



VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ VE VSETÍNĚ



ENVITECH BOHEMIA, s.r.o.



ÚDAJE O ZAKÁZCE

Zhotovitel: ENVitech Bohemia s.r.o.
Ovocná 1021/34, 161 00 Praha 6
IČ: 47119209



Objednatel: Zlínský kraj
tř. T. Bati 21, 761 90 Zlín
IČ: 70891320

Zpracovatelé: Pavel Chaloupecký
Richard Kula
Ondřej Ambroz
Michal Adamec
Robert Skeřil

Datum předání zprávy: 20. prosince 2019
Počet výtisků: 1
Výtisk číslo: 1

OBSAH

1	ÚVOD	4
1.1	IMISNÍ LIMITY	5
2	LOKALITA VSETÍN	6
3	METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ	8
4	VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ	11
4.1	SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM₁₀	11
4.1.1	VÝVOJ HODINOVÝCH KONCENTRACÍ	13
4.1.2	KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	17
4.1.3	PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE PM ₁₀ , PM _{2,5} A PM ₁	17
4.1.4	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU	18
4.2	OXID DUSIČITÝ NO₂	20
4.2.1	VÝVOJ HODINOVÝCH KONCENTRACÍ NO, NO ₂ A NO _x	21
4.2.2	KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	25
4.2.3	PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE NO, NO ₂ A NO _x	26
4.2.4	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU	26
4.3	OXID SIŘIČITÝ SO₂	28
4.3.1	VÝVOJ HODINOVÝCH KONCENTRACÍ SO ₂	29
4.3.2	KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	32
4.3.3	PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE SO ₂	33
4.3.4	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU	33
4.4	PŘÍZEMNÍ OZÓN	35
4.4.1	VÝVOJ HODINOVÝCH KONCENTRACÍ O ₃	35
4.4.2	KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	39
4.4.3	MAXIMÁLNÍ 8HODINOVÝ KLOUZAVÝ PRŮMĚR ZA DEN	39
4.4.4	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU	39
4.5	OXID UHELNATÝ CO	41
4.5.1	VÝVOJ HODINOVÝCH KONCENTRACÍ O ₃	42
4.5.2	KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	45
4.5.3	MAXIMÁLNÍ 8HODINOVÝ KLOUZAVÝ PRŮMĚR ZA DEN	45
4.5.4	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU	45
4.6	POLYCYKlické AROMATICKÉ UHLOVODÍKY	47
4.6.1	MĚŘENÉ KONCENTRACE PAH	48
4.7	TĚKAVÉ ORGANICKÉ LÁTKY – VOC	51
4.7.1	MĚŘENÉ KONCENTRACE VOC	52
4.8	KOVY	54
4.8.1	MĚŘENÉ KONCENTRACE KOVŮ	55
4.9	ORGANICKÉ POLUTANTY – PERSISTENTNÍ ORGANICKÉ POLUTANTY (POPs)	58
5	ZÁVĚRY	61
6	CITOVANÁ LITERATURA	63

1 ÚVOD

ENVitech Bohemia s.r.o. provedl měření v lokalitě Vsetín. Důvodem pro měření byly stížnosti na novou halu v přilehlém průmyslovém areálu. Měření tak poskytne vstupní podmínky z hlediska kvality ovzduší pro případná budoucí povolování dalších zdrojů v lokalitě.

Výběr měřicí lokality byl předem konzultován s pracovníky ČHMÚ, pobočka Brno.

Měření probíhalo 21 dní jak kontinuálně, tak s odběry pro vybrané škodliviny. Kontinuální měření bylo provedeno měřícím vozem v rozsahu:

- suspendované částic PM_{2.5}, PM₁₀,
- oxidy dusíku NO, NO₂, NO_x,
- oxid siřičitý SO₂,
- přízemní ozón O₃,
- oxid uhelnatý CO
- meteorologické prvky v místě měření: směr a rychlost větru, teplota a vlhkost vzduchu



Odběry kovů a PAH na filtr probíhaly pomocí sekvenčního vzorkovače Derenda. Analyzovány byly následující prvky:

- prvky Cd, Ni, Pb, As, Fe, Hg, Mn, Cr a Al,
- polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH),

Pomocí dozimetrů s aktivním odběrem vzorkovačem Baghira – VOC-7 byly vzorkovány těkavé organické látky (VOC).

Měřeny byly rovněž pachové látky. Zpráva autorizované měřicí skupiny Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě je přiložena k této závěrečné zprávě.

K experimentálnímu měření imisí byly využity měřicí přístroje, umístěné v imisním měřícím voze. Kontinuální měření bylo zajištěno analyzátory pracujícími referenční metodou nebo metodou ekvivalentní dle příslušných evropských norem. Jednotlivé analyzátory jsou shodné jako analyzátory ve státní síti imisního monitoringu, provozované ČHMÚ. V průběhu měřicí kampaně bylo rovněž prováděno sledování meteorologických parametrů: směr a rychlost větru, teplota, vlhkost vzduchu.

1.1 IMISNÍ LIMITY

Pro škodliviny, měřené v lokalitě Vsetín, 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 LV	pLV
Oxid siřičitý SO ₂	1 hodina	350 µg·m ⁻³	24
Oxid siřičitý SO ₂	24 hodin	125 µg·m ⁻³	3
Prašný aerosol PM ₁₀	24 hodin	50 µg·m ⁻³	35
Prašný aerosol PM ₁₀	1 kalendářní rok	40 µg·m ⁻³	
Prašný aerosol PM _{2,5}	1 kalendářní rok	25 µg·m ⁻³	
Oxid dusičitý NO ₂	1 hodina	200 µg·m ⁻³	18
Oxid dusičitý NO ₂	1 kalendářní rok	40 µg·m ⁻³	
Přízemní ozón O ₃	maximální denní osmihodinový klouzavý průměr	120 µg·m ⁻³	25
Oxid uhelnatý CO	maximální denní osmihodinový klouzavý průměr	10000 µg·m ⁻³	
Benzen	1 kalendářní rok	5 µg·m ⁻³	
Olovo	1 kalendářní rok	0,5 µg·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 PM₁₀ může být za kalendářní rok hodnota 50 µg·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 µg·m⁻³, došlo k překročení imisního limitu.

