

# VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V LOKALITĚ HUSTĚNOVICE 5. – 19. 12. 2022



ENVITECH BOHEMIA, s.r.o.

## ÚDAJE O ZAKÁZCE

### Zhotovitel:

ENVitech Bohemia s.r.o.  
Ovocná 34/1021,  
161 00 Praha 6  
Česká republika

IČO: 47119209  
DIČ: CZ47119209

### Objednatel:

Zlínský kraj  
se sídlem ve Zlíně  
tř. T. Bati 21  
PSČ 761 90

|                       |                |
|-----------------------|----------------|
| Datum předání zprávy: | 23. ledna 2023 |
| Počet výtisků:        | 1              |
| Výtisk číslo:         | 1              |



# OBSAH

---

|          |                                                                   |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>MĚŘICÍ LOKALITA</b>                                            | <b>4</b>  |
| 1.1      | IMISNÍ LIMITY                                                     | 6         |
| 1.2      | DATA A JEJICH ZPRACOVÁNÍ                                          | 6         |
| <b>2</b> | <b>METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ</b>                       | <b>7</b>  |
| 2.1      | VĚTRNÉ RŮŽICE                                                     | 7         |
| 2.2      | RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU                                           | 8         |
| 2.3      | TEPLOTA VZDUCHU                                                   | 9         |
| 2.4      | RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU                                         | 10        |
| 2.5      | ATMOSFÉRICKÝ TLAK                                                 | 11        |
| <b>3</b> | <b>VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ</b>                                | <b>12</b> |
| 3.1      | SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE $PM_{10}$ A $PM_{2,5}$                       | 12        |
| 3.1.1    | PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE PM                                     | 14        |
| 3.1.2    | ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE | 16        |
| 3.1.3    | SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU            | 19        |
| 3.2      | OXIDY DUSÍKU $NO_2$ , $NO$ A $NO_x$                               | 22        |
| 3.2.1    | PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE $NO$ , $NO_2$ A $NO_x$                 | 23        |
| 3.2.2    | ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE | 25        |
| 3.2.3    | SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU            | 28        |
| 3.3      | OXID SIŘIČITÝ $SO_2$                                              | 30        |
| 3.3.1    | PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE $SO_2$                                 | 31        |
| 3.3.2    | ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE | 33        |
| 3.4      | PŘÍZEMNÍ OZÓN                                                     | 36        |
| 3.4.1    | VÝVOJ NEJVYŠŠÍCH 8HODINOVÝCH KLOUZAVÝCH PRŮMĚRŮ ZA DEN V ROCE     | 36        |
| 3.4.2    | ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE | 39        |
| 3.4.3    | SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU            | 42        |
| 3.5      | OXID UHELNATÝ $CO$                                                | 44        |
| 3.5.1    | VÝVOJ NEJVYŠŠÍCH 8HODINOVÝCH KLOUZAVÝCH PRŮMĚRŮ ZA DEN V ROCE     | 45        |
| 3.5.2    | ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE | 47        |
| 3.6      | BENZO[A]PYREN                                                     | 50        |
| 3.6.1    | MĚŘENÉ HODNOTY BENZO[A]PYRENU                                     | 51        |
| 3.7      | BENZEN                                                            | 52        |
| 3.7.1    | MĚŘENÉ HODNOTY BENZENU                                            | 53        |
| <b>4</b> | <b>ZÁVĚRY</b>                                                     | <b>55</b> |
| <b>5</b> | <b>CITOVANÁ LITERATURA</b>                                        | <b>57</b> |

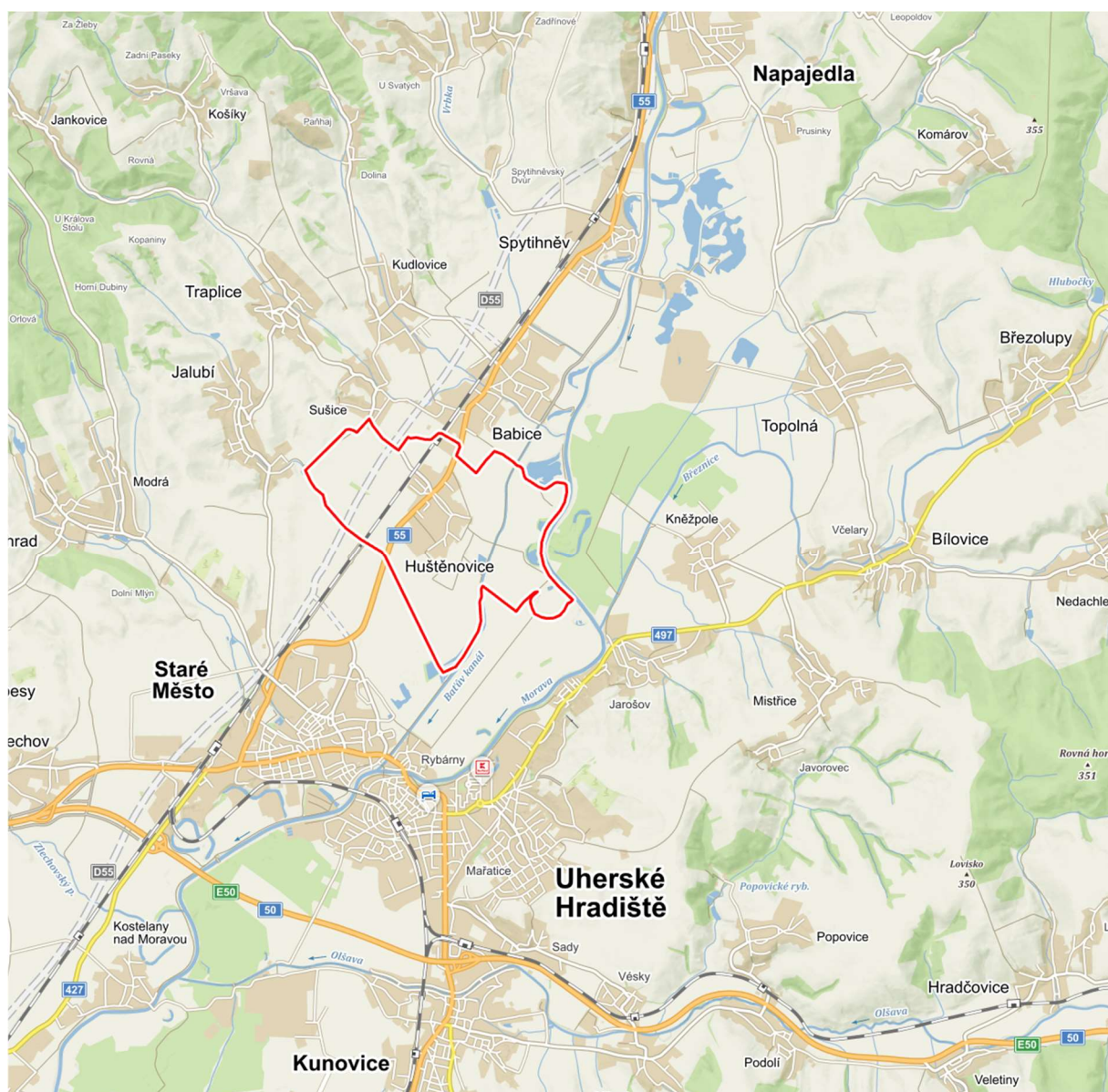
# 1 MĚŘICÍ LOKALITA

Měření kvality ovzduší probíhalo v lokalitě Huštěnovice, nedaleko hlavního tahu ze Starého Města na Napajedla. Z hlediska systemizace se jedná o městskou dopravní stanici, která je umístěna v obytné zóně. Reprezentativnost stanice je v rámci středního měřítka (100–500 m).

**Umístění měřicího místa:** parkoviště v blízkosti zástavby a silnice

**Terén:** rovina

**GPS souřadnice:** 49°06'30.2"N 17°27'54.0"E (49.108394, 17.465009), 200 m n. m.



Obr. 1 – Mapa lokality Huštěnovice a okolí





Obr. 2 – Fotografie měřicí lokality Huštěnovice

## 1.1 IMISNÍ LIMITY

Pro škodliviny, měřené v lokalitě Huštěnovice, platí následující imisní limity dle Přílohy č. 1 zákona o ochraně ovzduší [1].

Tab. 1 - Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí a maximální počet jejich překročení

| Znečišťující látka                     | Doba průměrování                                | Imisní limit<br>LV                     | pLV |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|-----|
| Suspendované částice PM <sub>10</sub>  | 24 hodin                                        | 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$     | 35  |
| Suspendované částice PM <sub>10</sub>  | 1 kalendářní rok                                | 40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$     |     |
| Suspendované částice PM <sub>2,5</sub> | 1 kalendářní rok                                | 20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$     |     |
| Oxid siřičitý SO <sub>2</sub>          | 24 hodin                                        | 125 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$    | 3   |
| Oxid siřičitý SO <sub>2</sub>          | 1 hodina                                        | 350 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$    | 24  |
| Oxid dusičitý NO <sub>2</sub>          | 1 hodina                                        | 200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$    | 18  |
| Oxid dusičitý NO <sub>2</sub>          | 1 kalendářní rok                                | 40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$     | 25  |
| Přízemní ozón O <sub>3</sub>           | maximální denní osmihodinový<br>klouzavý průměr | 120 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$    |     |
| Oxid uhelnatý CO                       | maximální denní osmihodinový<br>klouzavý průměr | 10 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ |     |
| Benzo[a]pyren                          | 1 kalendářní rok                                | 1 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$        |     |

Kromě samotných imisních limitů tabulky uvádí také přípustnou četnost překročení za kalendářní rok (pLV, je-li stanovena). To znamená, že například v případě denního limitu pro PM<sub>10</sub> může být za kalendářní rok hodnota 50  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  maximálně 35krát překročena, aniž by došlo k překročení imisního limitu. Proto se často hodnotí 36. nejvyšší denní koncentrace, která pokud je vyšší než 50  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , došlo k překročení imisního limitu.

Vzhledem ke krátkodobé měřicí kampani jsou imisní limity pouze orientační.

## 1.2 DATA A JEJICH ZPRACOVÁNÍ

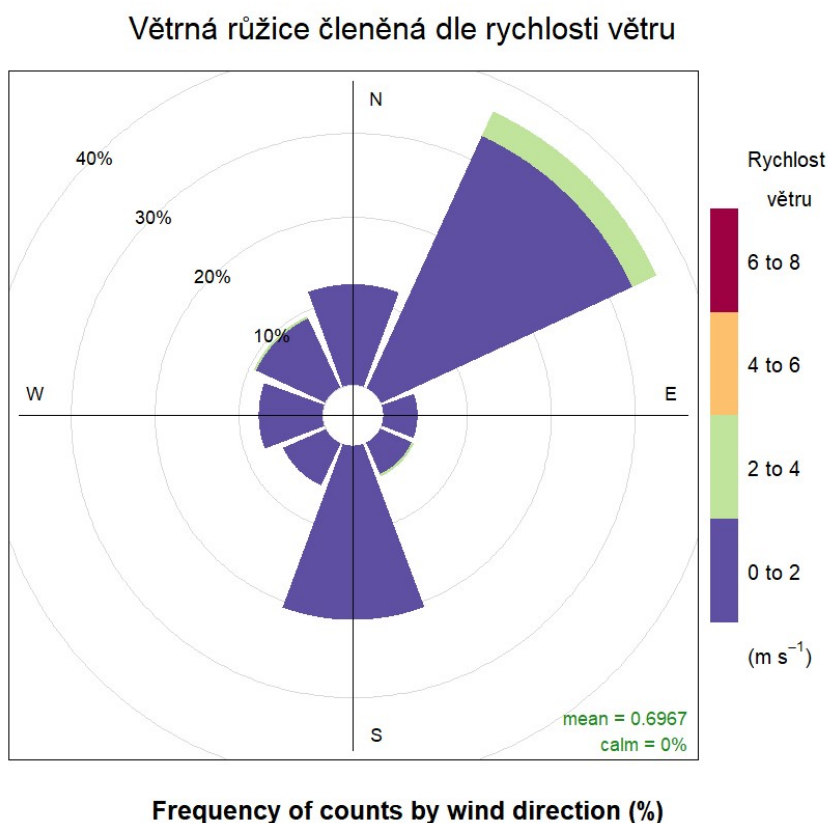
K analýze a zobrazení závislosti znečištění ovzduší na meteorologických podmínkách sloužil OpenSource balík R (R Core Team, Rakousko) [2]. Především bylo využito souboru balíčků „Tidyverse“, obsahují nástroje pro zpracování a analýzu dat a jejich vizualizaci [3]. Dále bylo využito balíčku „openair“, jehož součástí jsou algoritmy pro použité polární grafy [4].

## 2 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ

### 2.1 VĚTRNÉ RŮŽICE

Na následujícím Obr. 3 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Huštěnovice konstruovaná z hodinových rychlostí a směrů větru. Růžice naznačuje, že převažuje proudění ze severovýchodních (cca 38 % času) a jižních (cca 20 % času) směrů. Vyšší rychlosti větru byly zaznamenány velmi málo pouze ze severovýchodních směrů. Bezvětří se po čas kampaně nevyskytovalo.

V lokalitě byly měřeny většinou nízké rychlosti větru (do  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), průměrná rychlost větru za celé měřené období byla zhruba  $0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

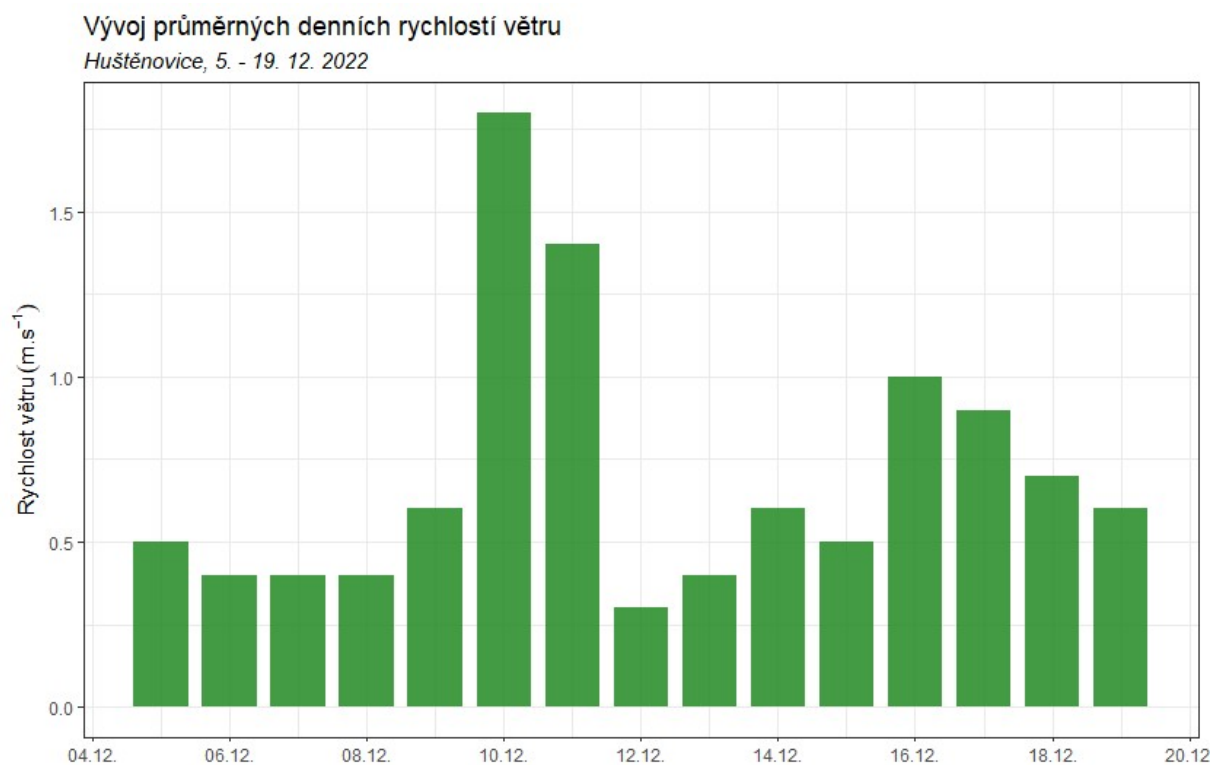


Obr. 3 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

## 2.2 RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU

Meteorologické podmínky v chladné části roku vlivem častějších, a především silnějších teplotních inverzí napomáhají horším rozptylovým podmínkám – během teplotní inverze se v atmosféře vytvoří vrstva připomínající pokličku, pod kterou je stabilní atmosféra tzn., že je téměř bezvětrí nebo pouze nízké rychlosti větru a nedochází tedy k dostatečnému rozptylu škodlivin. Škodliviny se pak pod touto vrstvou kumulují a jejich koncentrace roste. Rychlost proudění větru je tedy významným meteorologickým prvkem ovlivňujícím koncentrace škodlivin ovzduší. Pokud jsou rychlosti velmi nízké nebo panuje bezvětrí, jsou zpravidla koncentrace škodlivin (zejména suspendovaných částic) vysoké. Naopak při vyšších rychlostech větru dochází k dobrému rozptylu, na druhou stranu může rovněž docházet i k resuspenzi suspendovaných částic, kdy dochází k opětovnému vznosu již jednou sedimentovaných částic. Příkladem takové resuspenze může být např. větrná eroze, kdy vlivem větru je strhávána půda z polí do vzduchu a podílí se tak na nárůstu koncentrací suspendovaných částic v ovzduší.

Na následujícím Obr. 4 jsou uvedeny průměrné denní rychlosti proudění větru v lokalitě Huštěnovice. Z grafu je patrné, že byly měřeny převážně nízké denní rychlosti větru zhruba do  $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , nejvyšší průměrná denní hodnota byla naměřena dne 10. 12. 2022.



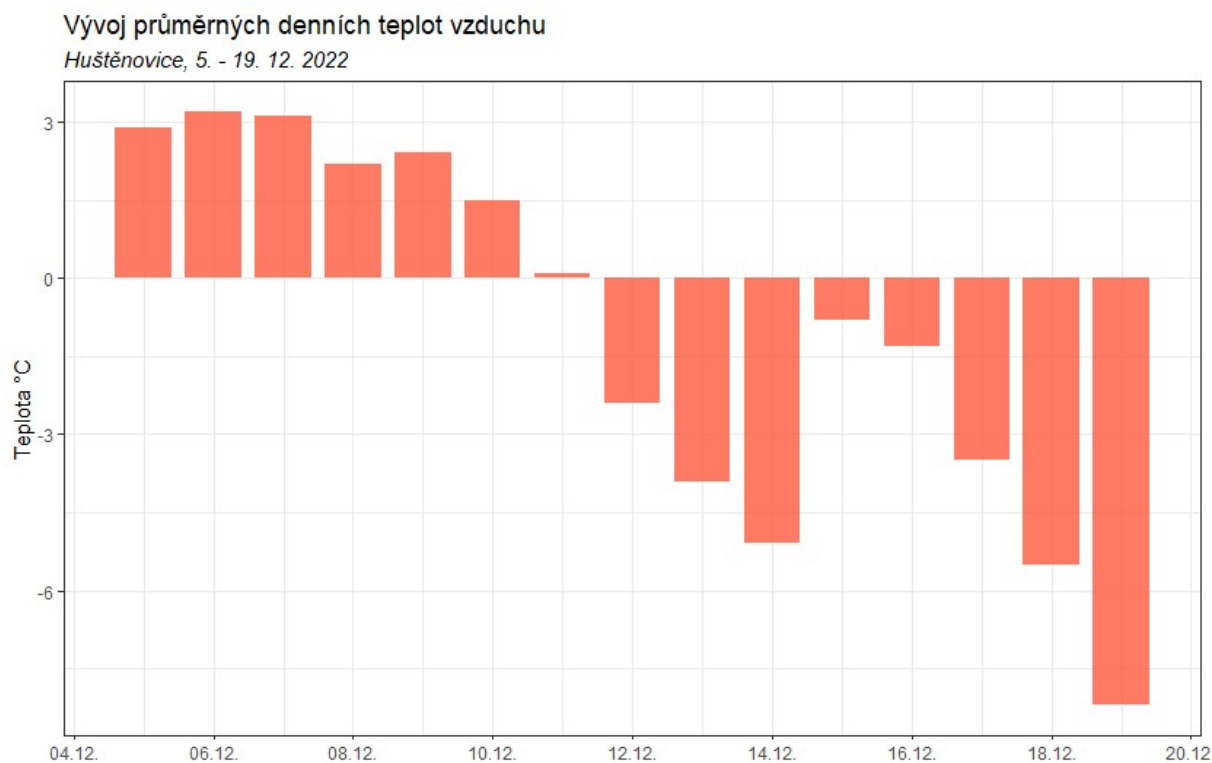
Obr. 4 – Průměrné denní rychlosti větru, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022



## 2.3 TEPLOTA VZDUCHU

Významným faktorem, ovlivňujícím koncentrace a distribuci velikostních frakcí je teplota vzduchu. V dlouhodobém trendu platí, že s klesající teplotou rostou koncentrace částic v ovzduší, přičemž je více zastoupená jemnější frakce, a naopak s rostoucí teplotou koncentrace klesají a je výrazněji zastoupená hrubší frakce částic. Teplota však spolu se slunečním zářením má vliv i na tvorbu částic z plynných prekurzorů tzv. nukleací. Působení teploty na tvorbu částic může být přímé (nukleace, růst a agregace) a nepřímé, kdy nízké teploty nutí k intenzivnějšímu vytápění, a tudíž k vyšším emisím tuhých látek z lokálních topenišť. Pokud jsou během teplotních inverzí velmi nízké teploty a bezvětří, vedou tyto situace k nárůstu koncentrací všech škodlivin v ovzduší a pokud situace trvá déle i k vyhlášení smogových situací.

Následující Obr. 5 zobrazuje průměrné denní teploty vzduchu v lokalitě Huštěnovice. Z grafu vyplývá, že vyšší hodnoty byly v této lokalitě měřeny začátkem kampaně, poté průměrné denní teploty klesly pod bod mrazu. Minimální teploty pak byly měřeny ke konci měření 19. 12. 2022, kdy průměrná denní teplota klesla na -8,2 °C (Obr. 5).

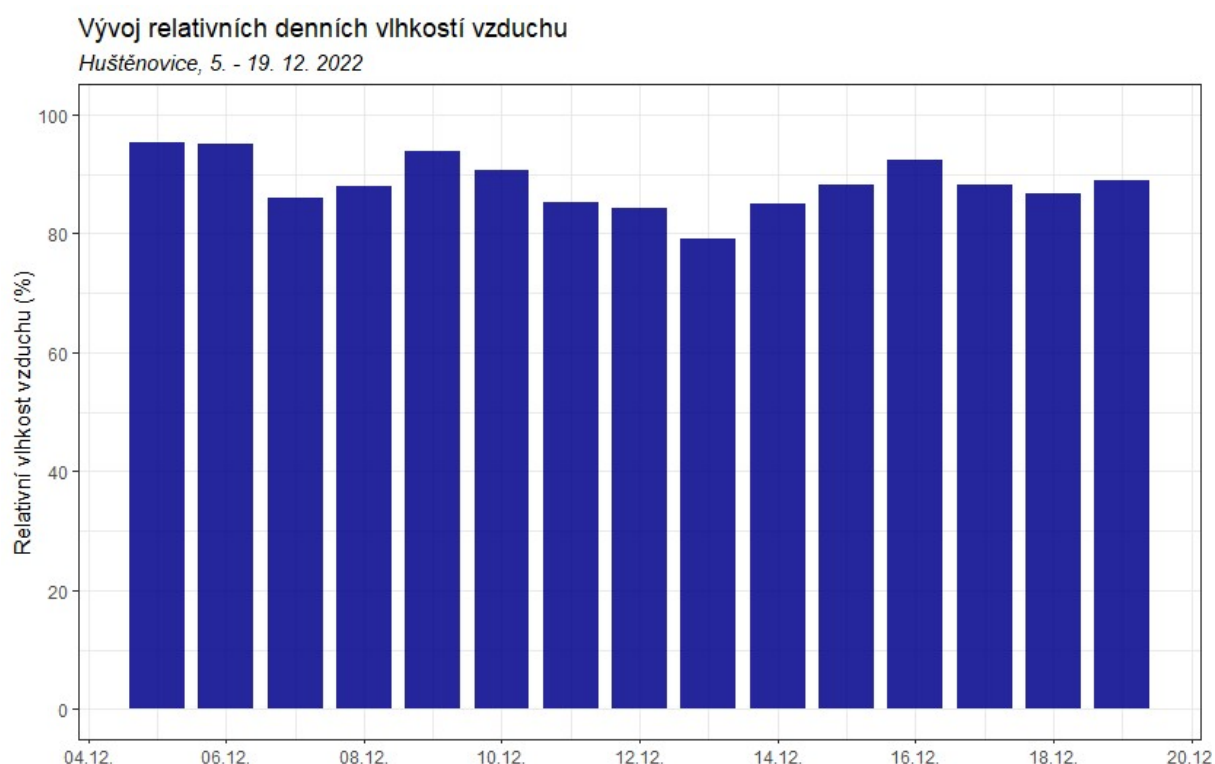


Obr. 5 – Průměrné denní teploty vzduchu, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

## 2.4 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU

Důležitým faktorem, ovlivňujícím koncentrace a distribuci velikostních frakcí je i relativní vlhkost vzduchu. V dlouhodobém trendu platí, že s rostoucí relativní vlhkostí rostou koncentrace částic v ovzduší, přičemž je více zastoupená jemnější frakce, a naopak s klesající relativní vlhkostí koncentrace klesají a je výrazněji zastoupená hrubší frakce částic.

