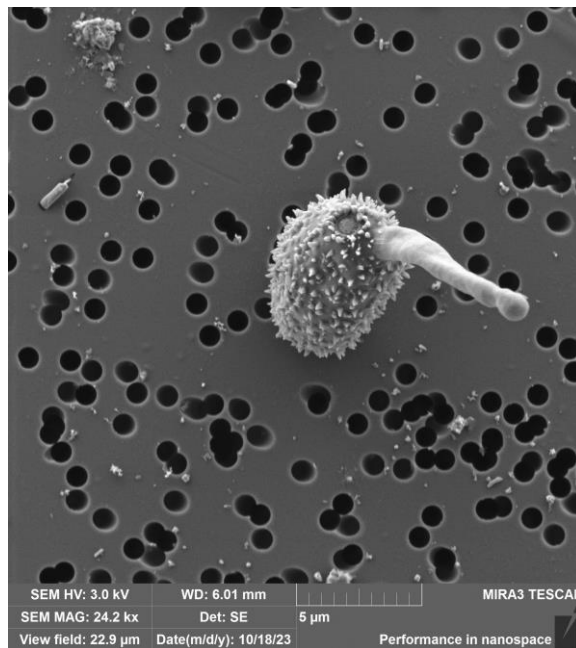
Obrázek 61 – částice pocházející téměř jistě z lokálního vytápění domácností v kotli na pevná paliva.



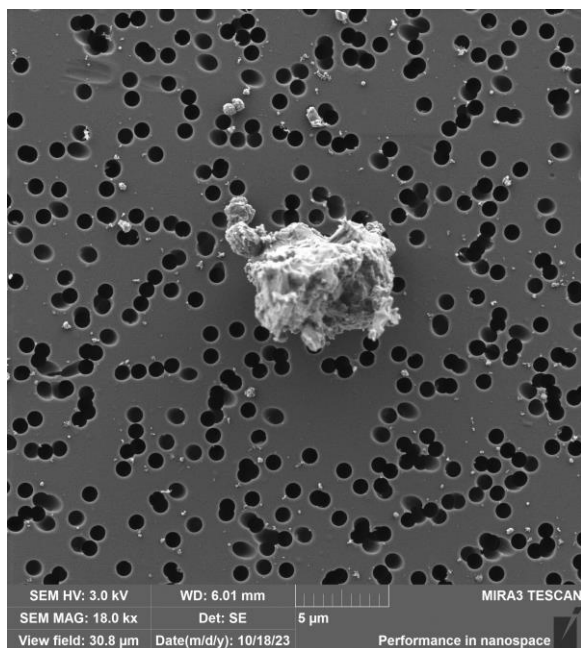
Obrázek 62 – částice hlinítokřemičitanu bohatá na železo.



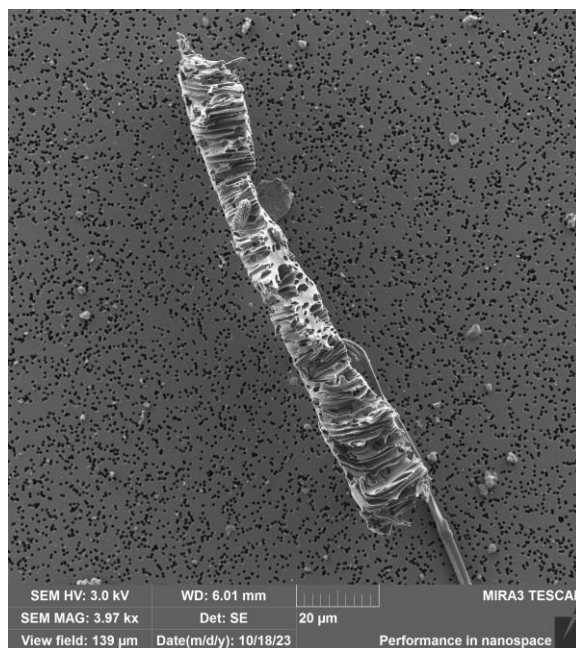
Obrázek 63 – částice smíšeného hliníkokřemičitanu bohatého na draslík



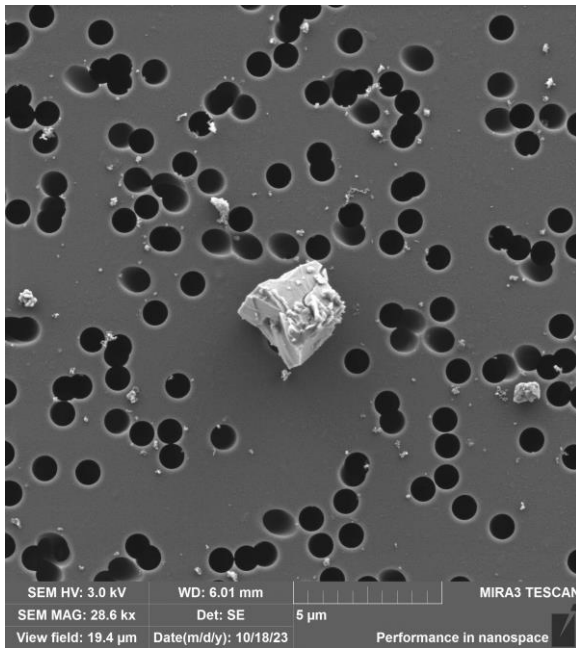
Obrázek 64 – částice biologického původu, pravděpodobně spora hub.



Obrázek 65 – částice obsahující kombinaci prvků sodík-hliník-křemík.



Obrázek 66 – částice pravděpodobně biologického původu.



Obrázek 67 – částice bohatá na křemík.