Zákon o ochraně ovzduší [1] dále v bodě 3, přílohy 1 stanovuje imisní limity pro celkový obsah znečišťující látky v částicích PM₁₀. Jedná se o následující látky:

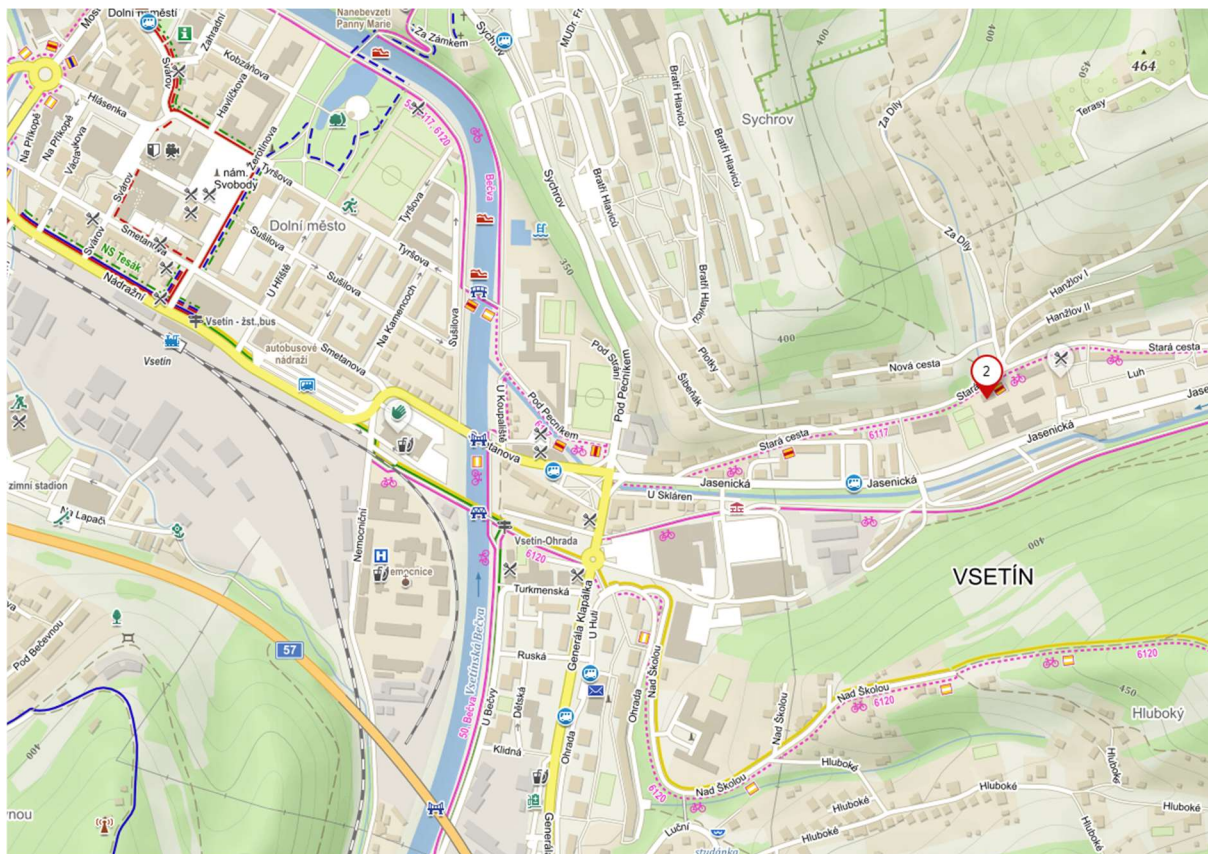
Tab. 2 - Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí pro látky v částicích PM₁₀

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit LV	pLV
Arsen	1 kalendářní rok	6 ng·m ⁻³	
Kadmium	1 kalendářní rok	5 ng·m ⁻³	
Nikl	1 kalendářní rok	20 ng·m ⁻³	
Benzo[a]pyren	1 kalendářní rok	1 ng·m ⁻³	

Tyto látky mají imisní limit v ng·m⁻³ a nikoliv v µg·m⁻³ jako látky v Tab. 2 – čili o 3 řády nižší. Benzo[a]pyren je pak legislativním zástupcem polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH).

2 LOKALITA VSETÍN

Měření v lokalitě Vsetín probíhalo v areálu mateřské a základní školy na ulici Stará cesta. GPS koordináty měření byly 49°20'4.347"N, 18°0'39.373"E. Nadmořská výška 360 m.n.m. Přehledně umístění zobrazuje mapka na Obr. 1 a fotografie na Obr. 2.