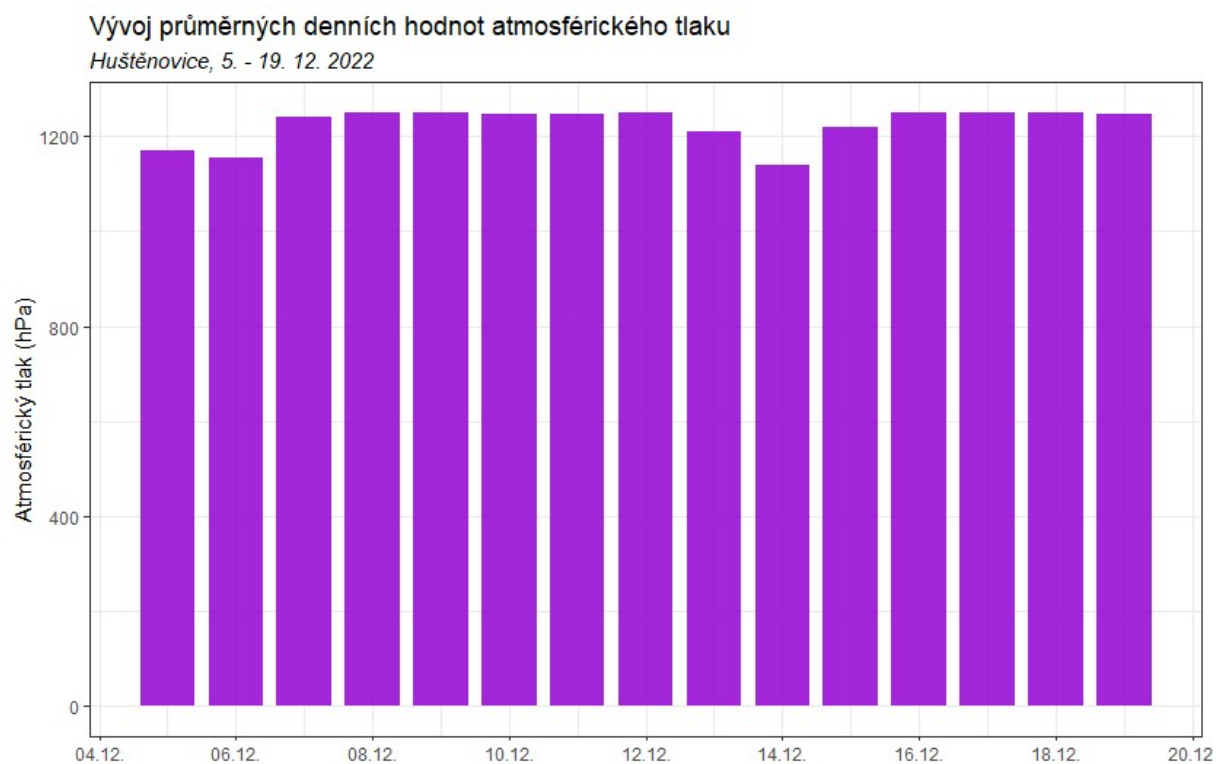
Následující Obr. 6 zobrazuje průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu v lokalitě Huštěnovice. Z grafu vyplývá, že hodnoty relativní vlhkosti se pohybovaly mezi 80 a 100 %, nejnižší relativní vlhkost byla naměřena dne 13. 12. 2022 (79,1 %).



Obr. 6 - Průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

## 2.5 ATMOSFÉRICKÝ TLAK

Následující Obr. 7 zobrazuje denní hodnoty atmosférického tlaku v lokalitě Huštěnovice.



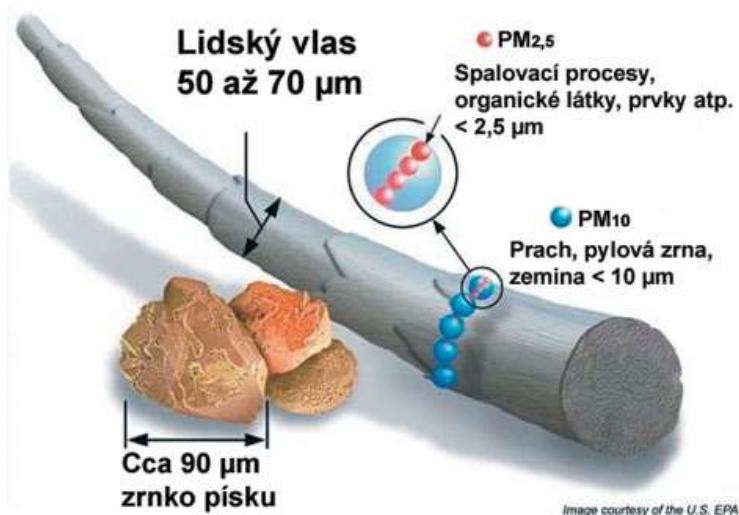
Obr. 7 – Průměrné denní hodnoty atmosférického tlaku, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

## 3 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

### 3.1 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE $PM_{10}$ A $PM_{2,5}$

Suspendované částice jsou emitovány jak přírodními (např. sopky či prашné 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.

Z hlediska platné legislativy [1] jsou v ovzduší sledovány dvě velikostní frakce suspendovaných částic. Jedná se o hrubší frakci  $PM_{10}$  (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 10  $\mu m$ ) a jemnější frakci  $PM_{2,5}$  (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 2,5  $\mu m$ ). Názorně jsou tyto částice velikostně srovnány s lidským vlasem na Obr. 8.

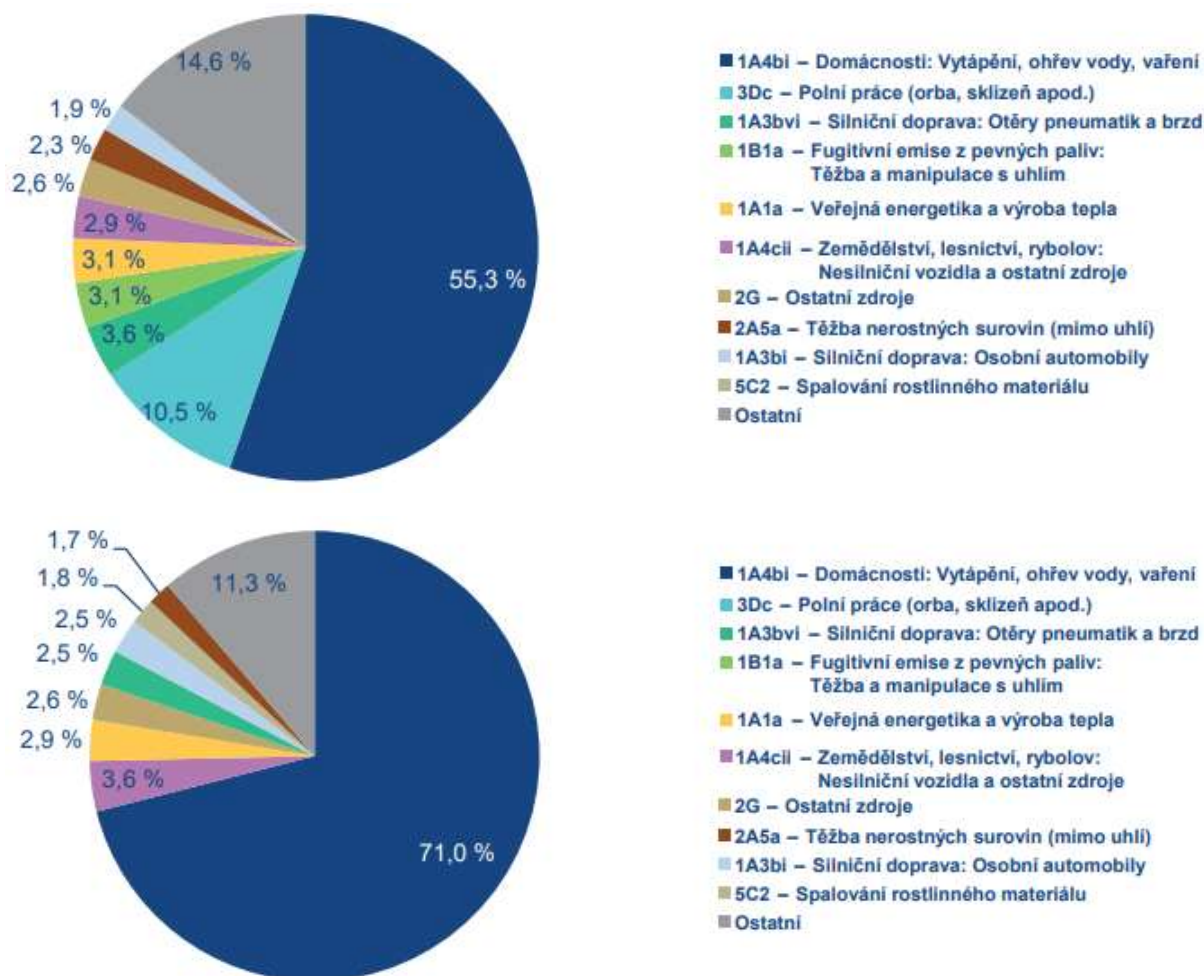


Obr. 8 – Srovnání velikostí částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  s lidským vlasem a zrnkem písku. Zdroj: US EPA

Emisní inventury částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  prováděné podle současných metodik zahrnují pouze emise produkované primárními zdroji. Ve srovnání s emisemi jiných znečišťujících látek jsou emise  $PM_x$  vnášeny do ovzduší z velkého počtu významnějších skupin zdrojů. Kromě zdrojů, ze kterých jsou tyto látky vypouštěny řízeně komínem nebo výduchy (průmyslové zdroje, lokální topeniště, doprava), pochází významné množství emisí PM ze zdrojů fugitivních (kamenolomy, skládky prашných materiálů, operace s prашnými materiály apod.). Zahrnuty jsou rovněž emise z otěrů pneumatik, brzdového obložení a abraze vozovek vypočítávané z dopravních výkonů. Kvalitu ovzduší ovlivňuje rovněž resuspenze částic (znovuvzvíření), která do standardně prováděných emisních inventur není zahrnuta.

Mezi hlavní zdroje emisí částic v roce 2020 patřil sektor 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami  $PM_{10}$  55,3 % a  $PM_{2,5}$  71 %. Mezi další významné zdroje emisí  $PM_{10}$  patřil sektor 3Dc – Polní práce, kde tyto emise vznikají při zpracování půdy, sklizni a čištění zemědělských plodin. Tento sektor představoval 10,5 % emisí  $PM_{10}$ . Z hlediska účinku na lidské zdraví jsou velkým rizikem emise částic pocházející z dopravy, především ze spalování paliv ve vznětových motorech, které produkují částice o velikosti jednotek až

stovek nanometrů [5]. Mobilní zdroje se na emisích  $PM_{10}$  v roce 2020 podílely 11,7 % a na emisích  $PM_{2,5}$  11,8 % [6].



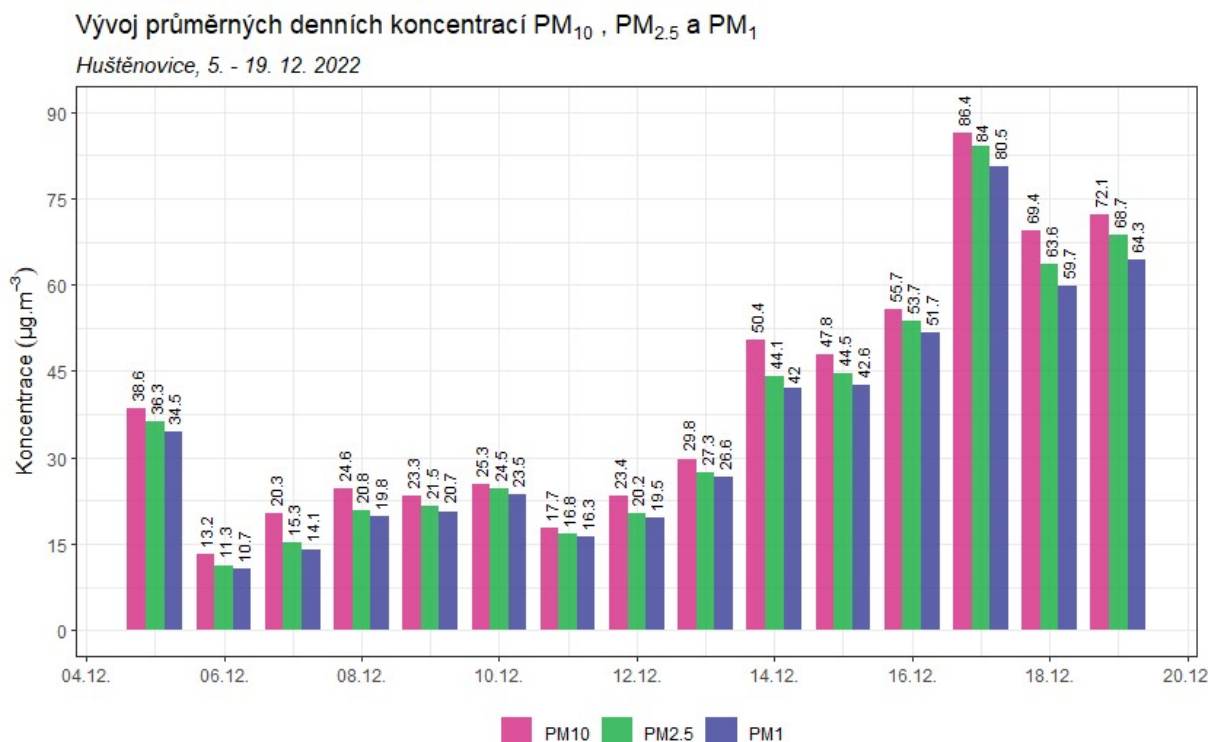
Obr. 9 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích  $PM_{10}$  (nahore) a  $PM_{2,5}$  (dole) v ČR, rok 2020 [6]

Suspendované částice mají významné zdravotní důsledky, které se projevují již při velmi nízkých koncentracích bez zřejmé spodní hranice bezpečné koncentrace. Zdravotní rizika částic ovlivňuje jejich koncentrace, velikost, tvar a chemické složení. Při akutním působení částic může dojít k podráždění sliznic dýchací soustavy, zvýšené produkci hlenu apod. Tyto změny mohou způsobit snížení imunity a zvýšení náchylnosti k onemocnění dýchací soustavy. Opakující se onemocnění mohou vést ke vzniku chronické bronchitidy a kardiovaskulárním potížím. Při akutním působení částic může dojít k zvýraznění symptomů u astmatiků a navýšení celkové nemocnosti a úmrtnosti populace. Dlouhodobé vystavení působení částic může vést ke vzniku onemocnění respiračního a kardiovaskulárního systému. Míra zdravotních důsledků je ovlivněna řadou faktorů, jako je například aktuální zdravotní stav jedince, alergická dispozice nebo kouření. Citlivou skupinou jsou děti, starší lidé a lidé trpící onemocněním dýchací a oběhové soustavy. Nejzávažnější zdravotní dopady, tj. kardiovaskulární a respirační účinky a navýšení úmrtnosti, mají jemné a ultra jemné částice s velikostí aerodynamického průměru pod  $1\ \mu m$  [7], [8].



### 3.1.1 Průměrné denní koncentrace PM

Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> v lokalitě Huštěnovice zobrazuje následující Obr. 10. Z grafu je patrné, že koncentrace jemnější frakce PM<sub>2,5</sub> do značné míry kopírují hrubší frakci PM<sub>10</sub> a z velmi velké části tak PM<sub>10</sub> tvoří. Jemná frakce PM<sub>2,5</sub> tvořila během kampaně v průměru 90,8 % hrubší frakce PM<sub>10</sub>, nejjemnější frakce PM<sub>1</sub> pak tvořila 86,7 % frakce PM<sub>10</sub>.

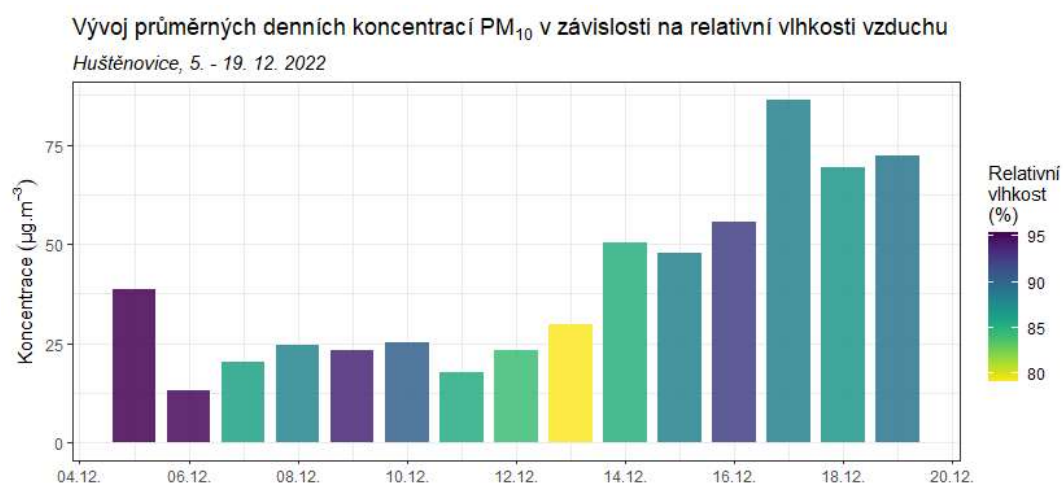
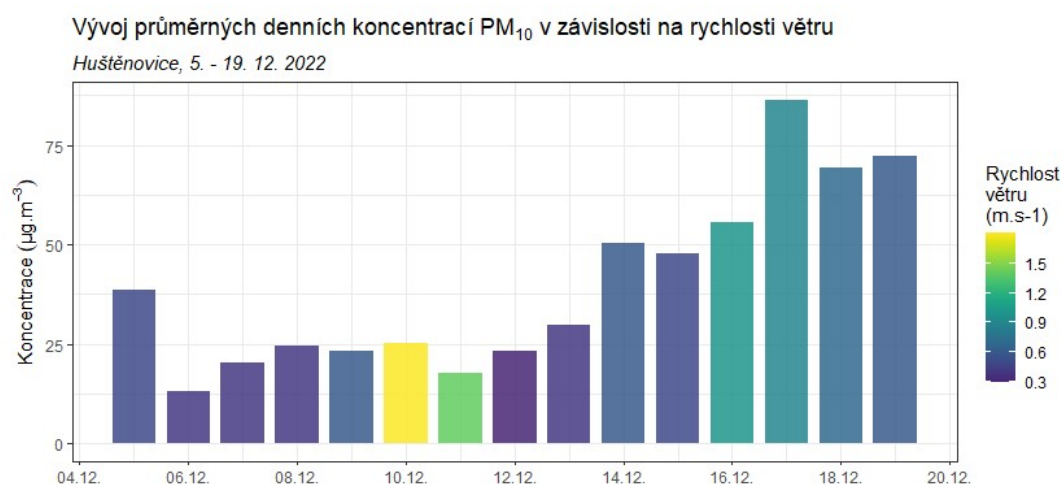
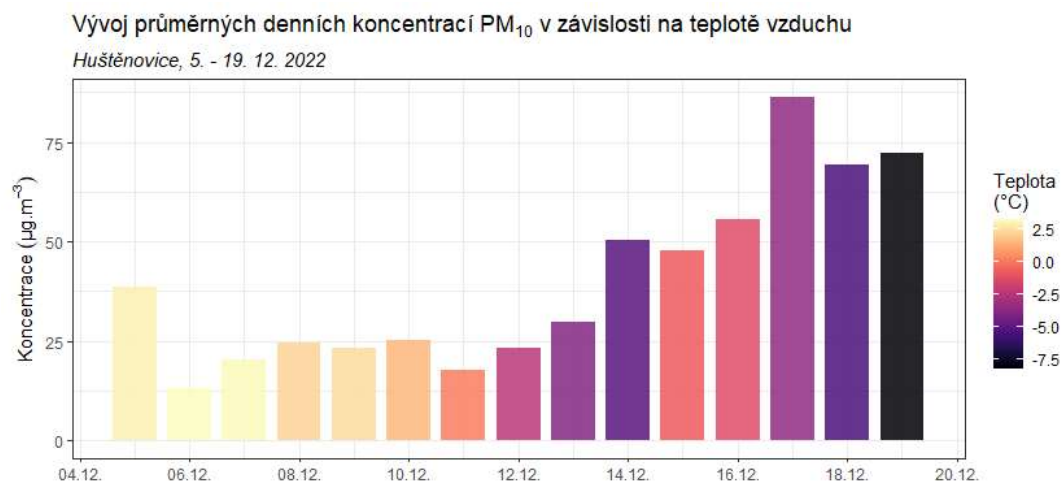


Obr. 10 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Průměrné denní koncentrace vyšší, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub> (50 µg·m<sup>-3</sup>) se vyskytly ve druhé polovině měřicí kampaně (od 14. 12.), do konce měření došlo k 5 překročením této limitní hodnoty. V jednom kalendářním roce se může vyskytnout maximálně 35 dní s koncentrací vyšší než 50 µg·m<sup>-3</sup>, pokud jich je více, dochází k překročení imisního limitu.

Vzhledem k tomu, že jsou trend i hodnoty PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> téměř totožné (Obr. 10), bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro PM<sub>10</sub>, avšak totéž platí i pro jemnější frakce.

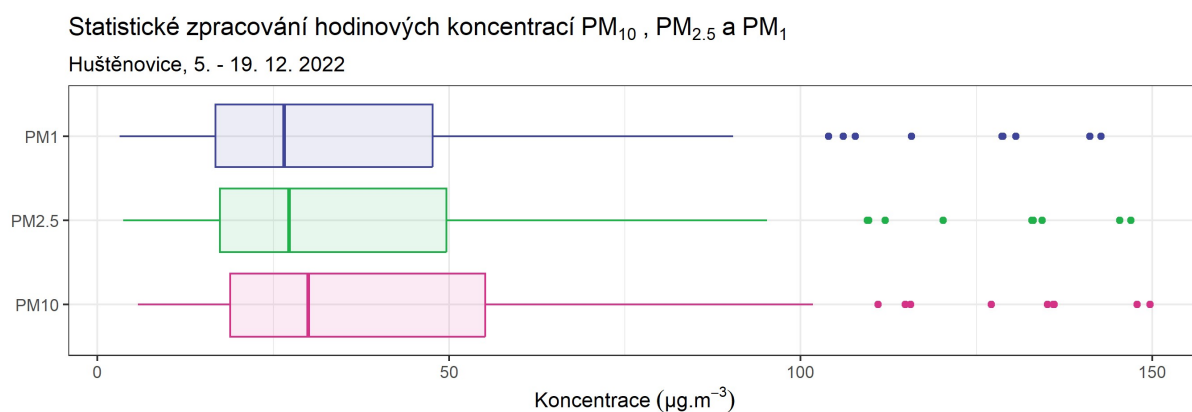
Na Obr. 11 jsou nad sebou zobrazeny 3 grafy. Sloupce vždy zobrazují vývoj koncentrací PM<sub>10</sub>, zbarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním relativní vlhkost. Z grafů je pak patrné, že vyšší koncentrace PM<sub>10</sub> jsou měřeny při nízkých teplotách a nízkých rychlostech větru. To jsou mimo jiné podmínky charakteristické pro teplotní inverzi. Nízké teploty se dále promítnou do potřeby více topit, takže se i zvyšují emise z lokálních topenišť – v chladné části roku nejvýznamnější zdroj prašnosti. Nízké rychlosti větru pak zabraňují dostatečnému rozptýlu škodlivin a koncentrace se tak neustále zvyšují.



Obr. 11 – Vliv teploty (nahore) a rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace PM<sub>10</sub>, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

### 3.1.2 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

Statistické zpracování hodinových koncentrací  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$  zobrazuje následující Obr. 12. Je z něj patrné, že všechny veličiny dosahují velmi podobných charakteristik včetně mediánu hodnot. Koncentrace  $PM_{10}$  dosahují mírně vyšší absolutní maximum. Dobře jsou patrné odlehle hodnoty, kdy hodinové koncentrace PM vzrostly až k  $150 \mu g \cdot m^{-3}$ . Maximální hodinové koncentrace všech frakcí bylo dosaženo dne 17. 12. 2022 ve 20:00. Maximální hodinová koncentrace  $PM_{10}$  měla v této lokalitě hodnotu  $149,7 \mu g \cdot m^{-3}$ , maximální hodinová koncentrace  $PM_{2,5}$  měla hodnotu  $147 \mu g \cdot m^{-3}$  a maximální hodinová koncentrace  $PM_1$  měla hodnotu  $142,7 \mu g \cdot m^{-3}$ .