Řada nalezených částic pocházela s největší pravděpodobností z polí a okolní půdy. Patrný je však i vliv dalších zdrojů, jako je například doprava, lokální vytápění a pískovny v blízkém okolí.

## ZÁVĚR

Monitoring kvality ovzduší v obci Žabčice byl zaměřený na koncentrace suspendovaných částic frakcí  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ . Měření probíhalo od poloviny září do předposledního říjnového týdne. V průběhu tohoto období se vyskytly jak velmi teplé dny, tak dny chladnější, které již vyžadovaly vytápění.

Naměřená data a jejich vyhodnocení lze shrnout do několika hlavních závěrů:

- v průběhu měření nebyla ani jednou překročena hodnota imisního limitu pro 24h koncentraci suspendovaných částic  $PM_{10}$  ( $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).
- na základě analýzy koncentračních růžic a denních chodů koncentrací byl identifikován značný rozdíl mezi zdroji částic v topnou a mimo topnou sezónu. Ve dnech vyšších teplot vzduchu převládalo znečištění z jihozápadního a jižního směru, a to zejména při vyšších rychlostech větru. V tomto případě se jednalo zejména o erozi půdy z okolních polí, jak ukázala i částicová analýza skenovacím elektronovým mikroskopem. Zaznamenány byly i částice pravděpodobně pocházející z okolních pískoven, příp. ze zemědělské činnosti. Naopak ve dnech nízkých teplot dominovaly blízké zdroje, a to zejména ve směru zástavby v okolí. V tomto případě se tedy jednalo o vliv lokálního vytápění. V absolutních hodnotách byl vliv lokálního vytápění výrazně vyšší, což se projevilo na vyšších koncentracích částic v chladné dny ve srovnání s dny teplejšími.
- ve srovnání s jinými stanicemi imisního monitoringu v Jihomoravském kraji byly zaznamenány velmi podobné trendy koncentrací částic. V absolutních hodnotách byly koncentrace celkově nižší než například na brněnské městské dopravní stanici Brno-Svatoplukova, naopak vyšší než na regionální pozad'ové stanici Mikulov-Sedlec. Ze srovnávaných stanic byl v lokalitě Žabčice zaznamenán nejnižší průměrný poměr koncentrací částic  $PM_{2,5}/PM_{10}$ . To ukazuje na obecně vyšší podíl větších částic, tedy potenciálně vyšší vliv právě resuspenze z okolních polí a dalších zdrojů. Zároveň ve srovnání s jinými stanicemi v Jihomoravském kraji, byly koncentrace  $PM_{10}$  relativně vyšší než koncentrace  $PM_{2,5}$ . Zatímco hodnoty koncentrací částic  $PM_{2,5}$  patřily k průměrným až lehce podprůměrným, u částic  $PM_{10}$  byly mírně nadprůměrné. Toto však platí čistě pro měřené období. Dlouhodobý relativní vztah k ostatním stanicím může být značně odlišný, například nelze

vyloučit, že v zimním období zde tak, jako tomu je v řadě dalších menších obcí, budou relativně vysoké koncentrace částic  $PM_{2,5}$  s ohledem na lokální vytápění a relativně budou tedy koncentrace spíše vyšší.

- s ohledem na vyšší koncentrace částic v chladnější dny lze očekávat zhoršenou kvalitu ovzduší zejména v zimním období, což je v souladu s obecným faktem, že nejhorší kvalita ovzduší v České republice bývá plošně právě v malých obcích v topnou sezónu (např. Skeřil, 2018). Jak výrazné je toto znečištění však nelze z dostupných dat říci, protože bylo změřeno jen několik chladných dní, které sice vyžadovaly vytápění, ale spíše v menší míře, navíc by pro vyhodnocení vlivu lokálního vytápění bylo nutné monitorovat i koncentrace dalších znečišťujících látek, zejména pak karcinogenního benzo[*a*]pyrenu.
- ve dnech vyšších teplot vzduchu, dominovalo znečištění ze směru okolních polí a širšího okolí. V tomto případě byl tento vliv patrný ve dvou ohledech. Koncentrace částic  $PM_{10}$  stoupaly, většinou do 20 až 40  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , zároveň výrazněji klesal (až k hodnotám okolo 0,3) poměr koncentrací  $PM_{2,5}/PM_{10}$ , což znamená, že se zvyšoval podíl větších částic v ovzduší (typické právě pro erozi půdy a znečištění ze zemědělství). Tento vliv byl patrný zejména při jižním až jihozápadním proudění a rychlostech větru vyšších než 10 km/h.

## POUŽITÁ LITERATURA

Hetem IG, Andrade MD. Characterization of fine particulate matter emitted from the resuspension of road and pavement dust in the metropolitan area of São Paulo, Brazil. *Atmosphere*. 2016 Feb 23;7(3):31.

Skeřil R. Měření kvality ovzduší v malých obcích v topné sezoně 2017. Český hydrometeorologický ústav. 2018. Dostupné z <https://m.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?ID=361865&TypeId=61>

Trasande L, Malecha P, Attina TM. Particulate matter exposure and preterm birth: estimates of US attributable burden and economic costs. *Environmental health perspectives*. 2016 Dec;124(12):1913.

Vierkötter A, Krutmann J, Schikowski T. 9.1 Ambient Particulate Matter and Its Health Effects. *Environment and Skin*. 2017 Nov 20:105.

Wang, B., Tang, Z., Li, Y., Cai, N., & Hu, X. (2021). Experiments and simulations of human walking-induced particulate matter resuspension in indoor environments. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126488.

Wang, X., Xu, Z., Su, H., Ho, H. C., Song, Y., Zheng, H., ... & Cheng, J. (2021). Ambient particulate matter (PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>) and childhood pneumonia: the smaller particle, the greater short-term impact?. *Science of The Total Environment*, 772, 145509.