Obr. 1 – Umístění lokality v lokalitě Vsetín, zdroj mapy: www.mapy.cz

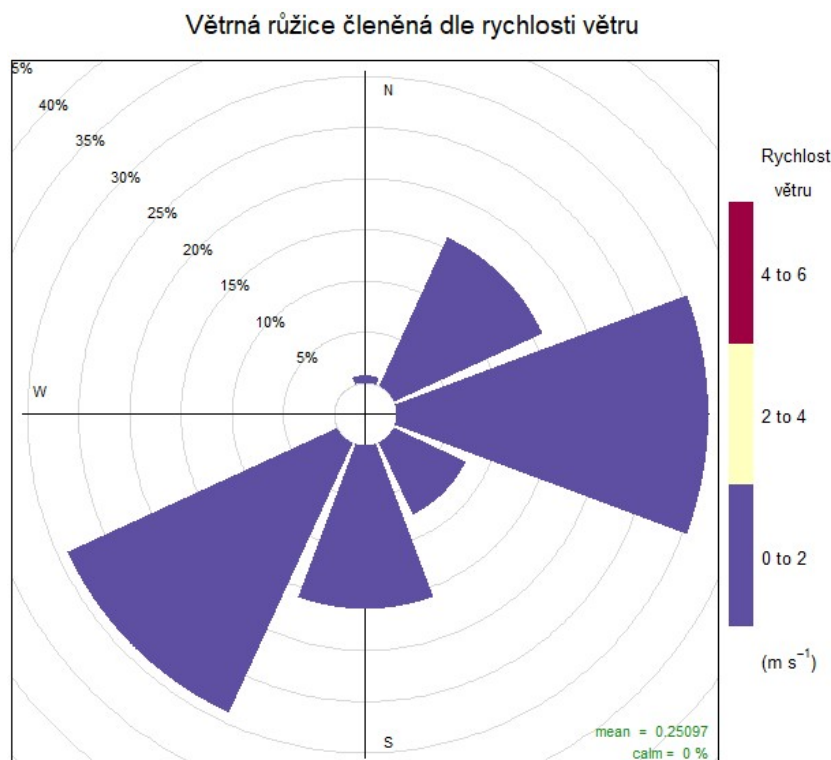


Obr. 2 – Měřicí kampaň, lokalita Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

3 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ

Z hlediska doprovodných meteorologických veličin byly v lokalitě Vsetín měřeny rychlost a směr větru, teplota vzduchu a relativní vlhkost vzduchu.

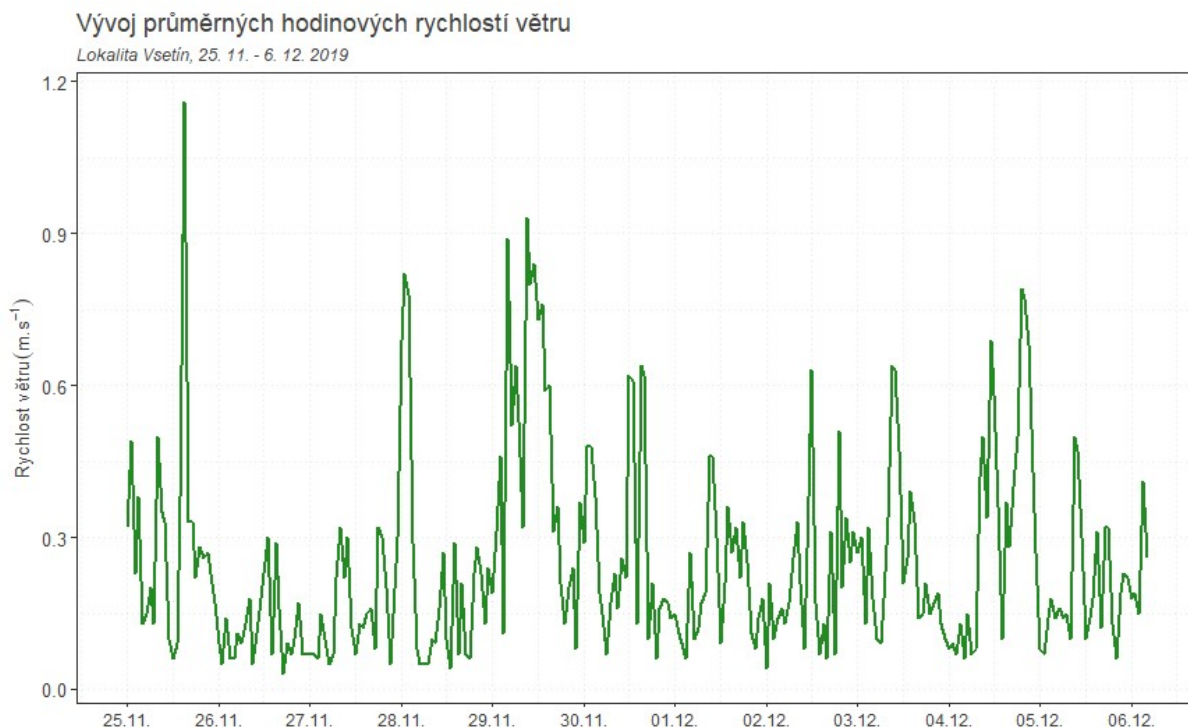
Na následujícím Obr. 3 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Vsetín, která naznačuje převažující jižní (cca 45 % času kampaně) a severovýchodní proudění (cca 27 %). V lokalitě byly měřeny pouze nízké rychlosti větru (do $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), průměrná rychlost větru za celou kampaň byla pouze $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



Obr. 3 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

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 bezvětří nebo pouze nízké rychlosti větru a nedochází tedy k dostatečnému rozptýlu 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 bezvětří, jsou zpravidla koncentrace škodlivin (zejména suspendovaných částic) vysoké. Naopak při vyšších rychlostech větru dochází k dobrému rozptýlu, 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 hodinové rychlosti proudění větru v lokalitě Vsetín. Z grafu je patrné, že byly měřeny pouze nízké rychlosti větru zhruba do $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



Obr. 4 – Průměrné hodinové rychlosti větru, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