Obr. 12 – Statistické zpracování hodinových koncentrací  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ , Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Číselně zobrazuje statistické údaje hodinových koncentrací  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  během kampaně následující Tab. 2.

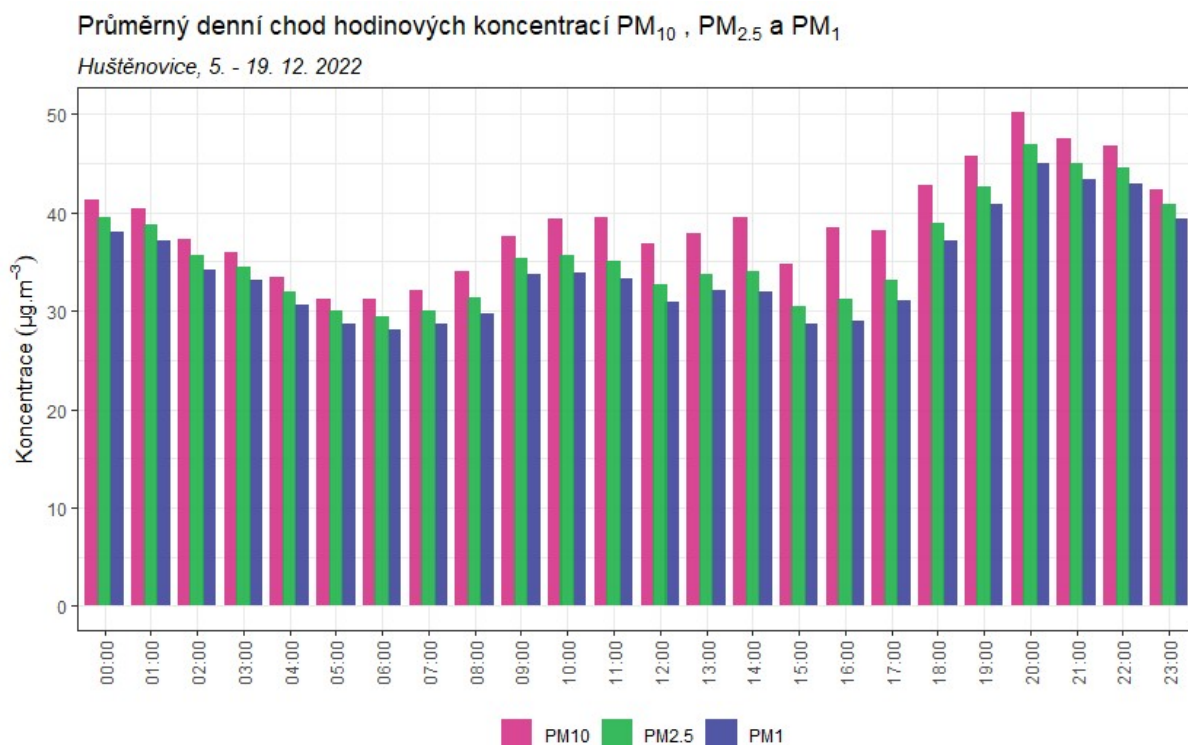
Tab. 2 – Statistické parametry průměrných hodinových koncentrací  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  ( $\mu g \cdot m^{-3}$ ), Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

| STATISTIKA | $PM_{10}$ | $PM_{2,5}$ | $PM_1$ |
|------------|-----------|------------|--------|
| PRŮMĚR     | 38,8      | 35,8       | 34,2   |
| MAXIMUM    | 149,7     | 147        | 142,7  |
| MEDIÁN     | 30        | 27,3       | 26,6   |
| MINIMUM    | 5,8       | 3,7        | 3,2    |

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací PM v lokalitě Huštěnovice. Denní chod koncentrací zobrazuje Obr. 13.

Z grafů je patrné, že denní chod zaznamenává dvě kulminace – nižší v dopoledních hodinách během dopravní špičky a vyšší ve večerních hodinách. Nejvyšší hodnoty koncentrací  $PM_{10}$  jsou dosahovány ve večerních a nočních hodinách kolem 20:00. Je to velmi pravděpodobně důsledek návratu lidí z práce a zatopení v lokálních topeništích, které plošně navýší hodnoty koncentrací prašnosti v celém území. Svůj vliv mají také rozptylové podmínky, které bývají v noci horší. Nárůst začíná kolem 17. hodiny a zůstává zvýšený zhruba do 20. hodiny. Poté dochází k postupnému poklesu koncentrací až do 6. hodiny

ranní, kdy dochází k ranní špičce. V odpoledních hodinách dochází k poklesu jemnějších frakcí, pokles u  $PM_{10}$  není tak významný.

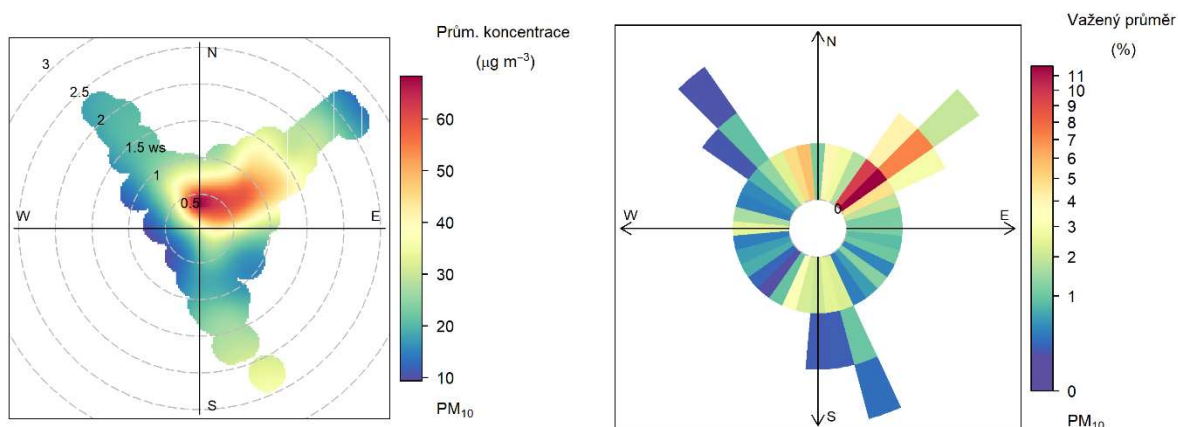


Obr. 13 – Denní chod hodinových koncentrací  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  a  $PM_1$ , Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Koncentrační růžice jsou nástroj pro analýzu znečištění ovzduší na základě meteorologických charakteristik. Pro jejich konstrukci jsou použita hodinová data meteorologických prvků a koncentrací škodlivin. Vychází se z větrné růžice, do polárních souřadnic se ukládá jednak směr větru jako u klasické větrné růžice, a dále pak rychlost větru – ve středu růžice je bezvětří, s rostoucí vzdáleností od středu roste rychlost větru. Pro jednotlivé rychlosti a směry větru je pak v koncentrační růžici zprůměrována koncentrace dané škodliviny, naměřená vždy při daných rychlostech a směrech větru.

Základní koncentrační růžice tak ukazuje, při jakých rychlostech a směrech větru jsou v průměru dosahovány (nejvyšší) koncentrace. Vážená koncentrační růžice pak vypočte vážený průměr (tzn. že je vzata v úvahu také četnost výskytu), a dává tak informaci, jakým procentem se jednotlivé směry větru podílí na měřených koncentracích dané škodliviny.

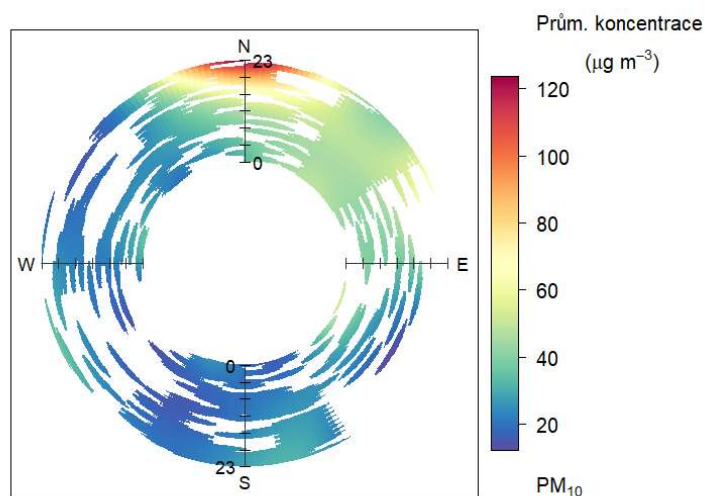
Následující Obr. 14 zobrazuje tyto dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Huštěnovice.



Obr. 14 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro PM<sub>10</sub>, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Z Obr. 14 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při severovýchodním proudění a spíše nižších rychlostech větru. Co se týče relativního příspěvku k měřeným koncentracím, převládají rovněž severovýchodní směry větru (z těchto směrů fouká nejčastěji) a nízké rychlosti větru.

Cenné informace poskytuje rovněž průměrný denní chod členěný dle směru větru. Uprostřed kruhu je první hodina po půlnoci a na okraji pak 23. hodina.



Obr. 15 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Z Obr. 15 pak vyplývá, že v případě lokality Huštěnovice byly nejvyšší koncentrace PM<sub>10</sub> měřeny ve večerních a nočních hodinách, a to zejména ze severních směrů.

### 3.1.3 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Huštěnovice, srovnány s hodnotami naměřenými ve státní síti imisního monitoringu (SSIM) Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

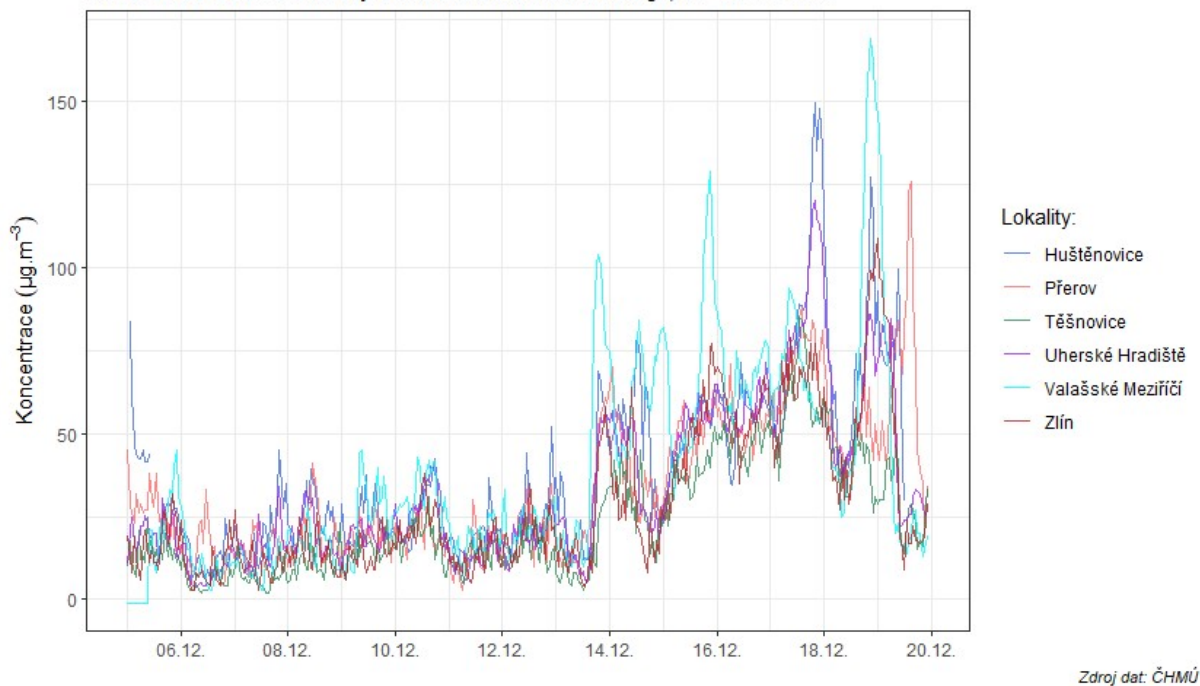
Na následujícím Obr. 16 jsou zobrazeny hodinové koncentrace částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  na blízkých lokalitách a srovnány s lokalitou Huštěnovice. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Huštěnovice jsou měřeny obdobné koncentrace PM s totožným trendem, jako v případě ostatních lokalit SSIM. V datech jsou patrné píky koncentrací v lokalitě Valašské Meziříčí a Huštěnovice.

Na následujícím Obr. 17 jsou zobrazeny průměrné denní koncentrace částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  na blízkých lokalitách a srovnány s lokalitou Huštěnovice. Nejnížší hodnotu naměřila venkovská pozadřová lokalita Těšnovice. Nejvyšší koncentrace PM byly měřeny především v lokalitě Valašské Meziříčí a ve vybrané dny i v dopravní lokalitě Uherské Hradiště a Huštěnovice. V druhé polovině kampaně docházelo k překročení hodnoty pro denní koncentrace  $PM_{10}$  na všech lokalitách, i když např. v lokalitě Těšnovice pouze 1x.



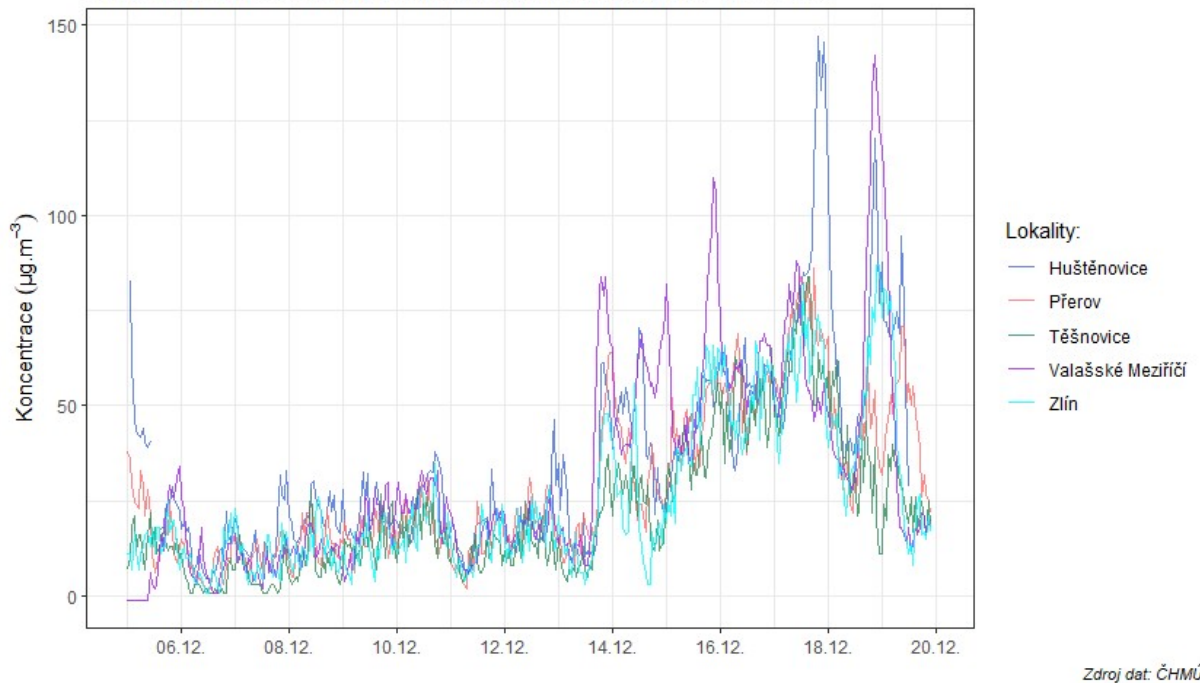
### Srovnání hodinových koncentrací $PM_{10}$

Lokalita Huštěnovice a lokality státní sítě imisního monitoringu, 5. - 19. 12. 2022



### Srovnání hodinových koncentrací $PM_{2.5}$

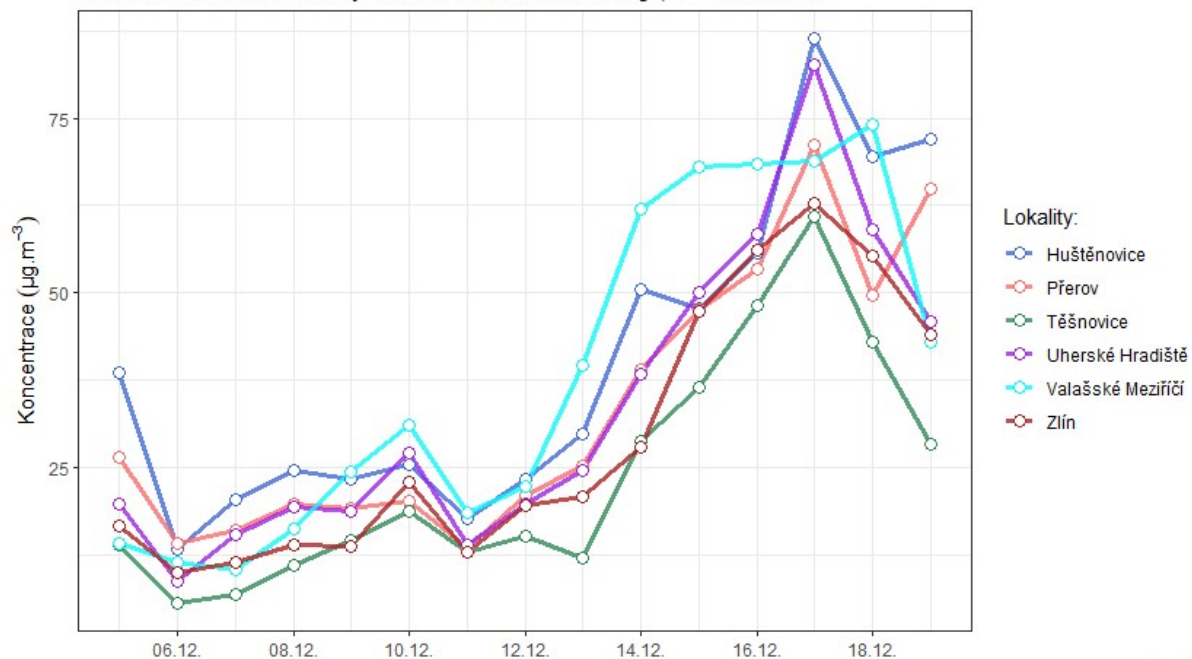
Lokalita Huštěnovice a lokality státní sítě imisního monitoringu, 5. - 19. 12. 2022



Obr. 16 – Srovnání hodinových koncentrací  $PM_{10}$  (nahore) a  $PM_{2.5}$  (dole) v lokalitě Huštěnovice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, 5. – 19. 12. 2022 (zdroj dat: ČHMÚ)

### Srovnání průměrných denních koncentrací $PM_{10}$

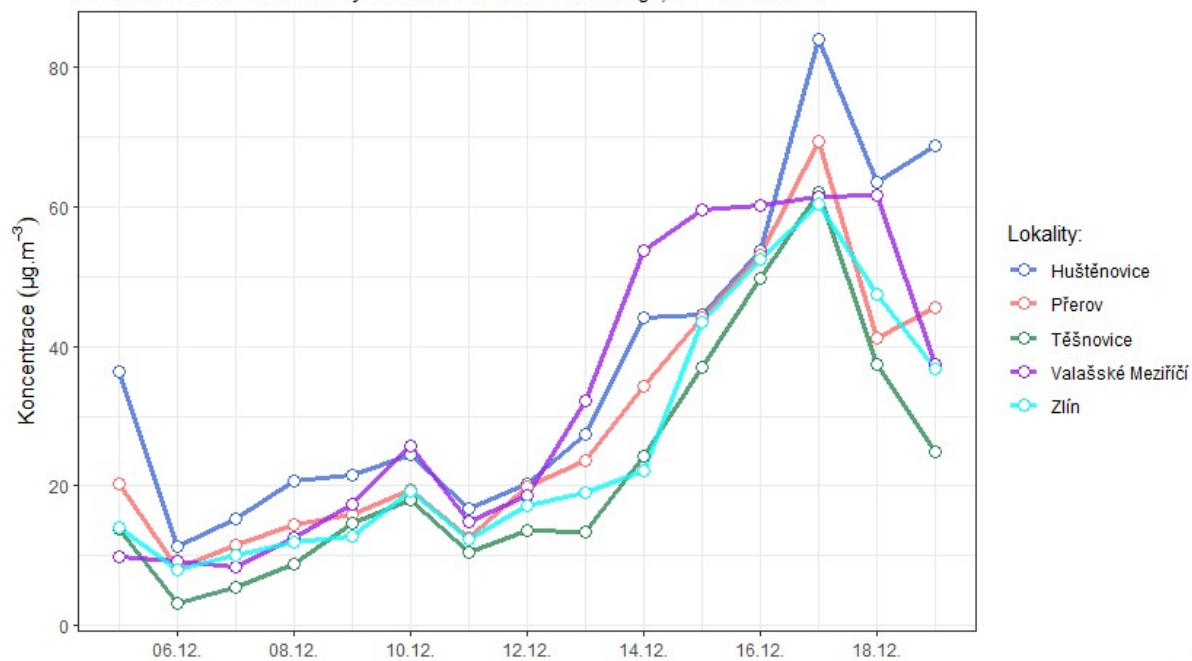
Lokalita Huštěnovice a lokality státní sítě imisního monitoringu, 5. - 19. 12. 2022



Zdroj dat: ČHMÚ

### Srovnání průměrných denních koncentrací $PM_{2.5}$

Lokalita Huštěnovice a lokality státní sítě imisního monitoringu, 5. - 19. 12. 2022



Zdroj dat: ČHMÚ

Obr. 17 – Srovnání průměrných denních koncentrací  $PM_{10}$  (nahore) a  $PM_{2.5}$  (dole) v lokalitě Huštěnovice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, 5. – 19. 12. 2022 (zdroj dat: ČHMÚ)

## 3.2 OXIDY DUSÍKU NO<sub>2</sub>, NO A NO<sub>x</sub>

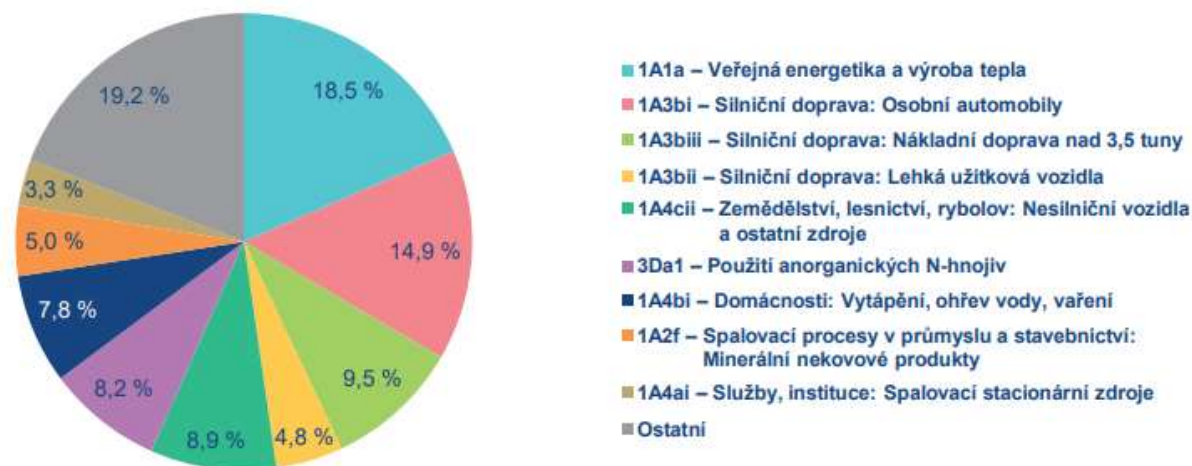
Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>) [9].

Pro oxid dusičitý jsou v příloze 1 zákona o ochraně ovzduší [1] uvedeny dva imisní limity. Pro průměrnou roční koncentraci a pro hodinovou koncentraci, která může být za kalendářní rok 18 x překročena (Tab. 1).

Z hlediska imisních limitů je na území ČR důležitý pouze imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO<sub>2</sub>. Imisní limit pro hodinovou koncentraci není v současnosti na žádné lokalitě v ČR překračován, a to ani na dopravně nejzatíženějších lokalitách, jako je Praha-Legerova.