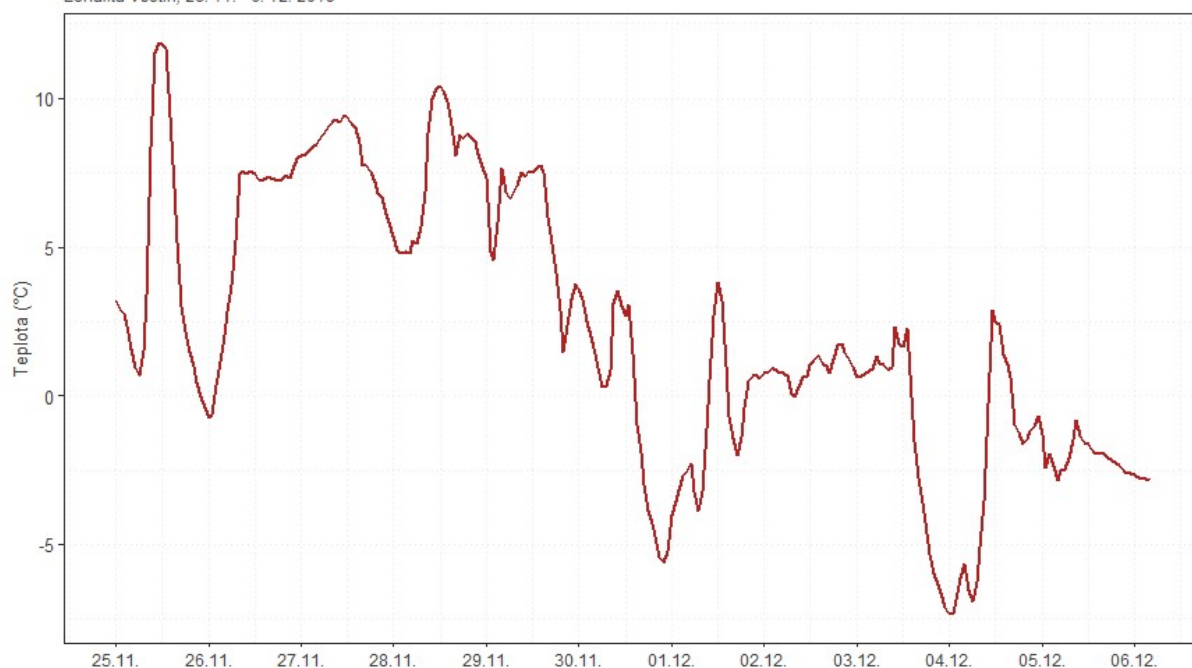
Významným faktorem, ovlivňujícím koncentrace a distribuci velikostních frakcí je také teplota vzduchu. V dlouhodobém trendu platí, že s klesající teplotou rostou koncentrace částic v ovzduší, přičemž je více zastoupená jemnější frakce, a naopak s rostoucí teplotou koncentrace klesají a je výrazněji zastoupená 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 hodinové teploty vzduchu v lokalitě Vsetín. Z grafu vyplývá, že během kampaně teploty vzduchu postupně klesaly. Na začátku se v denních maximech pohybovaly až okolo 12°C , ke konci se již pohybovaly okolo 0°C , v nočních minimech se blížily až k -7°C . Průměrná teplota během kampaně činila $2,2^\circ\text{C}$.

Významným faktorem je také relativní vlhkost vzduchu, která se projevuje zejména v koncentracích NO a NO_2 . Následující Obr. 6 zobrazuje vývoj hodinových relativních rychlostí vzduchu.

Vývoj průměrných hodinových teplot vzduchu

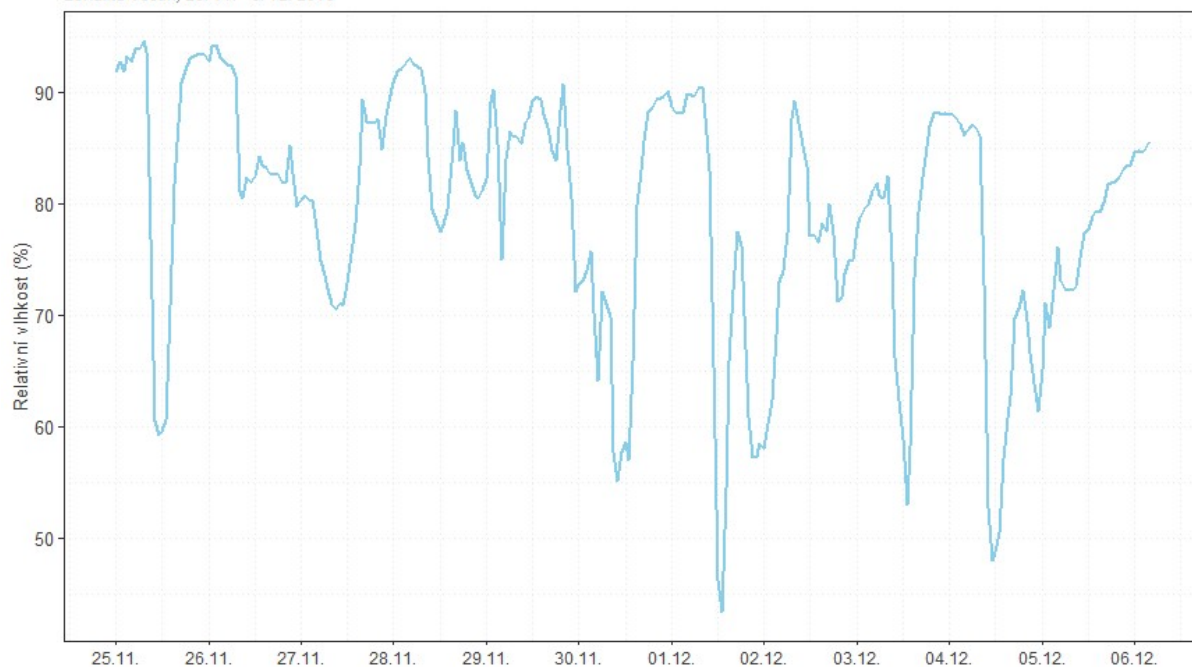
Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 5 – Průměrné hodinové teploty vzduchu, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Vývoj průměrných hodinových relativních vlhkostí

Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



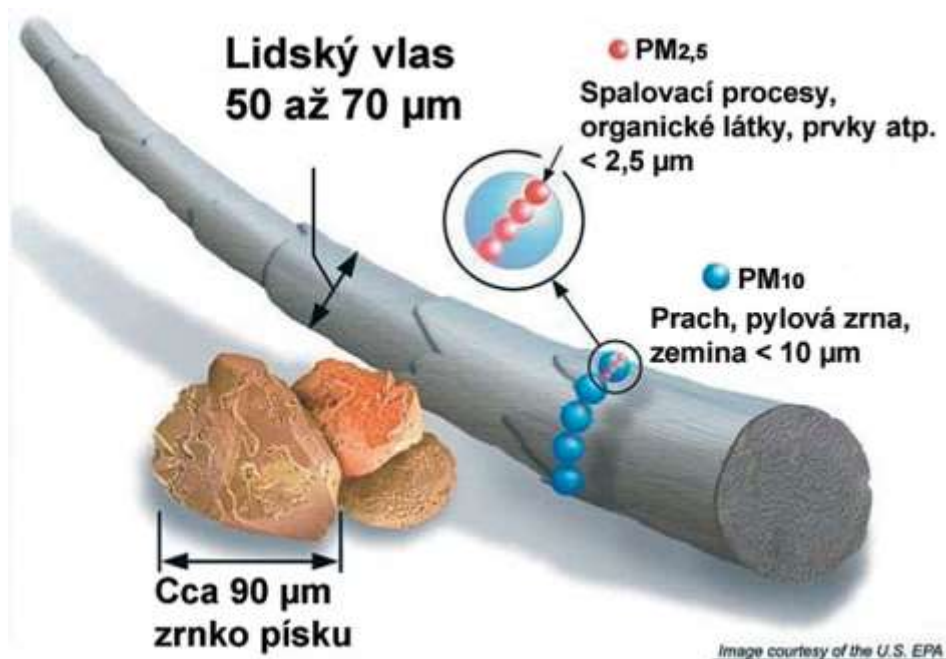
Obr. 6 – Průměrné hodinové relativní vlhkosti vzduchu, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

4 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

4.1 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM₁₀

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

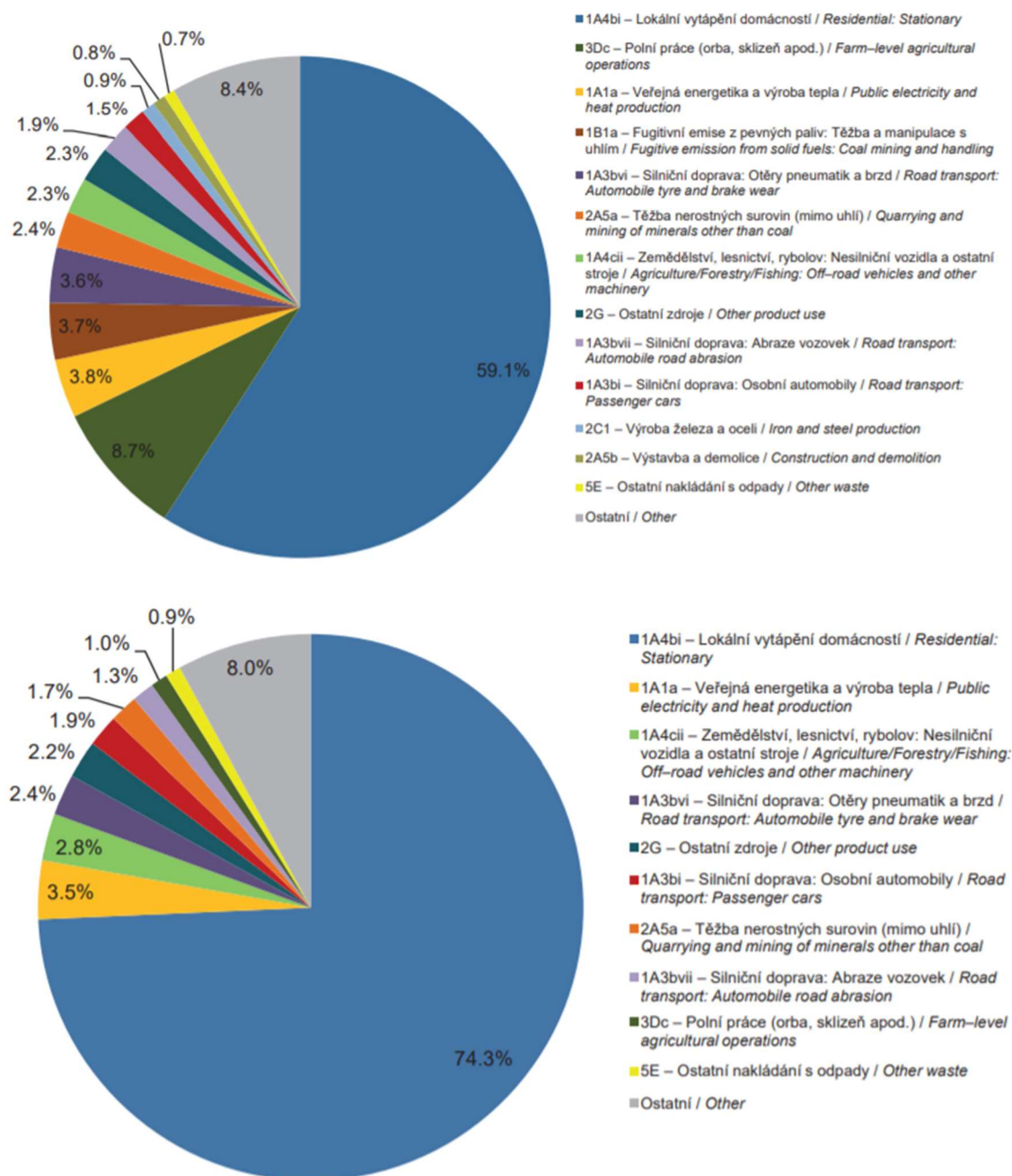
Z hlediska platné legislativy [1] jsou v ovzduší sledovány dvě velikostní frakce suspendovaných částic. Jedná se o hrubší frakci PM₁₀ (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 10 µm) a jemnější frakci PM_{2,5} (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 2,5 µm). Názorně jsou tyto částice velikostně srovnány s lidským vlasem na Obr. 7.