Více než 90 % z celkových oxidů dusíku ve venkovním ovzduší je emitováno ve formě NO. NO<sub>2</sub> vzniká relativně rychle reakcí NO s přízemním ozonem nebo s radikály typu HO<sub>2</sub>, popř. RO<sub>2</sub> [10]. Řadou chemických reakcí se část NO<sub>x</sub> přemění na HNO<sub>3</sub>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, které jsou z atmosféry odstraňovány suchou a mokrou atmosférickou depozicí. Pozornost je věnována NO<sub>2</sub> z důvodu jeho negativního vlivu na lidské zdraví. Hraje také klíčovou roli při tvorbě fotochemických oxidantů.

V Evropě vznikají emise NO<sub>x</sub> převážně z antropogenních spalovacích procesů, kde NO vzniká reakcí mezi dusíkem a kyslíkem ve spalovaném vzduchu a částečně i oxidací dusíku z paliva. Hlavní antropogenní zdroje představuje především silniční doprava (významný podíl má ovšem i doprava letecká a vodní) a dále spalovací procesy ve stacionárních zdrojích. Méně než 10 % celkových emisí NO<sub>x</sub> vzniká ze spalování přímo ve formě NO<sub>2</sub>. Přírodní emise NO<sub>x</sub> vznikají převážně z půdy, vulkanickou činností a při vzniku blesků. Jsou poměrně významné z globálního pohledu, z pohledu Evropy však představují méně než 10 % celkových emisí [11].



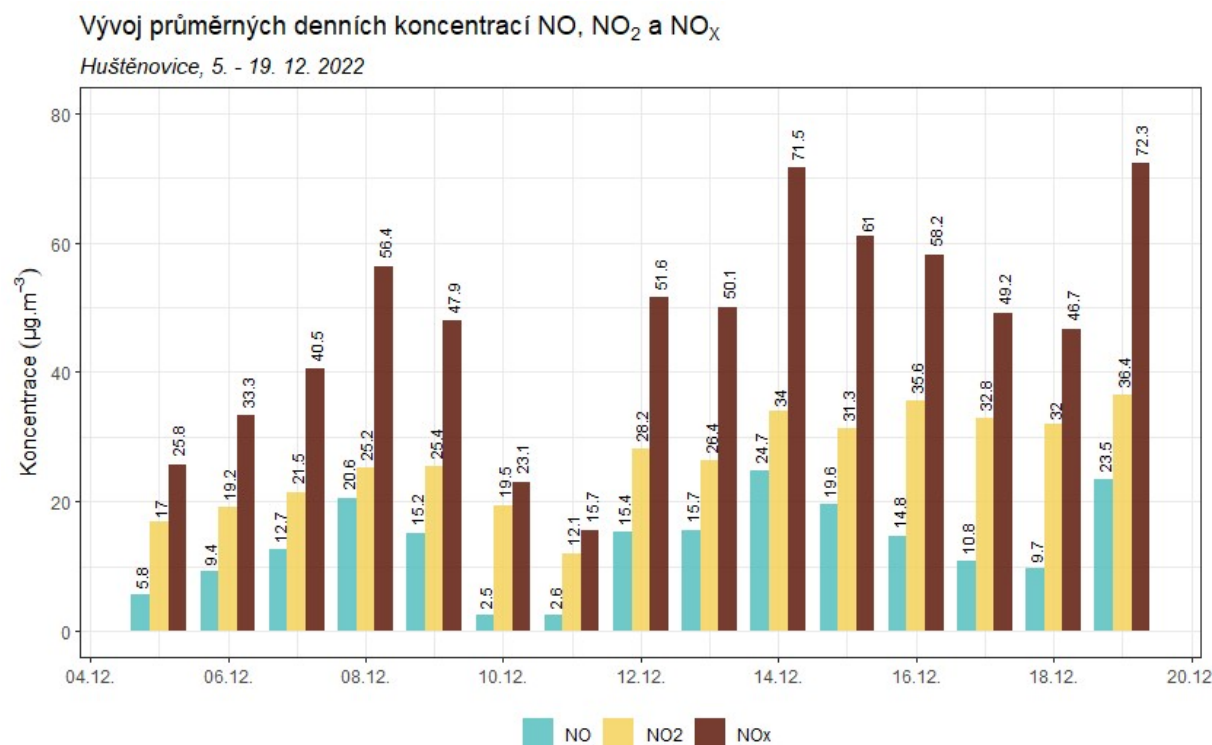
Obr. 18 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO<sub>x</sub> v ČR, rok 2020 [6]

Největší množství emisí NO<sub>x</sub> pochází z mobilních zdrojů. Sektory 1A3bi – *Silniční doprava: Osobní automobily*, 1A3biii – *Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5t* a 1A3bii – *Lehká užitková vozidla* se na celorepublikových emisích NO<sub>x</sub> v roce 2020 podílely 29,2 %. Podíl 8,9 % pak představují emise

sektoru 1A4cii – Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje. Ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší vneseno 18,6 % emisí  $\text{NO}_x$ , ze sektoru 3Da1 – Použití anorganických N-hnojiv 8,2 %, a ze sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření 7,8 % [6].

### 3.2.1 Průměrné denní koncentrace $\text{NO}$ , $\text{NO}_2$ a $\text{NO}_x$

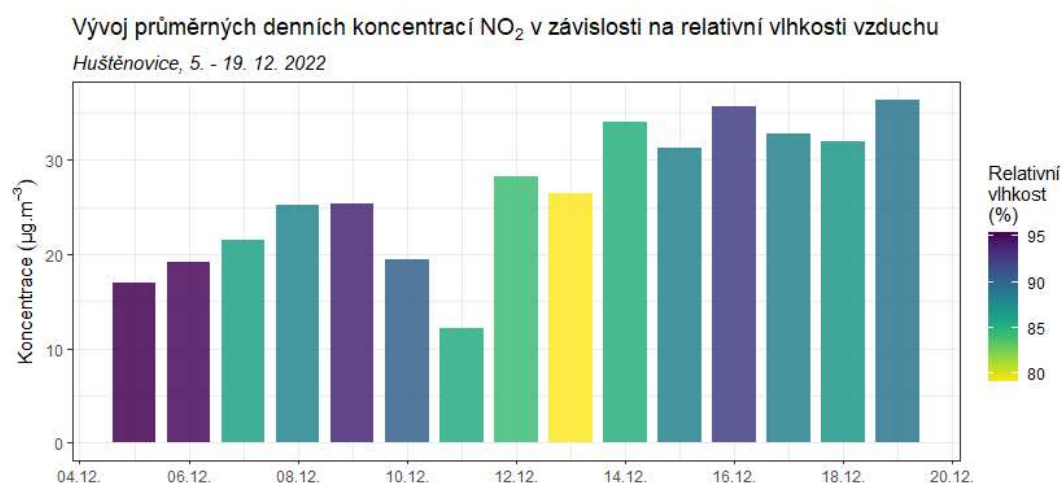
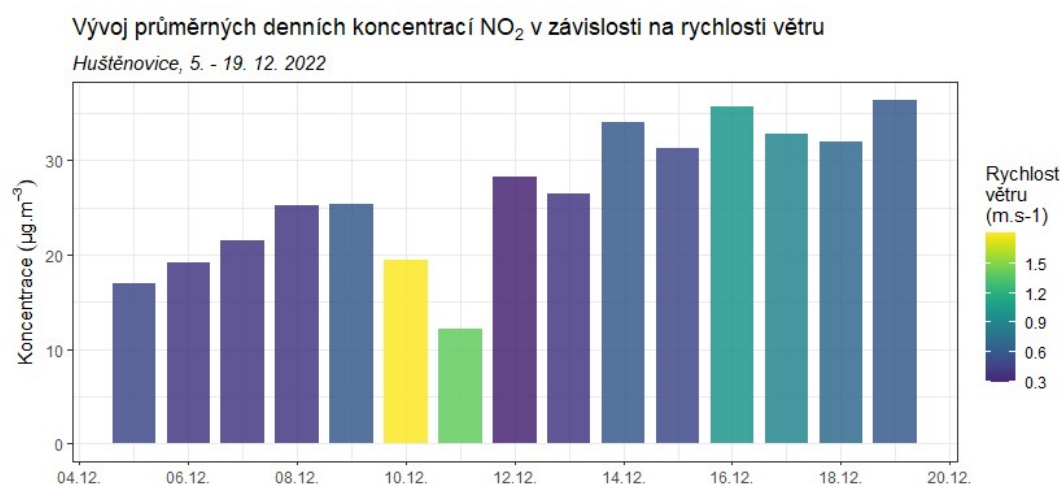
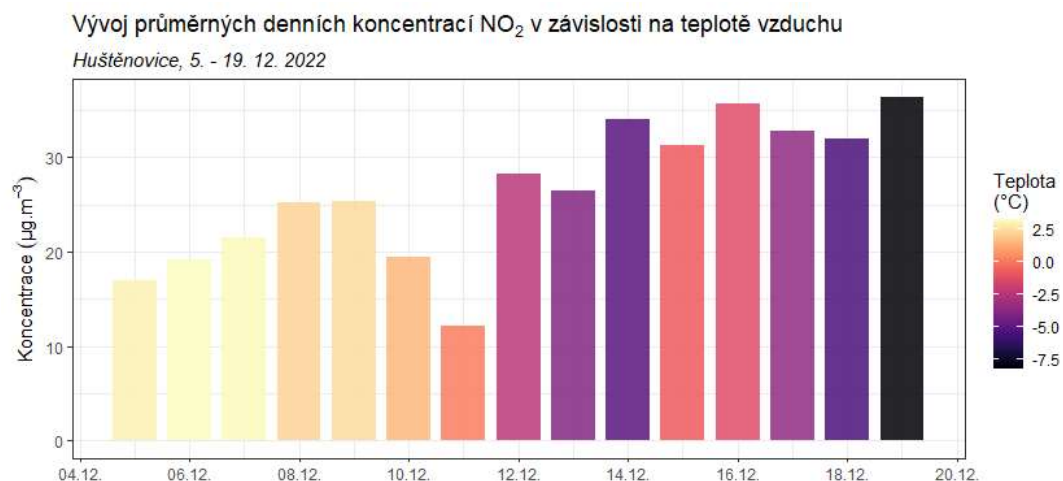
Vývoj průměrných denních koncentrací  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  a  $\text{NO}_x$  v lokalitě Huštěnovice zobrazuje následující Obr. 19.



Obr. 19 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  a  $\text{NO}_x$  Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Z grafu je patrné, že koncentrace  $\text{NO}$  jsou proti koncentracím  $\text{NO}_2$  v prvních dnech měření při vyšších teplotách zhruba na 2/3, později při nižších teplotách zhruba poloviční. Poměr  $\text{NO} / \text{NO}_2$  za celou kampaň dosáhl hodnoty 0,4. To naznačuje jisté ovlivnění lokality dopravou. Všechny hodnoty koncentrací  $\text{NO}_2$  (ale i  $\text{NO}_x$ ) se pohybují pod hodnotou imisního limitu pro průměrnou roční koncentrací  $\text{NO}_2$  ( $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

Vzhledem k tomu, že imisní limit je stanoven pouze pro koncentrace  $\text{NO}_2$ , bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro tuto látku. Na Obr. 20 jsou nad sebou zobrazeny 3 grafy. Sloupce vždy zobrazují vývoj koncentrací  $\text{NO}_2$  v dané lokalitě. Zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost. Z grafů je patrné, že na koncentrace  $\text{NO}_2$  má vliv jak teplota, tak rychlost větru. Nejvyšší koncentrace jsou pak měřeny při velmi nízkých rychlostech větru, resp. při nízkých teplotách.

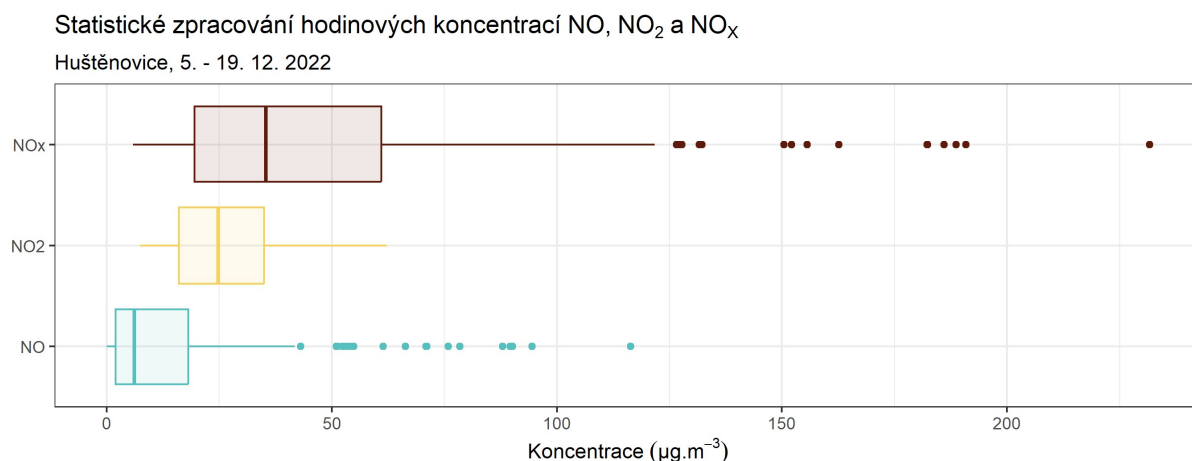


Obr. 20 – Vliv teploty (nahore) a rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace NO<sub>2</sub>, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022



### 3.2.2 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

Statistické zpracování hodinových koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> zobrazuje následující Obr. 21. Je z něj patrné, že koncentrace NO jsou nižší než koncentrace NO<sub>2</sub>. Koncentrace NO<sub>2</sub> nepřesahují 70 µg·m<sup>-3</sup>, tedy se ani vzdáleně neblíží hodnotě imisního limitu pro maximální hodinovou koncentraci NO<sub>2</sub> (200 µg·m<sup>-3</sup>). Maximální hodinová koncentrace NO<sub>2</sub> měla v této lokalitě hodnotu 62,2 µg·m<sup>-3</sup> a byla naměřena 14. 12. 2022 v 16:00.



Obr. 21 – Statistické zpracování hodinových koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Číselně zobrazuje statistické údaje hodinových koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> během kampaně následující Tab. 3.

Tab. 3 – Statistické parametry průměrných hodinových koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> (µg·m<sup>-3</sup>), Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

| STATISTIKA | NO    | NO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> |
|------------|-------|-----------------|-----------------|
| PRŮMĚR     | 13,3  | 26,2            | 46,3            |
| MAXIMUM    | 116,4 | 62,2            | 231,6           |
| MEDIÁN     | 6,2   | 24,7            | 35,4            |
| MINIMUM    | 0     | 7,4             | 5,8             |

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> v lokalitě Huštěnovice. Denní chod zobrazuje následující Obr. 22.

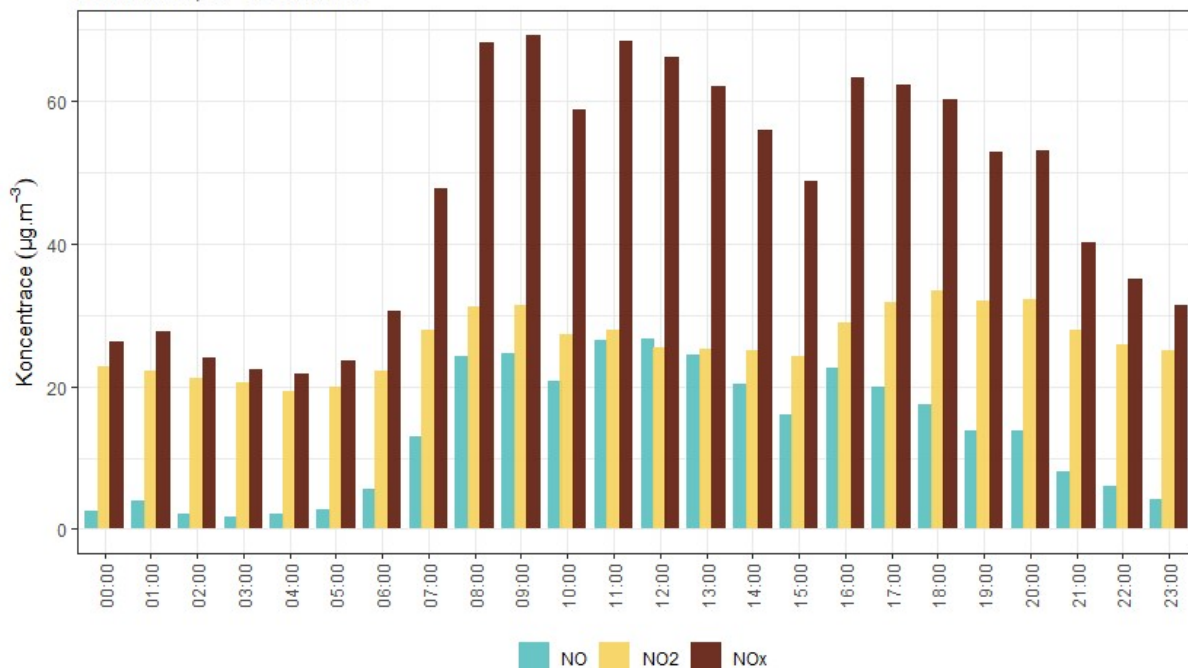
Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací NO<sub>2</sub> dosahovány v době ranní a odpolední dopravní špičky. Večerní hodnoty mohou být také navýšeny o vliv lokálních topenišť a vytápění. Přesto jsou koncentrace NO<sub>2</sub> nízké, typické pro městské pozadňové lokality. Okolo poledne dochází k mírnému poklesu koncentrací, což může být částečně způsobeno spotřebováním NO<sub>2</sub> na tvorbu přízemního ozónu. Tato reakce probíhá pouze díky slunečního záření, proto lze největší úbytek koncentrací NO<sub>2</sub> očekávat okolo poledne. V denních hodinách se koncentrace NO dostávají na úroveň koncentrací NO<sub>2</sub>,



což naznačuje významnější vliv dopravy. Ve večerních a nočních hodinách pak převládá  $\text{NO}_2$ , což dokumentuje významnější vliv topení.

#### Průměrný denní chod hodinových koncentrací $\text{NO}$ , $\text{NO}_2$ a $\text{NO}_x$

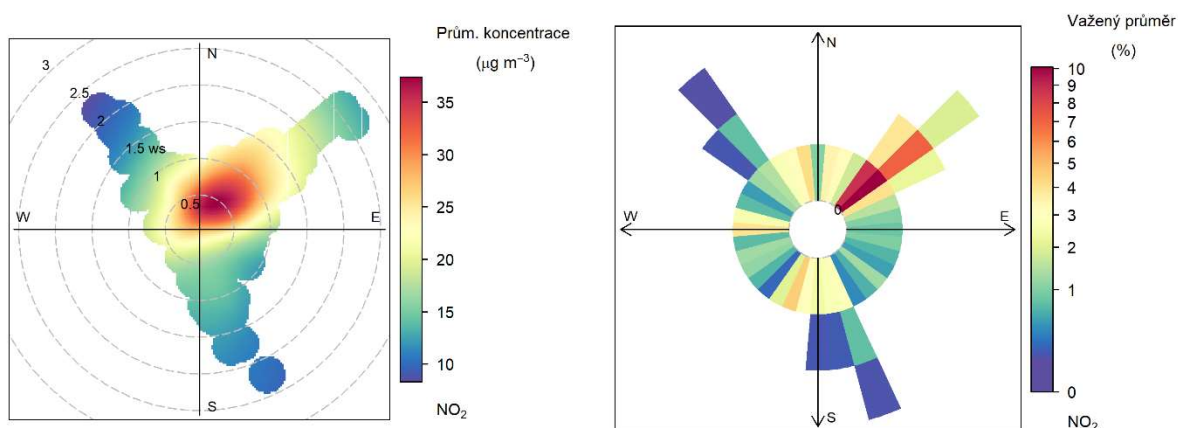
Huštěnovice, 5. - 19. 12. 2022



Obr. 22 – Denní chod hodinových koncentrací  $\text{NO}_2$ , Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.2.

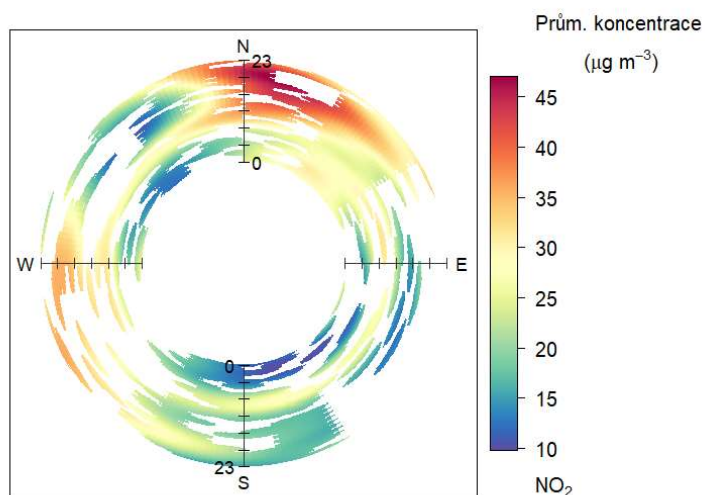
Následující Obr. 23 zobrazuje dva typy koncentrační a váženou koncentrační růžici pro lokalitu Huštěnovice.



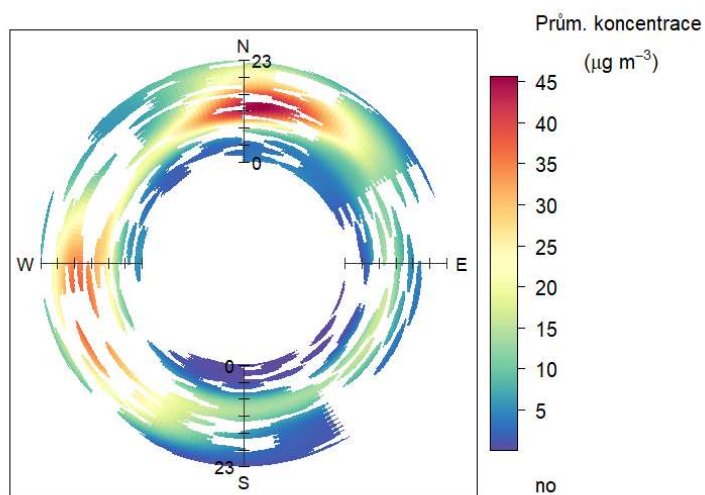
Obr. 23 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro  $\text{NO}_2$ , Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Z Obr. 23 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při severním až severovýchodním proudění. Nízké rychlosti větru a severovýchodní proudění (nejčastější směr proudění dle větrné růžice) pak nejvíce přispívaly k měřeným koncentracím  $\text{NO}_2$ .

Z Obr. 24 pak vyplývá, že v případě lokality Huštěnovice byly nejvyšší koncentrace  $\text{NO}_2$  měřeny při proudění ze severu až severovýchodu především ve večerních a nočních hodinách. Naopak vysoké koncentrace  $\text{NO}$  byly měřeny v průběhu dne ze severních a západních směrů (Obr. 25).



Obr. 24 – Průměrný denní chod koncentrací  $\text{NO}_2$  dle směru větru, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022



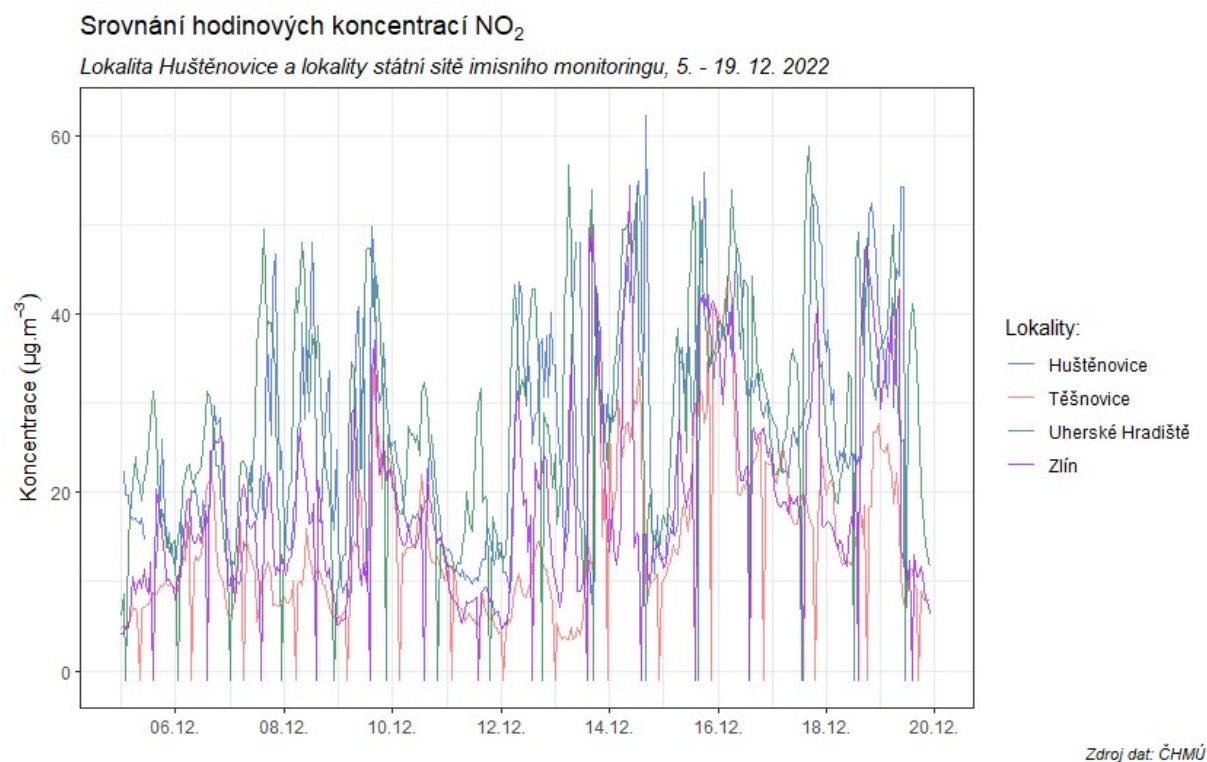
Obr. 25 – Průměrný denní chod koncentrací  $\text{NO}$  dle směru větru, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

### 3.2.3 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Huštěnovice, srovnány s hodnotami naměřenými ve státní síti imisního monitoringu (SSIM) Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

Na následujícím Obr. 26 jsou zobrazeny hodinové koncentrace  $\text{NO}_2$  na blízkých lokalitách a srovnány s lokalitou Huštěnovice. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Huštěnovice jsou měřeny obdobné koncentrace  $\text{NO}_2$  s totožným trendem, jako v případě ostatních lokalit SSIM.