Obr. 7 – Srovnání velikostí částic PM₁₀ a PM_{2,5} s lidským vlasem a zrnkem písku. Zdroj: US EPA

Emisní inventury částic PM₁₀ 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 prašných materiálů, operace s prašnými materiály apod.). Zahrnuty jsou rovněž emise z otěrů pneumatik, brzdového obložení a abraze vozovek vypočítávané z dopravních výkonů. Kvalitu ovzduší ovlivňuje rovněž resuspenze částic (znovuzvření), která do standardně prováděných emisních inventur není zahrnuta.

Mezi hlavní zdroje emisí částic v roce 2017 patřil v rámci celé ČR sektor 1A4bi – *Lokální vytápění domácností*, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami PM₁₀ 59,1 % a PM_{2,5} 74,3 %. Mezi další významné zdroje emisí PM₁₀ patřil sektor 3Dc – *Polní práce*, kde tyto emise vznikají při obdělávání půdy, sklizni a čištění zemědělských plodin. Tento sektor představoval 8,7 % emisí PM₁₀. *Doprava* se na emisích PM₁₀ podílela 10,7 % a na emisích PM_{2,5} 10,3 % [2].

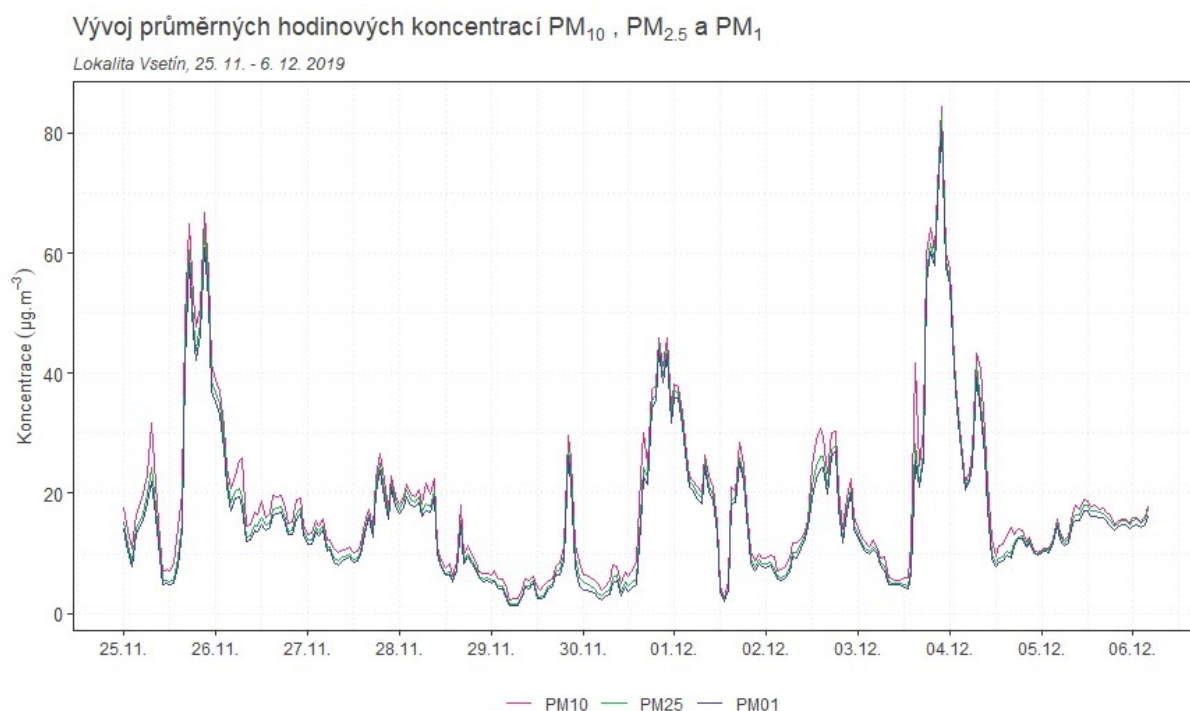


Obr. 8 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM₁₀ (nahore) a PM_{2,5} (dole) v ČR, rok 2017 [2]

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 $1\text{ }\mu\text{m}$ [3], [4].

4.1.1 Vývoj hodinových koncentrací

Vývoj hodinových koncentrací PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Vsetín zobrazuje následující Obr. 9.

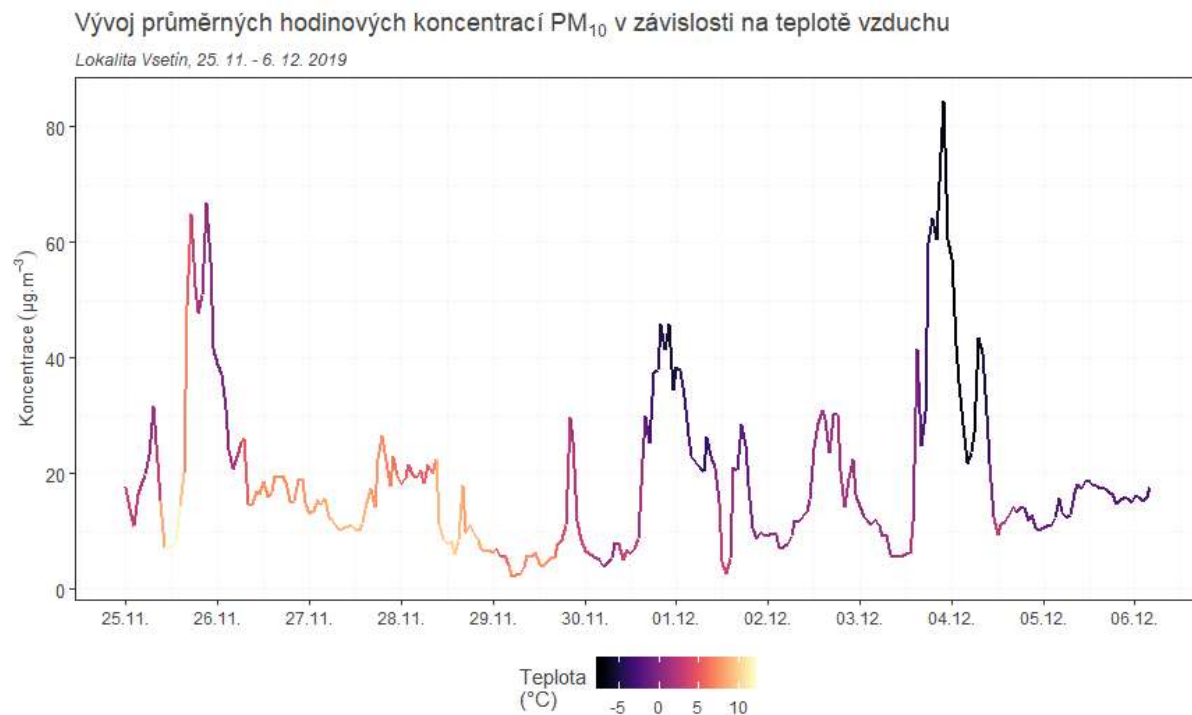


Obr. 9 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a PM_1 , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Z grafu je patrné, že koncentrace jemnější frakce $\text{PM}_{2,5}$ a PM_1 do značné míry kopíruje kopírují hrubší frakci PM_{10} a z velmi velké části tak PM_{10} tvoří. Podíl zastoupení $\text{PM}_{2,5}$ v PM_{10} tvoří v lokalitě Vsetín činí

91 % (počítáno z hodinových koncentrací $PM_{2,5}$ a PM_{10}), podíl zastoupení PM_1 v PM_{10} pak tvoří **86 %**.

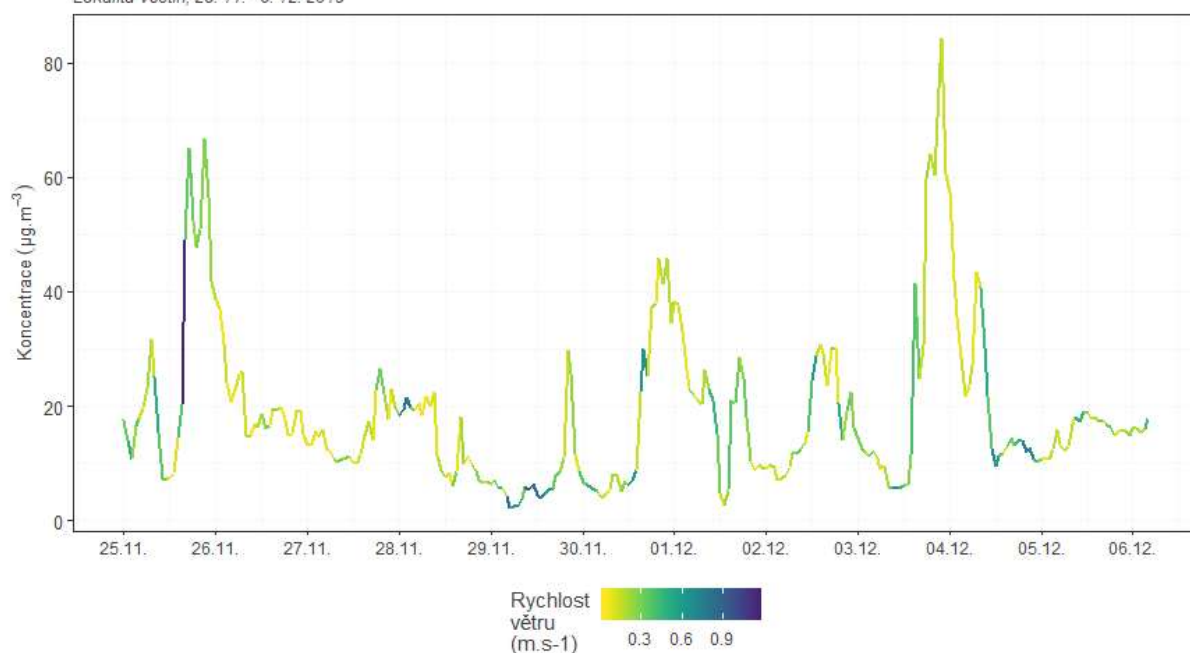
Vzhledem k tomu, že jsou trend a z velké části i hodnoty PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 téměř totožné, bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro PM_{10} , avšak totéž platí i pro jemnější frakce.



Obr. 10 - Vliv teploty na koncentrace PM_{10} , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Vývoj průměrných hodinových koncentrací PM₁₀ v závislosti na rychlosti větru

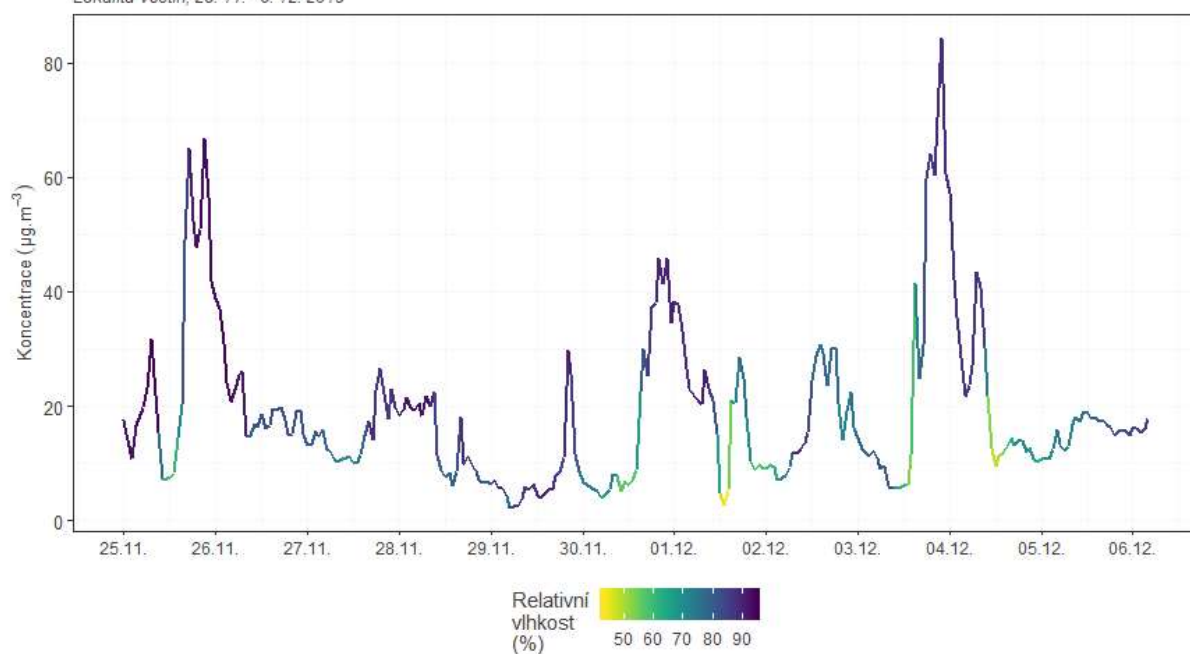
Lokalita Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019