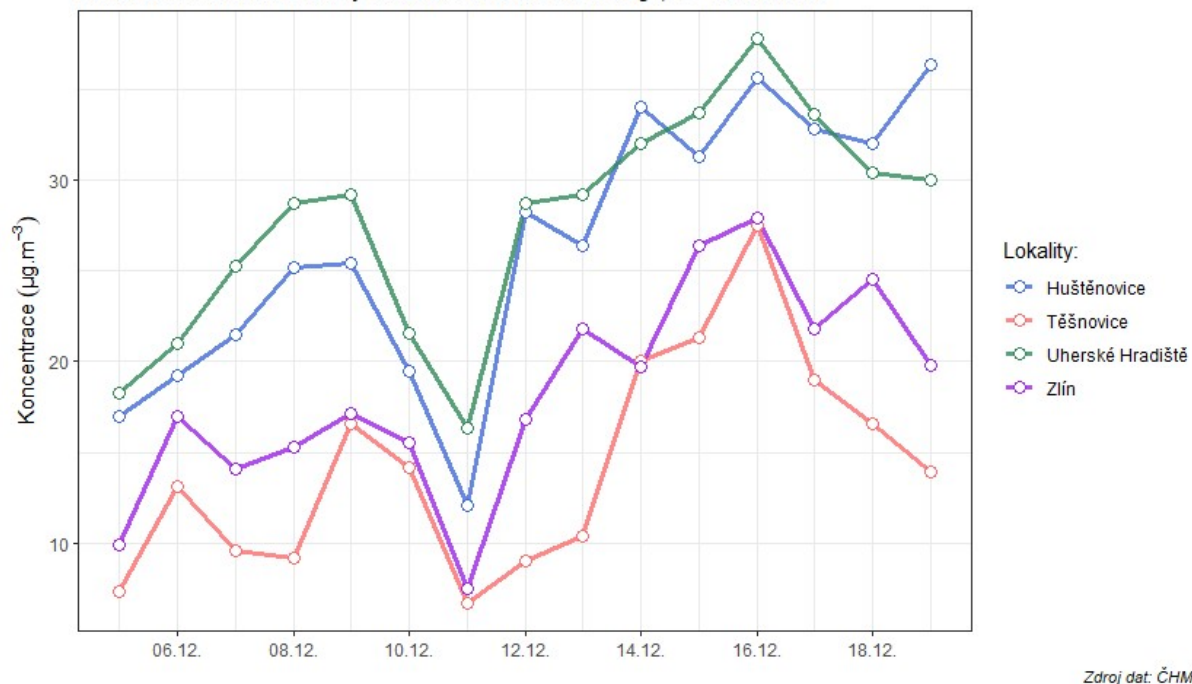
Na následujícím Obr. 27 jsou zobrazeny průměrné denní koncentrace částic  $\text{NO}_2$  na blízkých lokalitách a srovnány s lokalitou Huštěnovice. Nejnížší hodnotu naměřila venkovská pozadová lokalita Těšnovice. Nejvyšší koncentrace  $\text{NO}_2$  byly měřeny především v dopravních lokalitách Uherské Hradiště a Huštěnovice. Trend koncentrací je však na všech lokalitách obdobný.



Obr. 26 – Srovnání hodinových koncentrací  $\text{NO}_2$  v lokalitě Huštěnovice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, 5. – 19. 12. 2022 (zdroj dat: ČHMÚ)

### Srovnání průměrných denních koncentrací $\text{NO}_2$

Lokalita Huštěnovice a lokality státní sítě imisního monitoringu, 5. - 19. 12. 2022



Obr. 27 – Srovnání průměrných denních koncentrací  $\text{NO}_2$  v lokalitě Huštěnovice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, 5. – 19. 12. 2022 (zdroj dat: ČHMÚ)

### 3.3 OXID SIŘIČITÝ SO<sub>2</sub>

Oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>) je dráždivá látka, která způsobuje zhoršení plicních funkcí a změnu plicní kapacity. Při akutní expozici SO<sub>2</sub> dochází k dráždění sliznic dýchacích cest, jež vede následně k bronchokonstrikci (zúžení průdušek), zvýšené tvorbě hlenu, zvýšení dechového odporu a snížení plicních funkcí. Citlivou skupinou populace jsou především astmatici. Akutní účinky nastávají již po několika minutách a další expozice je nezvyšuje. SO<sub>2</sub> může rovněž ovlivňovat autonomní nervový systém a srdeční činnost [12].

Z epidemiologických studií (zaměřených na chronickou expozici směsi průmyslových a dopravních emisí v ovzduší) byly zjištěny účinky na celkovou, kardiovaskulární i respirační úmrtnost a nemocnost [12].

Oxid siřičitý v ČR dlouhodobě nepřekračuje na žádné měřicí lokalitě stanovené imisní limity pro denní ani hodinovou koncentraci. Na více než 99 % plochy ČR byly 4. nejvyšší 24hodinové koncentrace SO<sub>2</sub> pod dolní mezí pro posuzování (50 µg·m<sup>-3</sup>) [6].

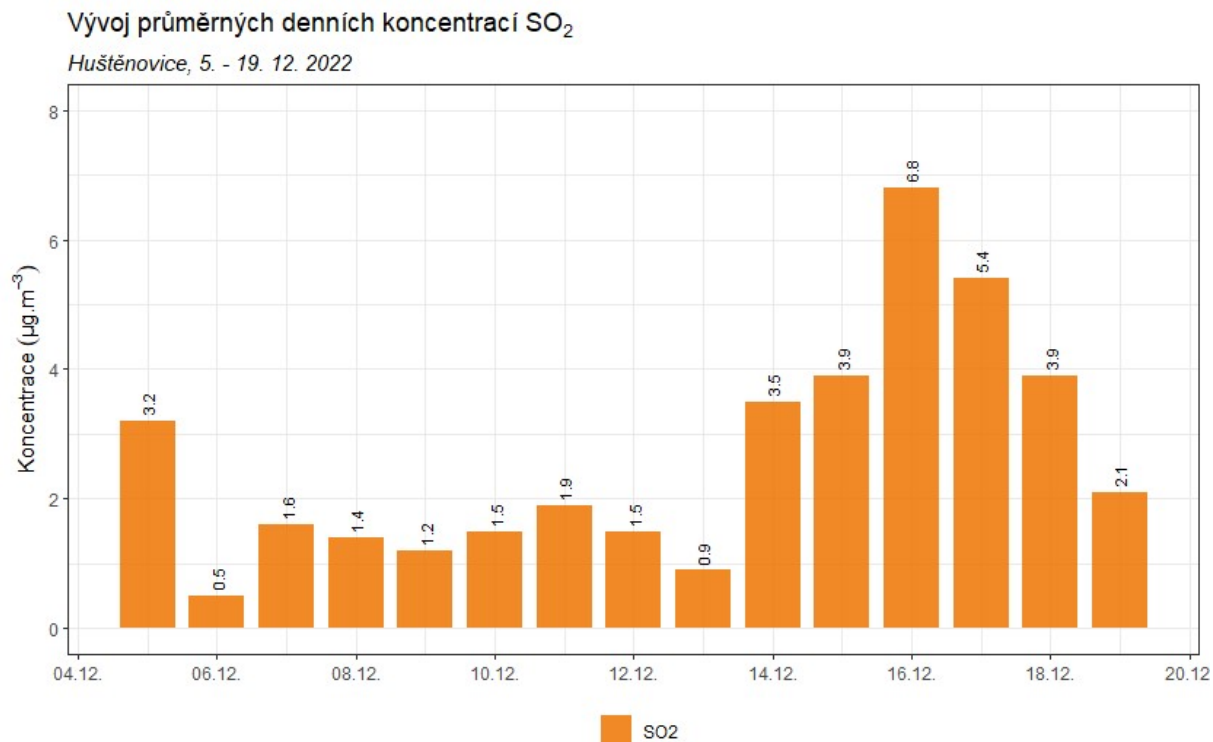
Zdrojem emisí oxidů síry je především spalování pevných fosilních paliv, která síru obsahují. V roce 2020 pocházelo v celorepublikovém měřítku ze sektoru 1A1a – *Veřejná energetika a výroba tepla* 39,4 % emisí SO<sub>x</sub> a ze sektoru 1A4bi – *Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření* 21,6 % (Obr. 28). Mezi další významnější sektory patří spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: *Železo a ocel* 8,9 %, *Minerální nekovové produkty* 4,6 %, *Chemický průmysl* 4,0 %, *Služby, instituce: Spalovací stacionární zdroje* 3,1 % a *Ostatní* 18,5 %.



Obr. 28 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO<sub>x</sub> v ČR, rok 2020 [6]

### 3.3.1 Průměrné denní koncentrace SO<sub>2</sub>

Vývoj průměrných denních koncentrací SO<sub>2</sub> v lokalitě Huštěnovice zobrazuje následující Obr. 29.

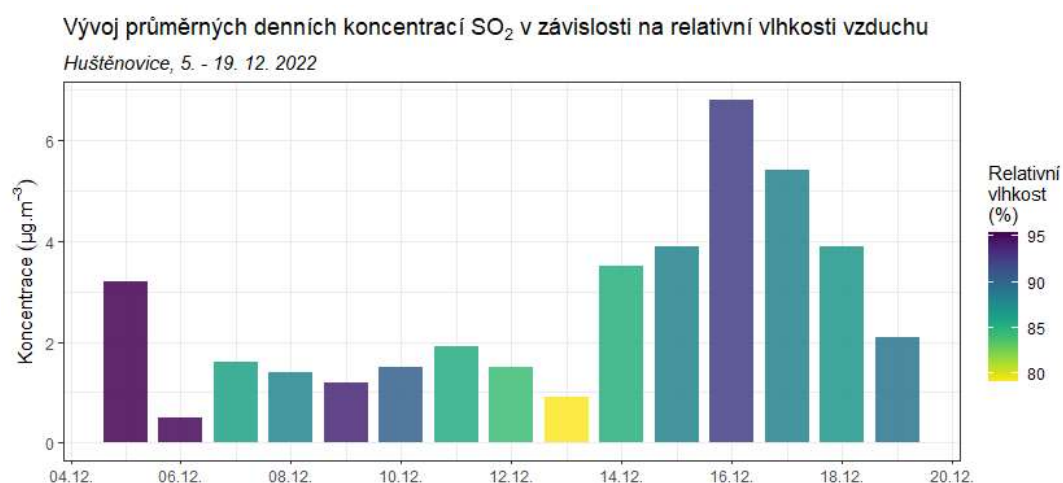
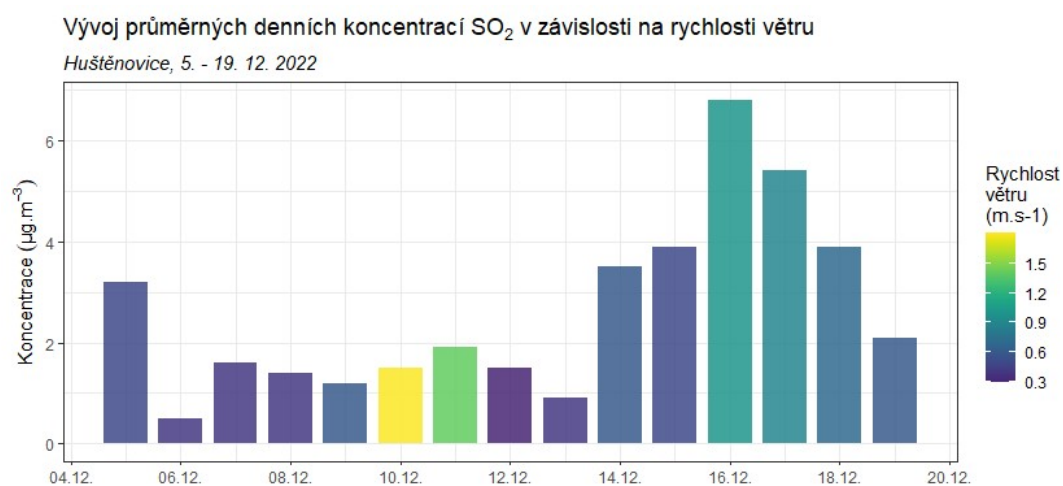
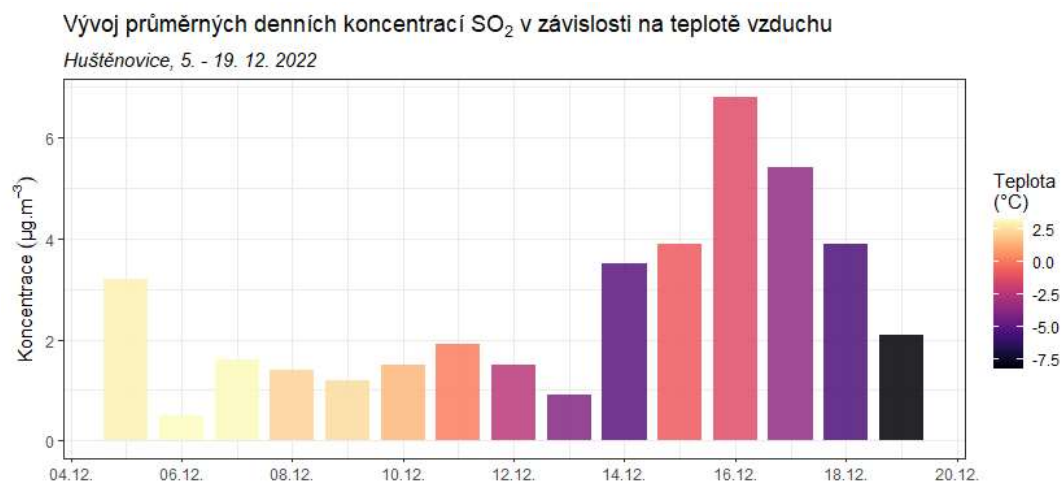


Obr. 29 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací SO<sub>2</sub>, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Z grafu je patrné, že koncentrace SO<sub>2</sub> jsou mírně zvýšené v druhé polovině kampaně s nižšími teplotami, avšak naměřené koncentrace jsou velmi nízké. Všechny hodnoty koncentrací SO<sub>2</sub> se pohybují pod hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci SO<sub>2</sub> (125 µg·m<sup>-3</sup>).

Na Obr. 30 jsou nad sebou zobrazeny 3 grafy. Sloupce vždy zobrazují vývoj koncentrací SO<sub>2</sub> v dané lokalitě. Zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost. Z grafů je patrné, že na koncentrace SO<sub>2</sub> má vliv jak teplota, tak rychlost větru. Nejvyšší koncentrace jsou pak měřeny při velmi nízkých rychlostech větru, resp. při nízkých teplotách.

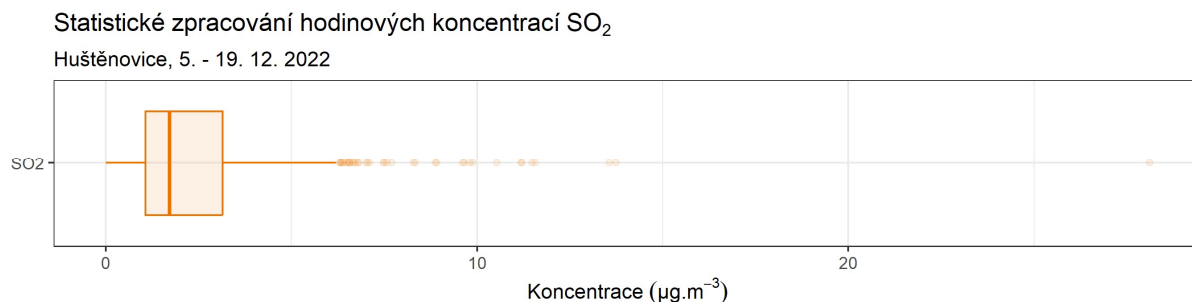




Obr. 30 – Vliv teploty (nahore) a rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace  $\text{SO}_2$ , Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

### 3.3.2 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

Statistické zpracování hodinových koncentrací  $\text{SO}_2$  zobrazuje následující Obr. 31. Je z něj patrné, že koncentrace  $\text{SO}_2$  nepřesahují až na výjimku  $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , tedy se ani vzdáleně neblíží hodnotě imisního limitu pro maximální hodinovou koncentraci  $\text{SO}_2$  ( $350 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Maximální hodinová koncentrace  $\text{SO}_2$  měla v této lokalitě hodnotu  $28,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a byla naměřena 5. 12. 2022 v 15:00.



Obr. 31 – Statistické zpracování hodinových koncentrací  $\text{SO}_2$ , Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Číselně zobrazuje statistické údaje hodinových koncentrací  $\text{SO}_2$  během kampaně následující Tab. 3.

Tab. 4 – Statistické parametry průměrných hodinových koncentrací  $\text{SO}_2$  ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

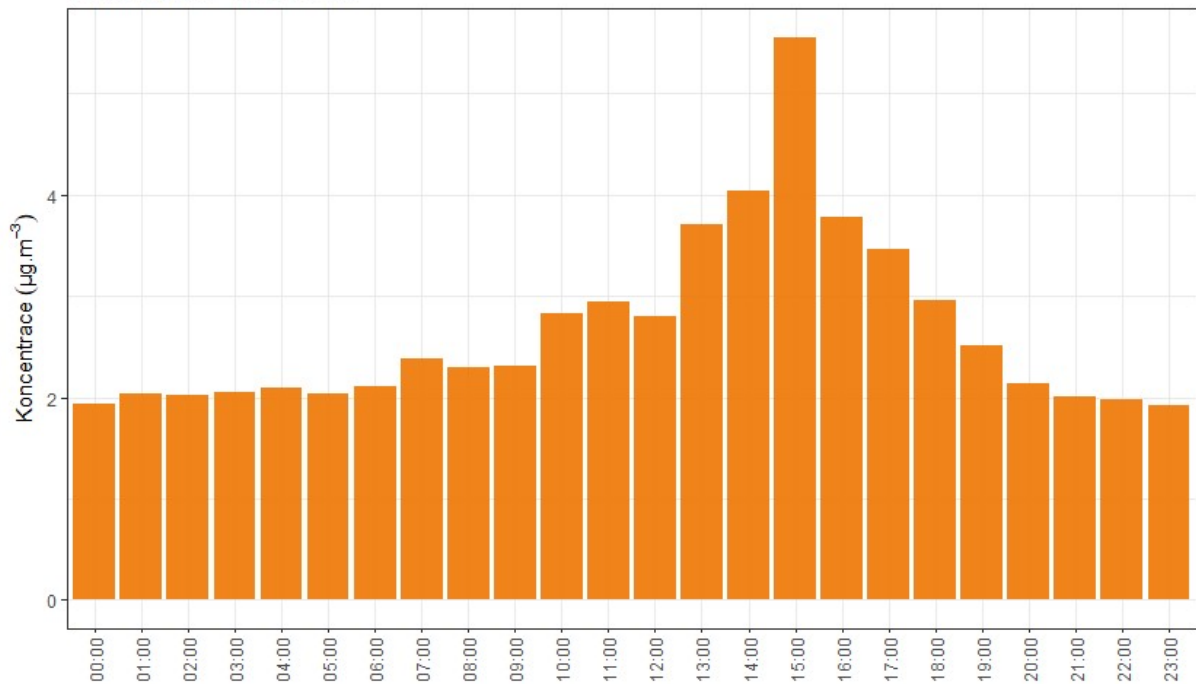
| STATISTIKA | $\text{SO}_2$ |
|------------|---------------|
| PRŮMĚR     | 2,6           |
| MAXIMUM    | 28,1          |
| MEDIÁN     | 1,7           |
| MINIMUM    | 0             |

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací  $\text{SO}_2$  v lokalitě Huštěnovice. Denní chod zobrazuje následující Obr. 32.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací  $\text{SO}_2$  dosahovány v odpoledních a večerních hodinách, patrně vlivem zatápění po návratu lidí z práce.

### Průměrný denní chod hodinových koncentrací SO<sub>2</sub>

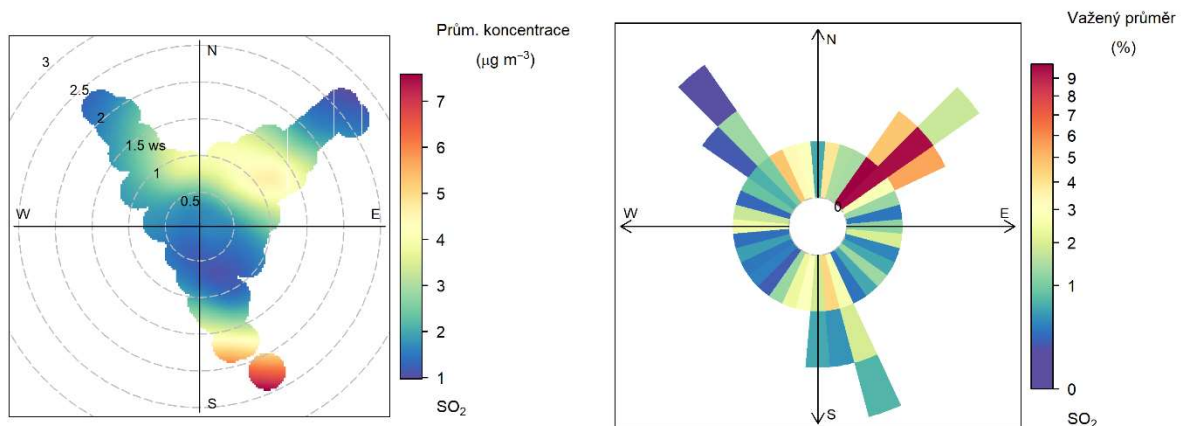
Huštěnovice, 5. - 19. 12. 2022



Obr. 32 – Denní chod hodinových koncentrací SO<sub>2</sub>, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.2.

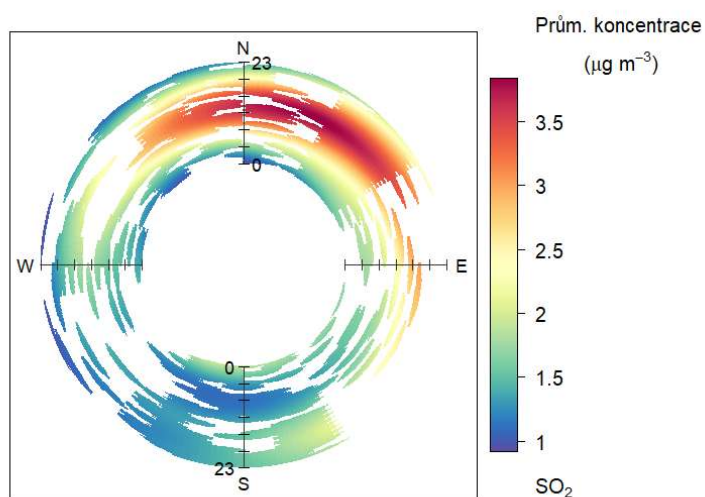
Následující Obr. 33 zobrazuje dva typy koncentrační a váženou koncentrační růžici pro lokalitu Huštěnovice.



Obr. 33 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro SO<sub>2</sub>, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Z Obr. 33 vyplývá, že bodově jsou nejvyšší koncentrace měřeny při jižním proudění, v průměru z více hodnot pak při severovýchodním proudění. Severovýchodní proudění (nejčastější směr proudění dle větrné růžice) pak nejvíce přispívalo k měřeným koncentracím  $\text{SO}_2$ .

Z Obr. 34 pak vyplývá, že v případě lokality Huštěnovice byly nejvyšší koncentrace  $\text{SO}_2$  měřeny při proudění ze severu až severovýchodu především v odpoledních a večerních hodinách.



Obr. 34 – Průměrný denní chod koncentrací  $\text{SO}_2$  dle směru větru, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

### 3.4 PŘÍZEMNÍ OZÓN

O<sub>3</sub> nemá vlastní významný zdroj. Jedná se o tzv. sekundární látku vznikající v celé řadě velmi komplikovaných nelineárních fotochemických reakcí [13]. Prekurzory O<sub>3</sub> jsou oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) a nemetanické těkavé organické látky (NMVOC), v globálním měřítku hrají roli i metan (CH<sub>4</sub>) a oxid uhelnatý (CO). Důležitou reakcí je fotolýza NO<sub>2</sub> zářením o vlnové délce 280–430 nm, při které vzniká NO a atomární kyslík. Reakcí atomárního a molekulárního kyslíku pak za přítomnosti katalyzátoru dochází ke vzniku molekuly O<sub>3</sub>. Současně probíhá titrace O<sub>3</sub> oxidem dusnatým za vzniku NO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub>. Pokud je při této reakci O<sub>3</sub> nahrazen radikály, jeho koncentrace v atmosféře rostou. Důležitou úlohu při těchto reakcích hraje zejména radikál OH.

NO<sub>x</sub> vznikají při veškerých spalovacích procesech. NMVOC jsou emitovány z celé řady zdrojů antropogenních (doprava, manipulace s ropou a jejími deriváty, rafinerie, použití barev a rozpouštědel atd.), ale i přirozených (např. biogenní emise z vegetace).

Při vzniku O<sub>3</sub> z prekurzorů nezáleží pouze na absolutním množství prekurzorů, ale i na jejich vzájemném poměru [14]. V oblastech, kde je režim limitovaný NO<sub>x</sub>, charakterizovaný relativně nízkými koncentracemi NO<sub>x</sub> a vysokými koncentracemi VOC, narůstají koncentrace O<sub>3</sub> s rostoucími koncentracemi NO<sub>x</sub>, zatímco se vzrůstajícími koncentracemi VOC se mění jen málo. Naopak v oblastech s režimem limitovaným VOC dochází k poklesu koncentrací O<sub>3</sub> s rostoucími koncentracemi NO<sub>x</sub> a nárůstu koncentrací O<sub>3</sub> s rostoucími koncentracemi VOC. Oblasti s vysokým poměrem NO<sub>x</sub>/VOC jsou typicky znečištěné oblasti okolo center velkých měst. Závislost vzniku O<sub>3</sub> na počátečních koncentracích VOC a NO<sub>x</sub> se často vyjadřují na diagramech ozonových isopleť. Jedná se o zobrazení maximální dosažené koncentrace ozonu jako funkce počáteční koncentrace NO<sub>x</sub> a VOC. Významnou roli při vzniku O<sub>3</sub> hrají nejen koncentrace prekurzorů, ale i meteorologické podmínky [15]. Imisní koncentrace O<sub>3</sub> rostou s rostoucím ultrafialovým zářením a teplotou, naopak klesají s rostoucí relativní vlhkostí vzduchu. Vysoké koncentrace bývají spojeny s déletrvající anticyklonální situací. Kromě výše popsaného fotochemického mechanismu se koncentrace O<sub>3</sub> mohou zvyšovat i epizodicky v důsledku průniku stratosférického O<sub>3</sub> do troposféry a též při bouřkách. V poslední době se též zvyšuje význam dálkového přenosu O<sub>3</sub> v rámci proudění na severní polokouli do Evropy a Severní Ameriky ze zdrojových oblastí jihovýchodní Asie. O<sub>3</sub> je z atmosféry odstraňován reakcí s NO a suchou depozicí.

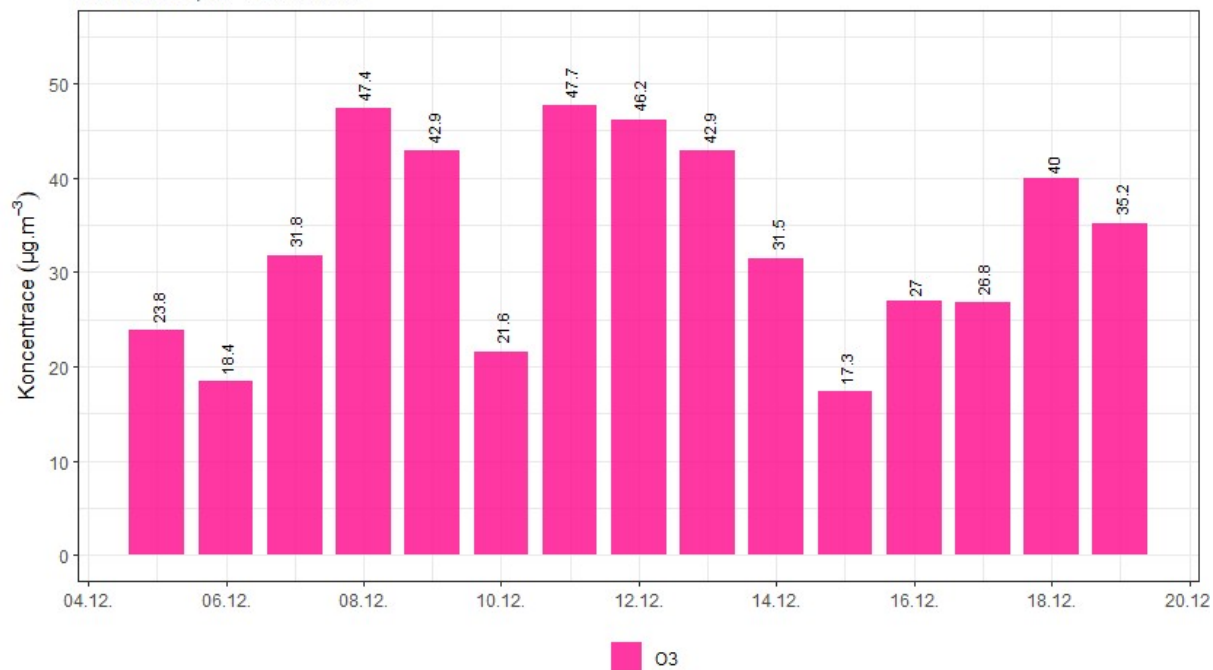
#### 3.4.1 Vývoj nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů za den v roce

Z hlediska ochrany kvality ovzduší stanovuje příloha 1, bod 4 zákona o ochraně ovzduší [16] imisní limit pro troposférický ozón. Pro ochranu zdraví lidí platí imisní limit pro maximální denní 8hodinový klouzavý průměr O<sub>3</sub>. Hodnota imisního limitu je 120 µg·m<sup>-3</sup>, tato hodnota může být 25x za kalendářní rok překročena. Plnění imisního limitu se vyhodnocuje na základě průměru za 3 kalendářní roky.

Následující Obr. 35 uvádí hodnoty maximálních 8hodinových klouzavých průměrů koncentrací O<sub>3</sub> za den v lokalitě Huštěnovice. Z grafu je patrné, že maximální hodnoty nepřesáhly 50 µg·m<sup>-3</sup>. V zimním období jsou koncentrace přízemního ozónu výrazně nižší.

### Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů koncentrací O<sub>3</sub> za den

Huštěnovice, 5. - 19. 12. 2022

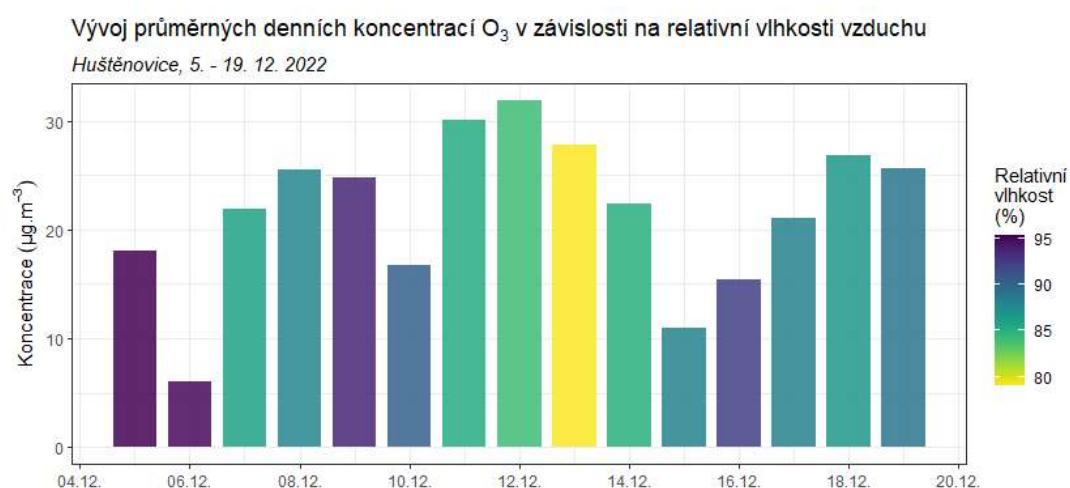
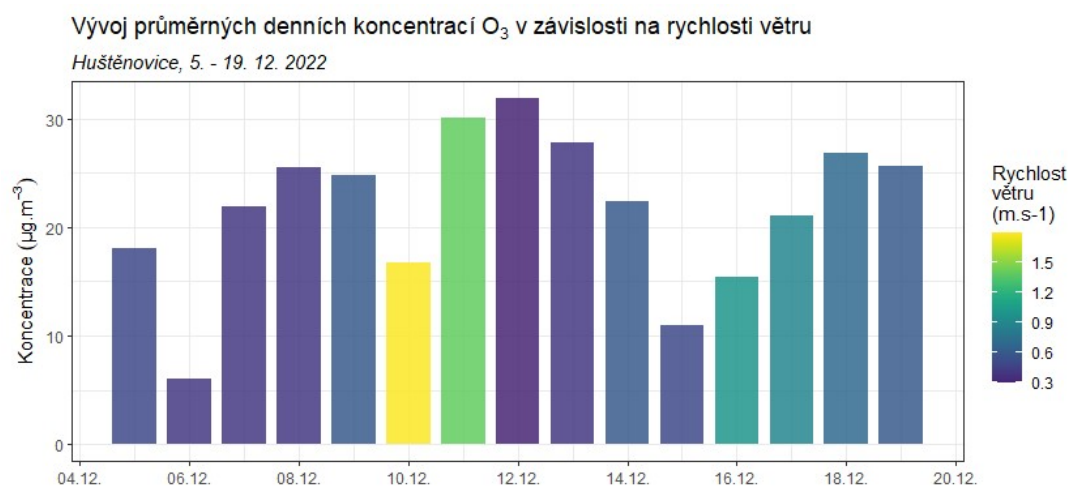
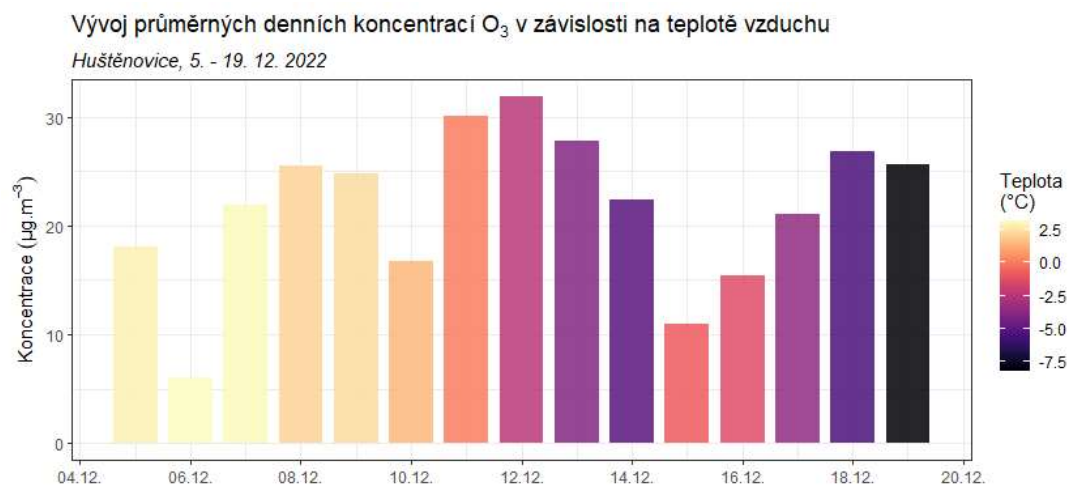


Obr. 35 – Vývoj maximálního 8hodinového klouzavého průměru O<sub>3</sub> za den, lokalita Huštěnovice

Na Obr. 36 jsou nad sebou zobrazeny 3 grafy. Sloupce vždy zobrazují vývoj koncentrací O<sub>3</sub> v dané lokalitě. Zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost.

Z uvedených grafů vyplývá, že meteorologické podmínky neměly během měřicí kampaně na koncentrace O<sub>3</sub> významný vliv, významnější byly nadregionální vlivy množství znečištění, se kterým může O<sub>3</sub> reagovat.

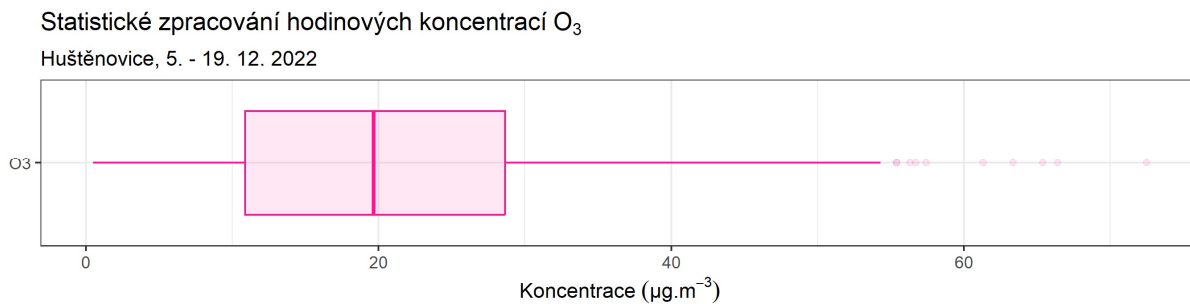




Obr. 36 – Vliv teploty (nahore) a rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace  $O_3$ , Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

### 3.4.2 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

Statistické zpracování hodinových koncentrací  $O_3$  zobrazuje následující Obr. 37. Je z něj patrné, že koncentrace  $O_3$  se v zimním období pohybují na velmi nízkých hodnotách. Maximální hodinová koncentrace  $O_3$  měla v této lokalitě hodnotu  $72,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a byla naměřena 19. 12. 2022 v 12:00.



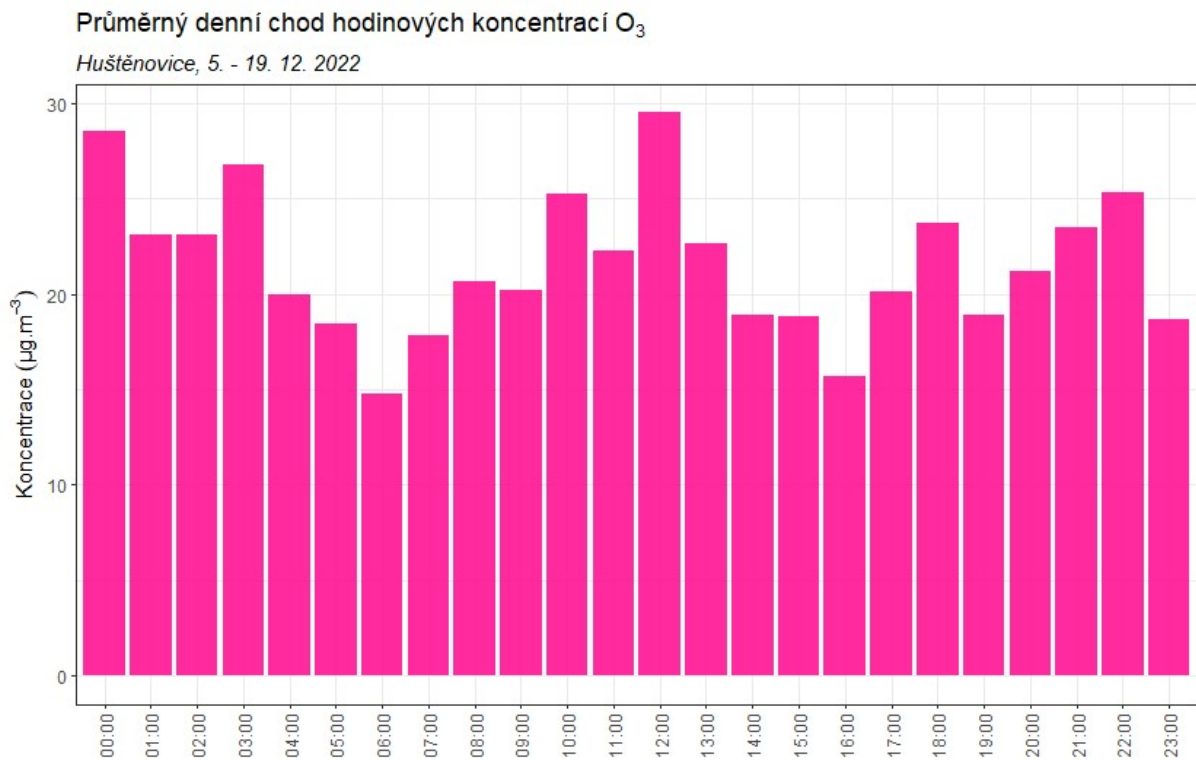
Obr. 37 – Statistické zpracování hodinových koncentrací  $O_3$ , Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Číselně zobrazuje statistické údaje hodinových koncentrací  $O_3$  během kampaně následující Tab. 5.

Tab. 5 – Statistické parametry průměrných hodinových koncentrací  $O_3$  ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

| STATISTIKA | $O_3$ |
|------------|-------|
| PRŮMĚR     | 21,6  |
| MAXIMUM    | 72,5  |
| MEDIÁN     | 19,6  |
| MINIMUM    | 0,5   |

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod  $O_3$  v lokalitě Huštěnovice. Denní chod  $O_3$  zobrazuje následující Obr. 38. Z grafu je patrné, že zvýšené koncentrace byly měřeny okolo poledne, ale také v nočních hodinách.

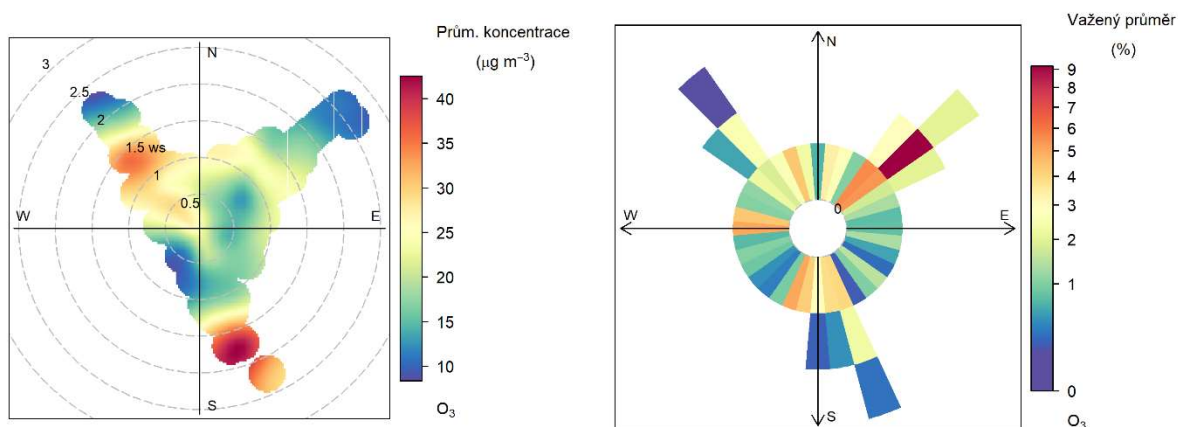


*Obr. 38 – Denní chod hodinových koncentrací O<sub>3</sub>, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022*

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.2.

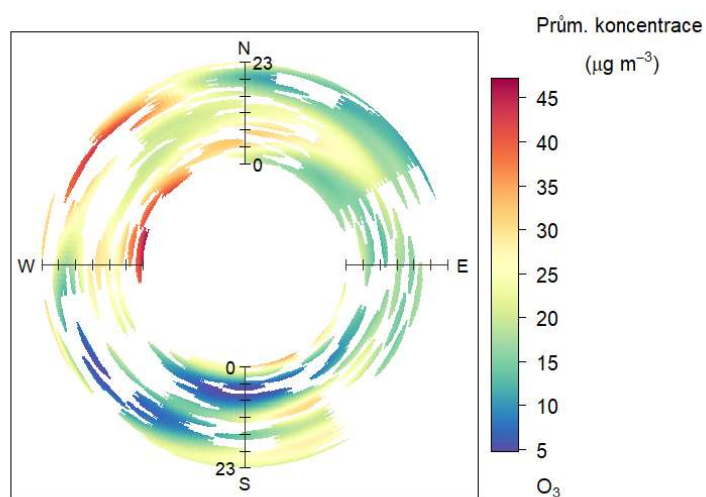
Následující Obr. 39 zobrazuje dva typy koncentrační a váženou koncentrační růžici O<sub>3</sub> pro lokalitu Huštěnovice.

Z Obr. 39 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při jižním, popř. severozápadním proudění a vyšších rychlostech větru. Severovýchodní směry proudění se pak nejvíce podílely na měřených koncentracích O<sub>3</sub>.



Obr. 39 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro  $O_3$ , Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Cenné informace poskytuje rovněž průměrný denní a roční chod, členěný dle směru větru. V případě denního chodu je uprostřed první hodina po půlnoci a na okraji pak 23. hodina.



Obr. 40 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

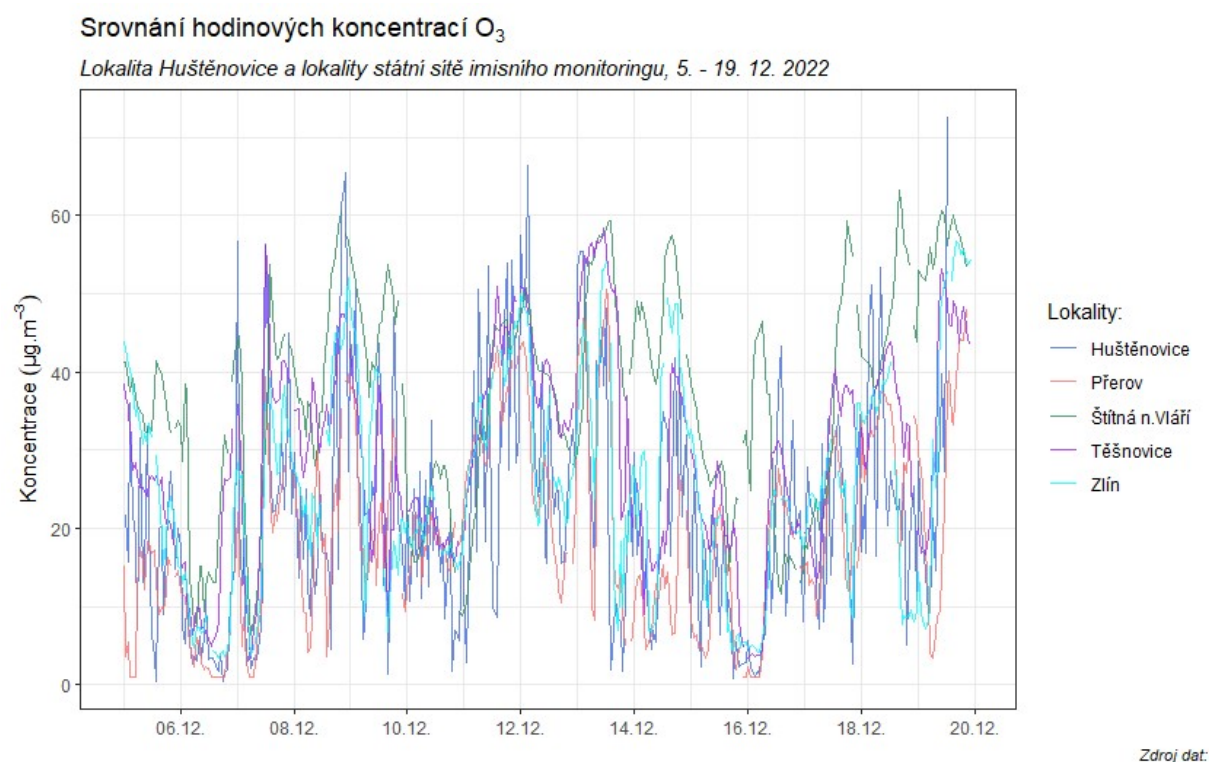
Z Obr. 40 pak vyplývá, že v případě lokality Huštěnovice byly nejvyšší koncentrace  $O_3$  měřeny především v nočních hodinách, především při proudění ze severozápadu.

### 3.4.3 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Huštěnovice, srovnány s hodnotami naměřenými ve státní síti imisního monitoringu (SSIM) Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

Na následujícím Obr. 41 jsou zobrazeny hodinové koncentrace  $O_3$  na blízkých lokalitách a srovnány s lokalitou Huštěnovice. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Huštěnovice jsou měřeny obdobné koncentrace  $O_3$  s totožným trendem, jako v případě ostatních lokalit SSIM. Koncentračně vyčnívá regionální pozadová lokalita Štítná nad Vláří na vrcholu Bílých Karpat.

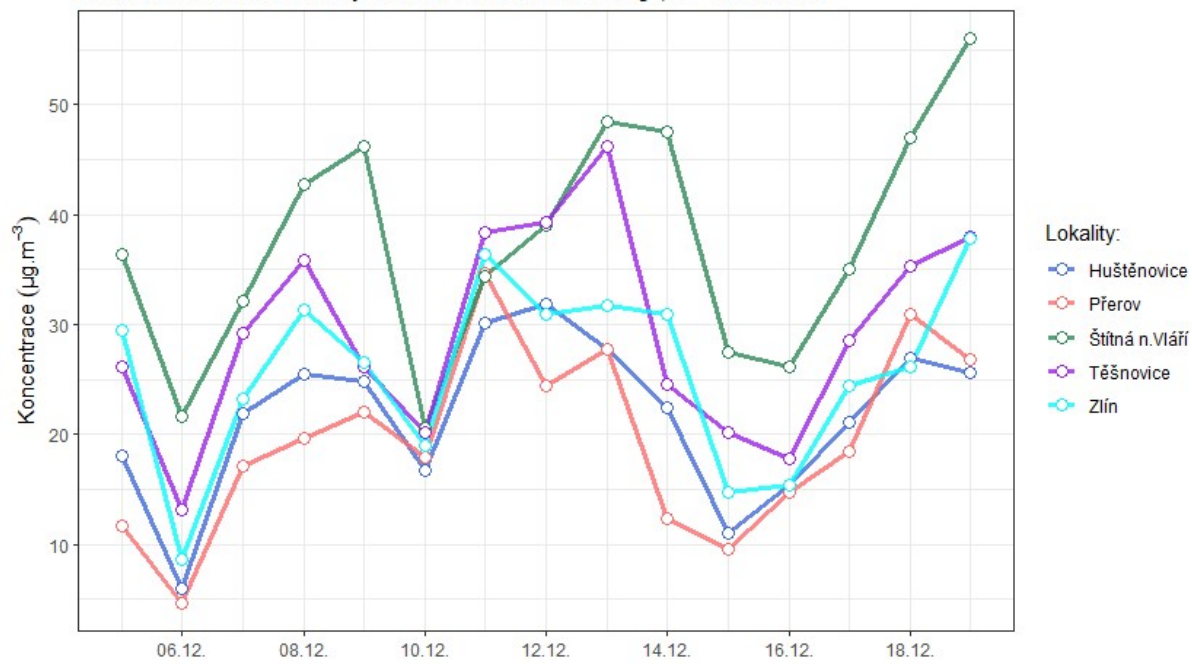
Na následujícím Obr. 42 jsou zobrazeny průměrné denní koncentrace částic  $O_3$  na blízkých lokalitách a srovnány s lokalitou Huštěnovice. Nejnižší hodnotu naměřila lokalita Přerov. Koncentrace v lokalitě Huštěnovice byly mírně vyšší než v lokalitě Přerov a nižší, než v lokalitě Zlín. Nejvyšší koncentrace  $O_3$  byly měřeny především na venkovských pozadových lokalitách Štítná nad Vláří a Těšnovice. Trend koncentrací je však na všech lokalitách obdobný.



Obr. 41 – Srovnání hodinových koncentrací  $O_3$  v lokalitě Huštěnovice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, 5. – 19. 12. 2022 (zdroj dat: ČHMÚ)

### Srovnání průměrných denních koncentrací $O_3$

Lokalita Huštěnovice a lokality státní sítě imisního monitoringu, 5. - 19. 12. 2022



Zdroj dat:

Obr. 42 – Srovnání průměrných denních koncentrací  $O_3$  v lokalitě Huštěnovice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, 5. – 19. 12. 2022 (zdroj dat: ČHMÚ)

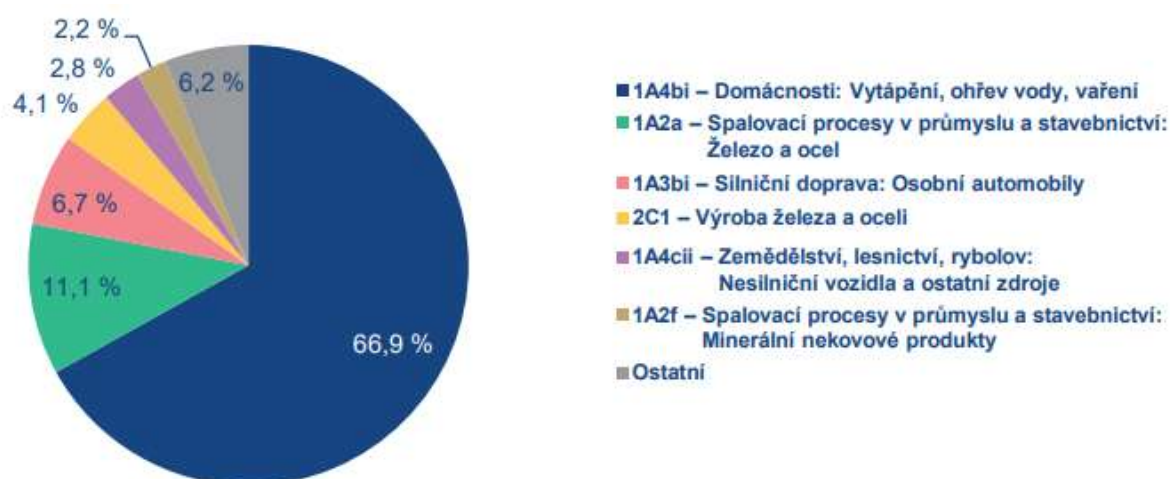


### 3.5 OXID UHELNATÝ CO

Antropogenním zdrojem znečištění ovzduší oxidem uhelnatým (CO) jsou procesy, při kterých dochází k nedokonalému spalování fosilních paliv. Je to především doprava a dále stacionární zdroje, zejména lokální topeniště.

Zvýšené koncentrace mohou způsobovat bolesti hlavy, zhoršují koordinaci a snižují pozornost. Oxid uhelnatý se váže na hemoglobin, zvýšené koncentrace vzniklého karboxyhemoglobinu omezují kapacitu krve pro přenos kyslíku.

Oxid uhelnatý je produktem spalování paliv obsahujících uhlík za nízké teploty a nedostatku spalovacího vzduchu. Největší množství emisí CO vzniká v sektoru *1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření*, který se v roce 2020 podílel na celorepublikových emisích 66,9 %. Mezi další významné zdroje patřily sektory *1A2a – Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Železo a ocel* (11,1 %) a *1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily* (6,7 %; Obr. 43) [6].

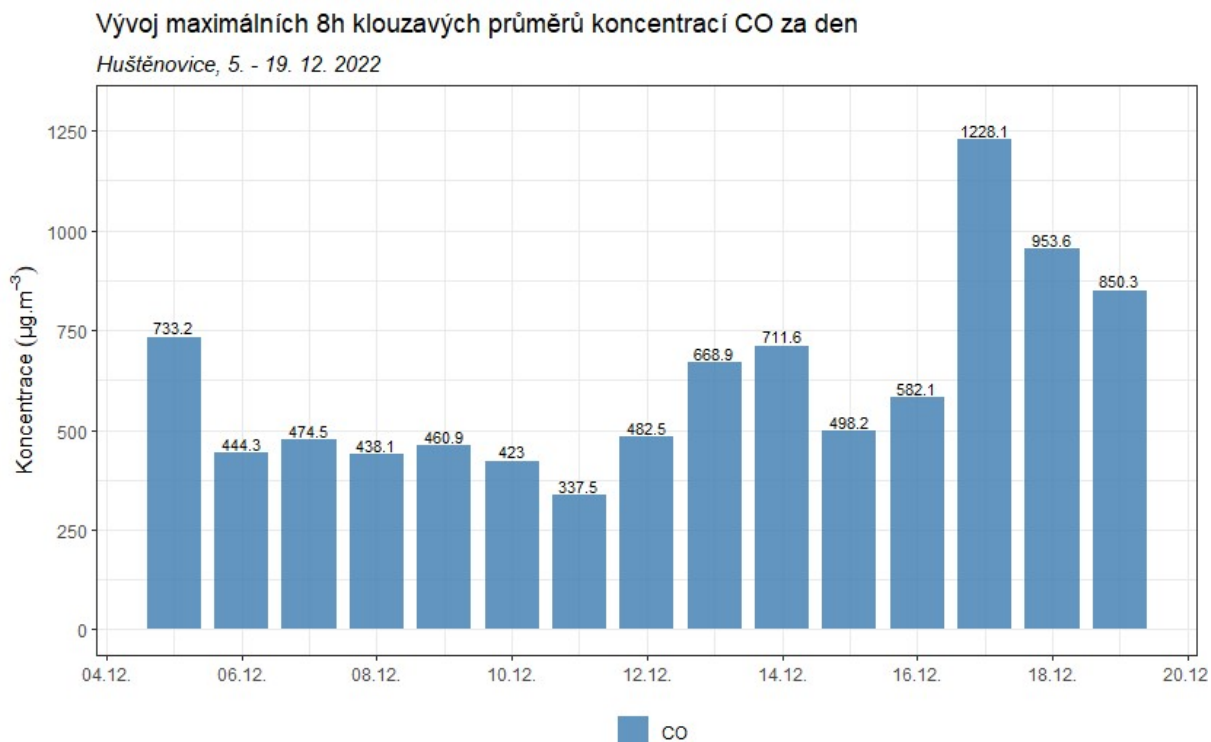


Obr. 43 - Podíl sektorů NFR na celkových emisích CO v ČR, rok 2020 [6]

V případě oxidu uhelnatého se sledují 8–hodinové klouzavé průměry, přičemž ten maximální nesmí za kalendářní rok překročit hodnotu  $10000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Tato hodnota nebyla v ČR již dlouho dosažena.

### 3.5.1 Vývoj nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů za den v roce

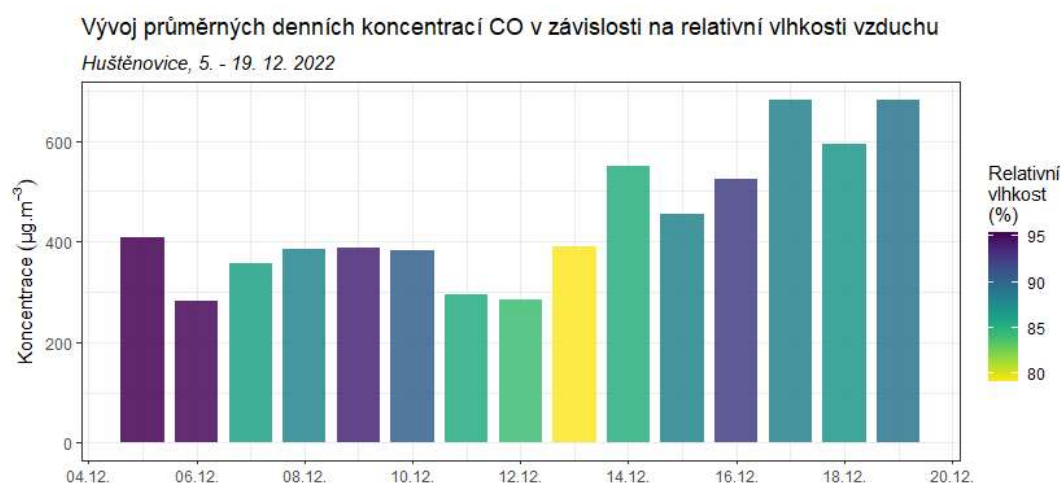
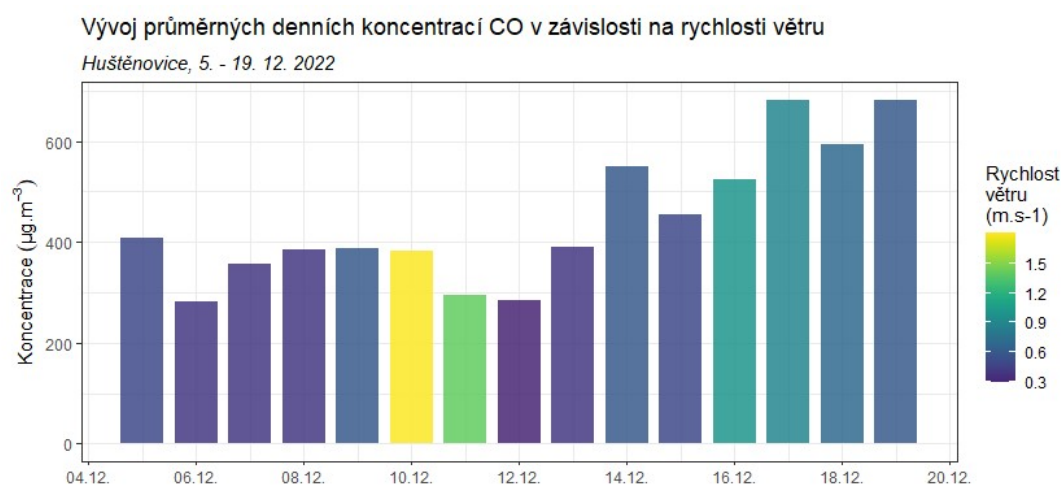
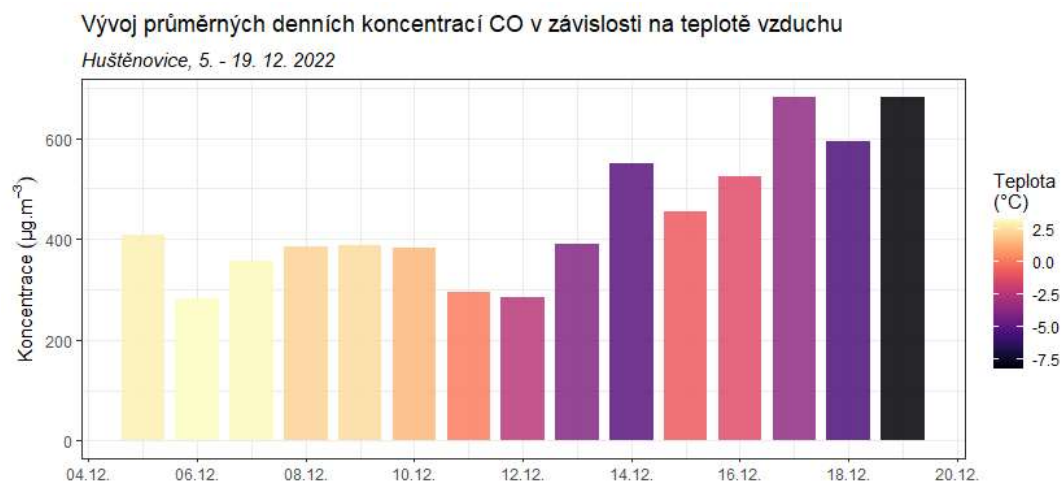
Následující Obr. 44 uvádí hodnoty maximálních 8hodinových klouzavých průměrů koncentrací CO za den v lokalitě Huštěnovice. Z grafu je patrné, že maximální hodnoty nepřesáhly  $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . V zimním období jsou koncentrace přízemního ozónu výrazně nižší.



Obr. 44 – Vývoj maximálního 8hodinového klouzavého průměru CO za den, lokalita Huštěnovice

Na Obr. 45 jsou nad sebou zobrazeny 3 grafy. Sloupce vždy zobrazují vývoj koncentrací CO v dané lokalitě. Zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost.

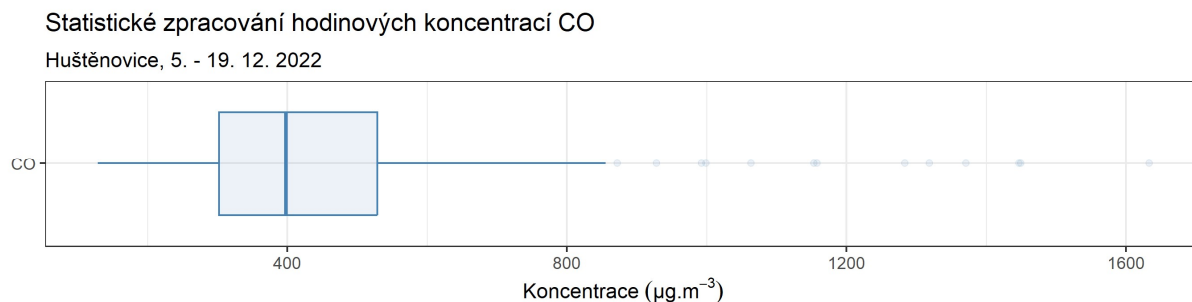
Z grafů je pak patrné, že vyšší koncentrace CO jsou měřeny při nízkých teplotách a nízkých rychlostech větru. To jsou mimo jiné podmínky charakteristické pro teplotní inverzi. Nízké teploty se dále promítnou do potřeby více topit, takže se i zvyšují emise z lokálních topenišť – v chladné části roku nejvýznamnější zdroj prašnosti. Nízké rychlosti větru pak zabraňují dostatečnému rozptýlení škodlivin a koncentrace se tak neustále zvyšují.



Obr. 45 – Vliv teploty (nahore) a rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace CO, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

### 3.5.2 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

Statistické zpracování hodinových koncentrací CO zobrazuje následující Obr. 46. Je z něj patrné, že koncentrace CO se v zimním období pohybují na hodnotách do  $1000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , tedy zhruba 1/10 imisního limitu. Maximální hodinová koncentrace CO měla v této lokalitě hodnotu  $1632,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a byla naměřena 17. 12. 2022 v 22:00.



Obr. 46 – Statistické zpracování hodinových koncentrací CO, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

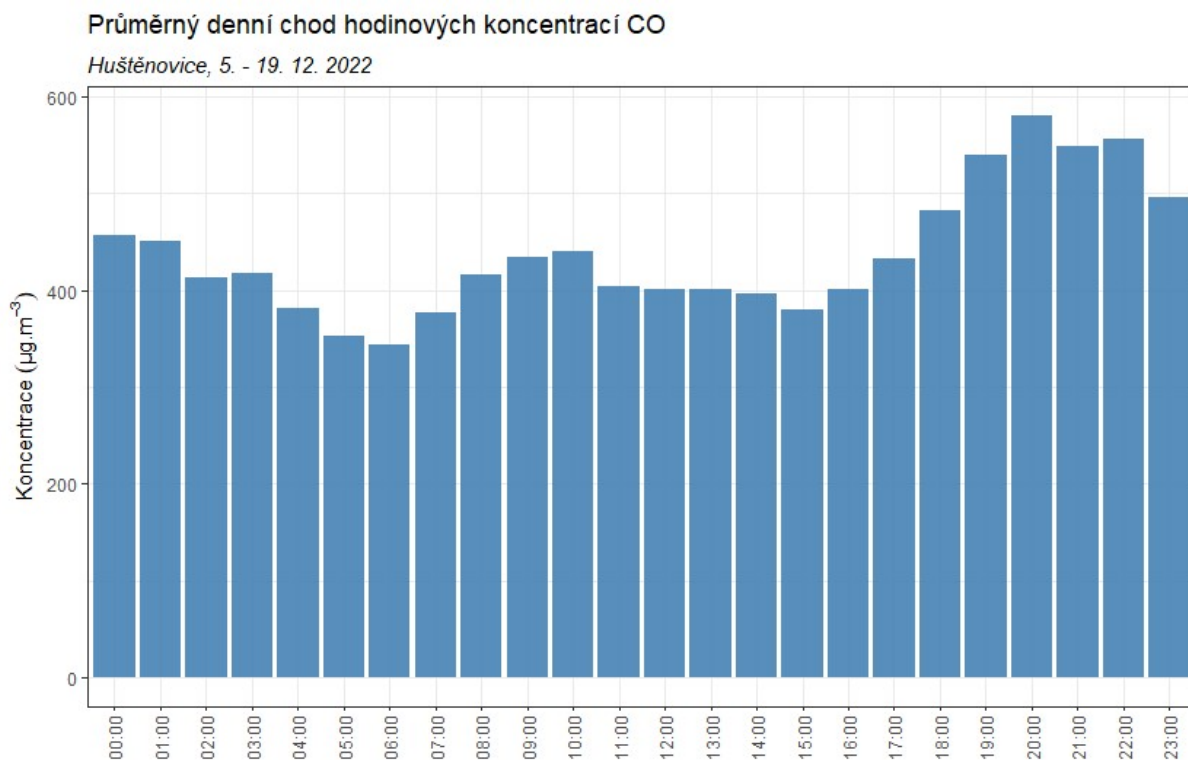
Číselně zobrazuje statistické údaje hodinových koncentrací CO během kampaně následující Tab. 5.

Tab. 6 – Statistické parametry průměrných hodinových koncentrací CO ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

| STATISTIKA | CO     |
|------------|--------|
| PRŮMĚR     | 436,6  |
| MAXIMUM    | 1632,9 |
| MEDIÁN     | 398    |
| MINIMUM    | 128,5  |

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod CO v lokalitě Huštěnovice. Denní chod CO zobrazuje následující Obr. 47. Z grafu je patrné, že velmi nízké koncentrace byly měřeny rovnoměrně po celý den.

Z grafů je patrné, že denní chod zaznamenává dvě kulminace – nižší v dopoledních hodinách během dopravní špičky a významně vyšší ve večerních hodinách. Koncentrace jsou velmi podobné chodu  $\text{PM}_{10}$ . Nejvyšší hodnoty koncentrací CO jsou dosahovány ve večerních a nočních hodinách kolem 20:00. Je to velmi pravděpodobně důsledek návratu lidí z práce a zatopení v lokálních topeništích, které plošně navýší hodnoty koncentrací prašnosti v celém území. Svůj vliv mají také rozptylové podmínky, které bývají v noci horší. Nárůst začíná kolem 17. hodiny a zůstává zvýšený zhruba do 20. hodiny. Poté dochází k postupnému poklesu koncentrací až do 6. hodiny ranní, kdy dochází k ranní špičce.

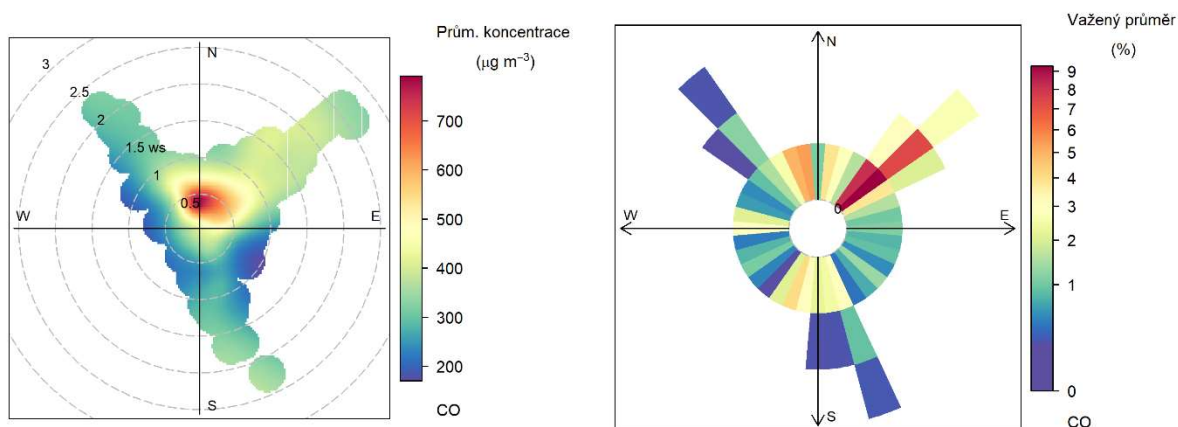


Obr. 47 – Denní chod hodinových koncentrací CO, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.2.

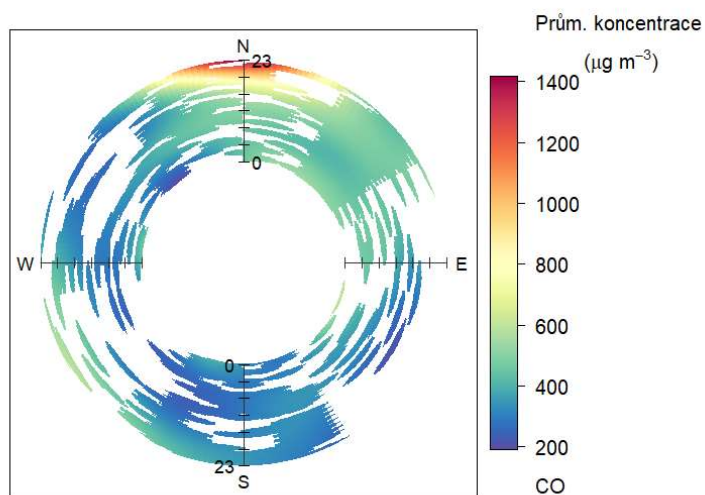
Následující Obr. 48 zobrazuje dva typy koncentrační a váženou koncentrační růžici CO pro lokalitu Huštěnovice.

Z Obr. 48 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při severním proudění a nízkých rychlostech větru. Severovýchodní směry proudění se pak nejvíce podílely na měřených koncentracích CO.



Obr. 48 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro CO, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

Cenné informace poskytuje rovněž průměrný denní a roční chod, členěný dle směru větru. V případě denního chodu je uprostřed první hodina po půlnoci a na okraji pak 23. hodina.



Obr. 49 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Huštěnovice, 5. – 19. 12. 2022

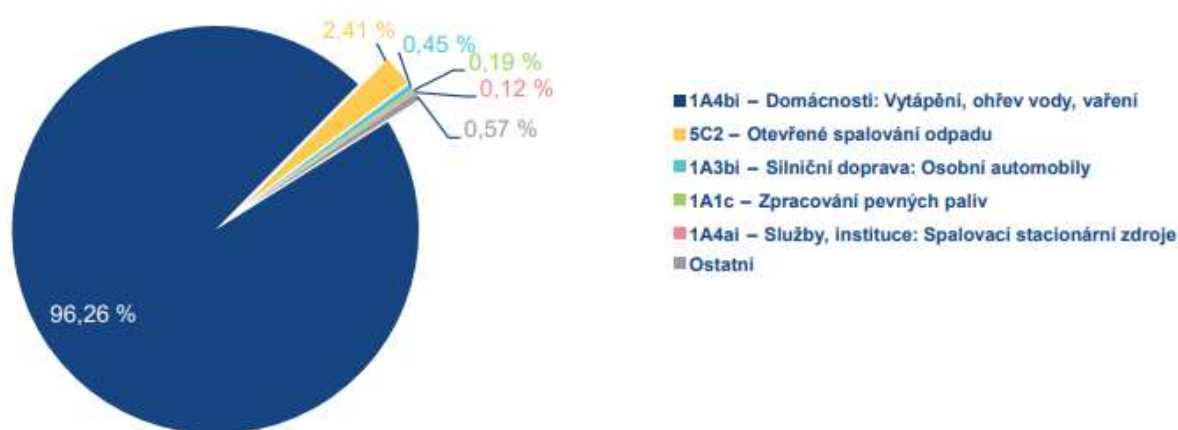
Z Obr. 49 pak vyplývá, že v případě lokality Huštěnovice byly nejvyšší koncentrace CO měřeny v večerních a nočních hodinách při proudění ze severu.

### 3.6 BENZO[a]PYREN

Benzo[a]pyren je legislativním zástupcem polycyklických aromatických uhlovodíků. Přírodní hladina pozadí benzo[a]pyrenu může být s výjimkou výskytu lesních požárů téměř nulová. Jeho antropogenním zdrojem, stejně jako ostatních polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH), je jednak nedokonalé spalování fosilních paliv, jak ve stacionárních (domácí topeniště) tak i v mobilních zdrojích (motory spalující naftu), ale také 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 µm.

U benzo[a]pyrenu, stejně jako u některých dalších PAH, jsou prokázány karcinogenní účinky na lidský organismus.

Emise PAH, z nichž je v oblasti kvality ovzduší sledován zejména benzo[a]pyren, jsou produkovány téměř výhradně spalovacími procesy, při nichž nedochází k dostatečné oxidaci přítomných organických spalitelných látek. Benzo[a]pyren je produktem nedokonalého spalování při teplotách 300 až 600 °C. Mezi jeho nejvýznamnější zdroje se proto řadí spalování pevných paliv v kotlích nižších výkonů, především v domácích topeništích (*sektor 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření*; Obr. 50). Dalším významnějším zdrojem je spalování rostlinného materiálu (NFR 5C2), které se podílí v roce 2020 na celkových emisích 2,4 %. Vliv dopravy se uplatňuje především podél dálnic, komunikací s intenzivní dopravou a na území větších městských celků. Vliv sektoru dopravy je odhadován na 0,5 %. Emise benzo[a]pyrenu z průmyslových zdrojů, především z koksoven, sice nepředstavují významný podíl na celkových emisích, ale v lokálním měřítku mohou i s ohledem na celoroční provoz zásadně ovlivňovat kvalitu ovzduší. [6]



Obr. 50 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích benzo[a]pyrenu v ČR, rok 2020 [6]

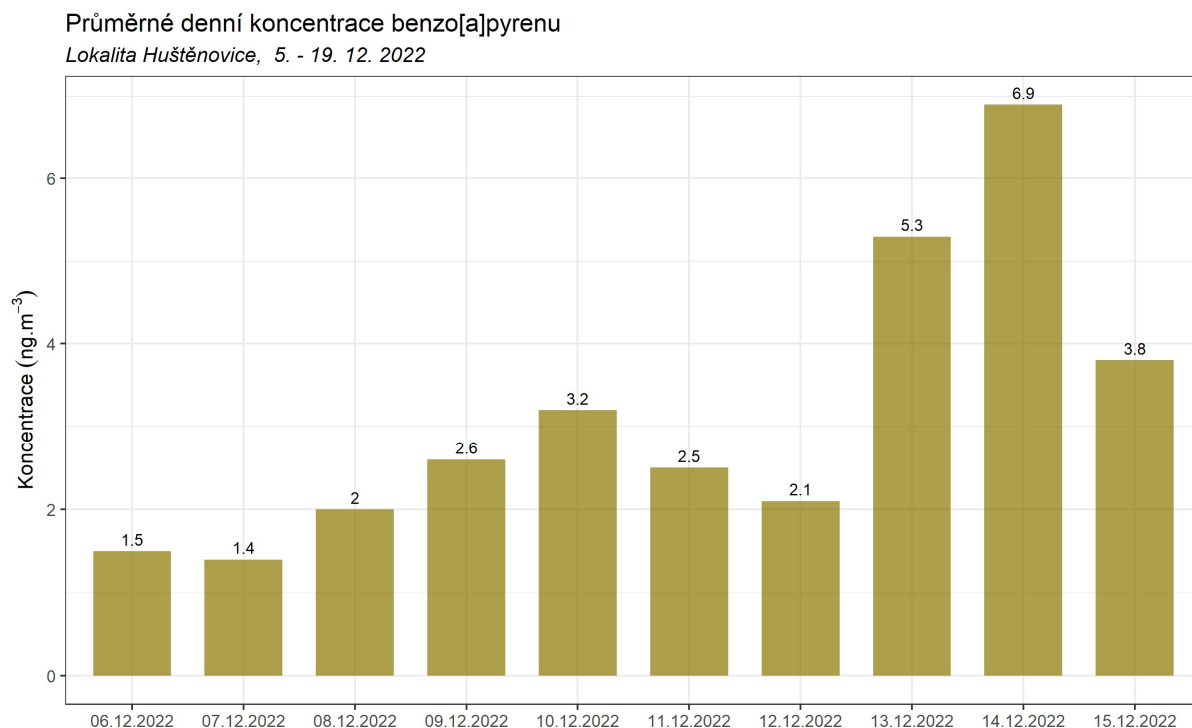


### 3.6.1 Měřené hodnoty benzo[a]pyrenu

Benzo[a]pyren byl odebírán během kampaně 10x v 24hodinových odběrech. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tab. 7. Koncentrace benzo[a]pyrenu se pohybují během celé kampaně nad hodnotou imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci benzo[a]pyrenu. Nejvyšší hodnota byla naměřena 14.12. Je patrné, že vyšší hodnoty byly opět měřeny ke konci kampaně, kdy byly rovněž měřeny nižší teploty. Vzhledem k velmi nízkým až nulovým koncentracím benzo[a]pyrenu v teplé části roku (bez nejvýznamnějšího zdroje) nelze rozhodnout, zda by v této lokalitě došlo k překročení imisního limitu. Graficky jsou koncentrace benzo[a]pyrenu znázorněny na Obr. 51.

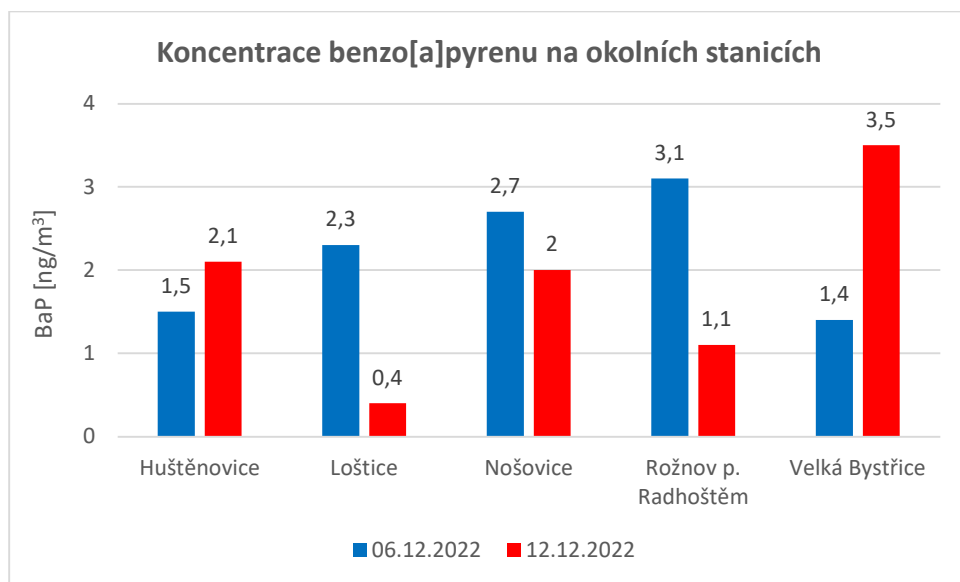
Tab. 7 – Měřené koncentrace benzo[a]pyrenu ( $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ ), Huštěnovice 5. – 19. 12. 2022

| Datum odběru | Koncentrace BaP ( $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ ) |
|--------------|---------------------------------------------------|
| 06.12.2022   | 1,5                                               |
| 07.12.2022   | 1,4                                               |
| 08.12.2022   | 2                                                 |
| 09.12.2022   | 2,6                                               |
| 10.12.2022   | 3,2                                               |
| 11.12.2022   | 2,5                                               |
| 12.12.2022   | 2,1                                               |
| 13.12.2022   | 5,3                                               |
| 14.12.2022   | 6,9                                               |
| 15.12.2022   | 3,8                                               |



Obr. 51 – Měřené koncentrace benzo[a]pyrenu, Huštěnovice 5. – 19. 12. 2022

V době zpracování závěrečné zprávy byla k dispozici naměřená data ze 4 okolních stanic v termínech 6.12. a 12.12.2023. Z grafu na obr. 52 je zřejmé, že koncentrace benzo[a]pyrenu v Huštěnovicích korespondovali s koncentracemi naměřenými na okolních stanicích a odpovídají běžným hodnotám měřeným v České republice v městském prostředí během topné sezóny. Srovnání s imisním limitem není relevantní, protože se jedná o průměrné roční koncentrace a kampaň v Huštěnovicích zahrnovala pouze krátkodobé měření v topné sezóně.



Obr. 52 – Měřené koncentrace benzo[a]pyrenu – porovnání s okolními stanicemi

### 3.7 BENZEN

Benzen patří do skupiny organických sloučenin a používá se v průmyslu jako rozpouštědlo nebo jako surovina pro výrobu celé řady chemických látek. Benzen je součástí ropy a přidává se v malém množství do automobilového benzínu pro zlepšení oktanového čísla. Vyrábí se především zpracováním ropy a z uhlého dehtu vznikajícího při výrobě koksu. Společně s dalšími VOC vzniká také při nedokonalém spalování.

Benzen má nízkou akutní toxicitu, při dlouhodobé expozici má účinky hematotoxické, genotoxické, imunotoxické a karcinogenní. Nejzávažnějším účinkem benzenu je jeho karcinogenní působení. Benzen je z hlediska klasifikace karcinogenity zařazen do skupiny 1 – prokázaný karcinogen

Benzen nespadá mezi znečišťující látky sledované Úmluvou LRTAP, a proto není jeho inventura k dispozici v členění podle sektorů NFR, ale pouze podle kategorií REZZO. Podle vyhodnocení provedeného pro potřeby aktualizace PZKO bylo v roce 2016 do ovzduší vypuštěno 672,6 tun benzenu. Nejvíce se na emisích benzenu podílely zdroje kategorie REZZO 4 (75 %), ze kterých je benzen do ovzduší vnášen výfukovými plyny i odpařováním z palivových systémů vozidel. Významné množství emisí benzenu vznikalo u zdrojů kategorie REZZO 3 při spalování pevných paliv v domácnostech (13 %),

při plošném použití organických rozpouštědel (5 %) nebo při těžbě paliv (3 %). Příspěvek zdrojů kategorie REZZO 1 a REZZO 2 činil 4 % na celkových emisích benzenu, z toho nejvýznamnější podíl připadal zdrojům v sektoru Energetika – spalování paliv (kódy 1.1.–1.4. přílohy č. 2 zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší) s podílem 2,2 % a sektoru Použití rozpouštědel (kódy 9.1.–9.24. přílohy č. 2 zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší) s podílem 0,7 % [6].

### 3.7.1 Měřené hodnoty benzenu

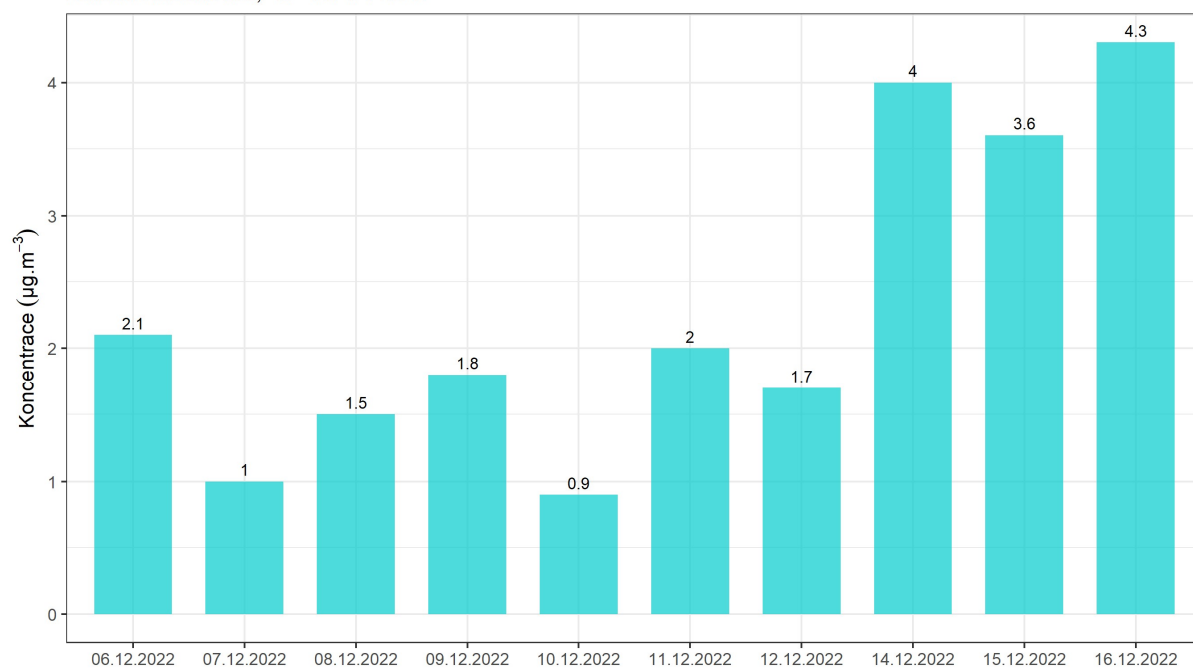
Benzen byl odebírán během kampaně 10x v 24hodinových odběrech. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tab. 8. Koncentrace benzenu se pohybují během celé kampaně pod hodnotou imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci benzenu. Nejvyšší hodnota byla naměřena 16. 12. Je patrné, že vyšší hodnoty byly opět měřeny ke konci kampaně, kdy byly rovněž měřeny nižší teploty. Graficky jsou koncentrace benzo[a]pyrenu znázorněny na Obr. 53.

Tab. 8 – Měřené koncentrace benzenu ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), Huštěnovice 5. – 19. 12. 2022

| <i>Datum odběru</i> | <i>Koncentrace benzenu (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</i> |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 06.12.2022          | 2,10                                                                    |
| 07.12.2022          | 1,00                                                                    |
| 08.12.2022          | 1,50                                                                    |
| 09.12.2022          | 1,80                                                                    |
| 10.12.2022          | 0,90                                                                    |
| 11.12.2022          | 2,00                                                                    |
| 12.12.2022          | 1,70                                                                    |
| 14.12.2022          | 4,00                                                                    |
| 15.12.2022          | 3,60                                                                    |
| 16.12.2022          | 4,30                                                                    |

### Průměrné denní koncentrace benzenu

Lokalita Huštěnovice, 5. - 19. 12. 2022



Obr. 53 – Měřené koncentrace benzenu, Huštěnovice 5. – 19. 12. 2022

## 4 ZÁVĚRY

---

- Vývoj průměrných denních koncentrací **PM<sub>10</sub>**, **PM<sub>2,5</sub>** i **PM<sub>1</sub>** sledoval stejné trendy, rovněž hodnoty byly velmi podobné – téměř veškerá **PM<sub>10</sub>** je tvořena jemnějšími frakcemi **PM<sub>2,5</sub>** a **PM<sub>1</sub>**. Na úrovni hodinových koncentrací ovlivňují vývoj meteorologické podmínky (např. teplota) a s nimi související činnosti – zejména vytápění v lokálních topeništích. Maximální koncentrace **PM** byly měřeny ve večerních a nočních hodinách po zatopení. Důležitým faktorem je rovněž rychlost větru – pokud je bezvětří, nedochází k rozptylu škodlivin, ale naopak k jejich kumulaci a koncentrace rostou.  
Rovněž srovnání s ostatními lokalitami SSIM ukazuje, že trend vývoje koncentrací je na všech lokalitách podobný a sleduje nadregionální vlivy.
- Koncentrace **oxidů dusíku** souvisí především se zatížením dopravou a s vytápěním. Zvýšené koncentrace v rámci denního chodu tak byly pozorovány během ranní a večerní dopravní špičky. V denních hodinách se koncentrace **NO** blížily **NO<sub>2</sub>**, což naznačuje vliv dopravy, v nočních hodinách převládal **NO<sub>2</sub>**, což indikuje zejména vytápění. Koncentrace byly charakteristické pro městské pozadí. Okolo poledne dochází k poklesu koncentrací **NO<sub>2</sub>** také díky reakci této látky při tvorbě přízemního ozónu. Maximální hodinové koncentrace se pohybovaly hluboko pod hodnotou imisního limitu.  
Srovnání s dalšími lokalitami SSIM naznačuje, že koncentrace v lokalitě Huštěnovice jsou podobné těm měřeným na dopravní stanici Uherské Hradiště. Trend vývoje koncentrací je rovněž na všech sledovaných lokalitách obdobný.
- Koncentrace **oxidu siřičitého SO<sub>2</sub>** souvisí především s vytápěním. Vyšší koncentrace jsou měřeny pouze v odpoledních a večerních hodinách. I tak jsou koncentrace velmi nízké z hlediska legislativních požadavků.
- Vysoké koncentrace **přízemního ozónu O<sub>3</sub>** nebyly během kampaně měřeny, vyskytují se především v letních měsících. Trend koncentrací byl v lokalitě Huštěnovice obdobný, jako v dalších lokalitách SSIM, hodnoty koncentrací byly na úrovni koncentrací v Přerově či Zlíně.
- Koncentrace **oxidu uhelnatého CO** jsou podobně jako koncentrace **PM** spojeny především s vytápěním a dále s dopravním zatížením. Zvýšené koncentrace se vyskytují zejména ve večerních hodinách. Maximální 8hodinový průměr koncentrací **CO** se pohyboval zhruba na úrovni 1/10 hodnoty imisního limitu.
- Koncentrace **benzo[a]pyrenu** se pohybovaly po celou dobu nad hodnotou imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci, což není v zimním období neobvyklé, protože látka je téměř výhradně emitována vytápěním domácností. V létě jsou pak koncentrace téměř nulové. Proto nelze určit, zda by byl v lokalitě imisní limit překračován. Koncentrace benzo[a]pyrenu v Huštěnovicích korespondovali s koncentracemi naměřenými na okolních stanicích a odpovídají běžným hodnotám měřeným v České republice v městském prostředí během topné sezóny.

- Koncentrace **benzenu** se v lokalitě Huštěnovice pohybují celou dobu měření pod hodnotou imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci. S poklesem teplot v druhé polovině kampaně došlo k jejich nárůstu.

## 5 CITOVANÁ LITERATURA

---

- [1] Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů, 2012 - 2017, MŽP, 2012.
- [2] R Core Team, „R: A language and environment for statistical computing,“ R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria., 2018. [Online]. Available: <https://www.R-project.org/>.
- [3] H. Wickham a et al., „Welcome to the tidyverse,“ *Journal of Open Source Software*, sv. 4, č. 43, p. 1686, 2019.
- [4] D. Carslaw a K. Ropkins, „Openair - an R package for air quality data analysis,“ *Environmental*, Sv. 1 z 227-28, pp. 52 - 61, 2012.
- [5] V. Michal, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovanych v městských aglomeracích,“ v *Konference ČAS 2010. Sborník konference*, Praha, 2010.
- [6] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2021, ISBN: ISBN 978-80-7653-038-6,“ ČHMÚ Praha, 2022. [Online]. Available: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/21groc/gr21cz/Obsah\\_CZ.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/21groc/gr21cz/Obsah_CZ.html).
- [7] U. EPA, „Particulate Matter (PM) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/pm-pollution>.
- [8] J. Keder, „Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátorů Grimm,“ v *Ovzduší 2007*, Brno, 2007.
- [9] USEPA, „Nitrogen Dioxide (NO2) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/no2-pollution>.
- [10] P. WARNECK, *Chemistry of the natural atmosphere*, San Diego: Academic Press: ISBN 0-12-735632-0, 2000.
- [11] European Commission, „Position paper on air quality: nitrogen dioxide,“ 1997.
- [12] O. Zdravotní Ústav se sídlem v Ostravě, „Oxid siřičitý,“ ZÚ Ova, 06 2020. [Online]. Available: <https://zuova.cz/Home/Clanek/oxid-siricity-so2>.
- [13] J. H. Seinfeld a S. N. Pandis, *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*, New York: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-471-72017-1, 2006.
- [14] J. Fiala a D. Závodský, „Chemické aspekty znečištěného ovzduší – troposférický ozon,“ v *Kompendium ochrany kvality ovzduší*, Praha, 2003.
- [15] I. Colbeck a A. R. Mackenzie, „Air Pollution by photochemical oxidants,“ *Air Quality Monographs*, č. Elsevier. ISBN 0-444-88542-0, 1994.
- [16] Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší, 2012.
- [17] Vyhláška č. 330/2012 Sb. o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích, Praha, 2012.
- [18] Š. L. Š. H. Tolasz R., „Počasí, podnebí a kvalita ovzduší v ČR v roce 2016 – vybrané události,“ 13 1 2016. [Online]. Available: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1484297500>.



- [19] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky 1996 - 2015,“ 1 12 2016. [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).
- [20] 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).
- [21] 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).
- [22] M. VOJTÍŠEK, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkováných v městských aglomeracích,“ *Konference ČAS 2010. Sborník konference.*, č. ISBN: 978-80-86186-25-2, 2010.
- [23] WHO, „Air quality guidelines for Europe, Second Edition,“ *WHO Regional Publications, European Series*, sv. No. 91, 2000.
- [24] EEA, „Air quality in Europe — 2016 report,“ 2016. [Online]. Available: [https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at\\_download/file](https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at_download/file).
- [25] ČHMÚ, kolektiv autorů, „Grafická ročenka 2017,“ Český hydrometeorologický ústav, 2018. [Online]. Available: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah_CZ.html).
- [26] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018,“ 2019. [Online]. Available: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/IV.1.PM\\_CHMU2018.pdf](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/IV.1.PM_CHMU2018.pdf). [Přístup získán 2019].
- [27] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020,“ ISBN: ISBN 978-80-7653-023-2, ČHMÚ, 2021. [Online]. Available: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/Obsah\\_CZ.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/Obsah_CZ.html).
- [28] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2019,“ ISBN: ISBN 978-80-7653-009-6, ČHMÚ, 2020. [Online]. Available: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/Obsah\\_CZ.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/Obsah_CZ.html).