Obr. 11 – Vliv rychlosti větru na koncentrace PM₁₀, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Vývoj průměrných hodinových koncentrací PM₁₀ v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Lokalita Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019



Obr. 12 – Vliv relativní vlhkosti vzduchu na koncentrace PM₁₀, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Na Obr. 10 – Obr. 12 jsou zobrazeny grafy ukazující vliv jednotlivých meteorologických veličin na koncentrace PM_{10} . Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací PM_{10} , zbarvení křivky pak zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, rychlost proudění větru, nebo relativní vlhkost vzduchu.

Z grafů je patrné, že k vysokým koncentracím PM_{10} dochází převážně při poklesu teplot zhruba pod 5 °C. Jedná se zejména o noční hodiny, kdy se většinou topí, takže rostou koncentrace prašnosti. Současně je patrné, že zvýšené koncentrace jsou rovněž pozorovány při nízkých rychlostech větru a naopak poté, co začne více foukat (křivka se zabarví do zelena) koncentrace poklesnou. Relativní vlhkost vzduchu nemá na koncentrace částic PM_{10} až takový vliv, jako teplota a rychlost větru.

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Vsetín. Denní chod koncentrací PM zobrazuje Obr. 13.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací PM jsou dosahovány v podvečerních, večerních a nočních hodinách. Je to velmi pravděpodobně důsledek návratu lidí z práce a zatopení v lokálních topeništích, které plošně navýší hodnoty koncentrací částic PM v celém území. Nárůst začíná kolem 15. hodiny a maxima dosahuje kolem 21. a 22. hodiny. Poté dochází k postupnému poklesu koncentrací až do 6. hodiny ranní, kdy dochází opět k mírnému nárůstu koncentrací. Ten může být způsoben jednak zvýšenou dopravou při odchodu lidí do zaměstnání. Současně dochází k rannímu zatápění u lidí, kteří neodcházejí do práce, popř. pracují z domova. Z uvedeného denního chodu vyplývá, že největší vliv na koncentrace prašnosti mají v lokalitě Vsetín lokální topeniště – vytápění domácností. Přes den jsou koncentrace proti nočním hodinám výrazně nižší.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1

Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019

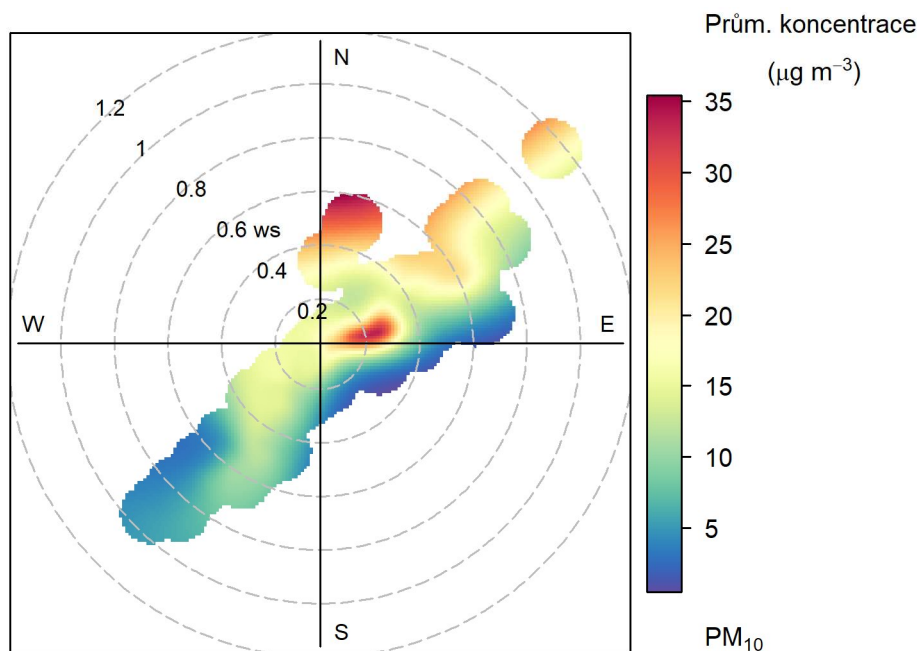


Obr. 13 – Denní chod hodinových koncentrací PM_{10} , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

4.1.2 Koncentrační růžice

Koncentrační růžice jsou nástroj pro analýzu znečištění ovzduší na základě meteorologických charakteristik. Pro jejich konstrukci jsou použita hodinová data meteorologických prvků a koncentrací škodlivin – pro týdenní kampaň v lokalitě Vsetín tak bylo použito necelých 300 údajů. 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. Následující Obr. 14 zobrazuje koncentrační růžici PM_{10} pro lokalitu Vsetín. Vzhledem k totožnému chodu obou jemnějších frakcí by koncentrační růžice pro $PM_{2,5}$ či PM_1 vypadala úplně stejně.



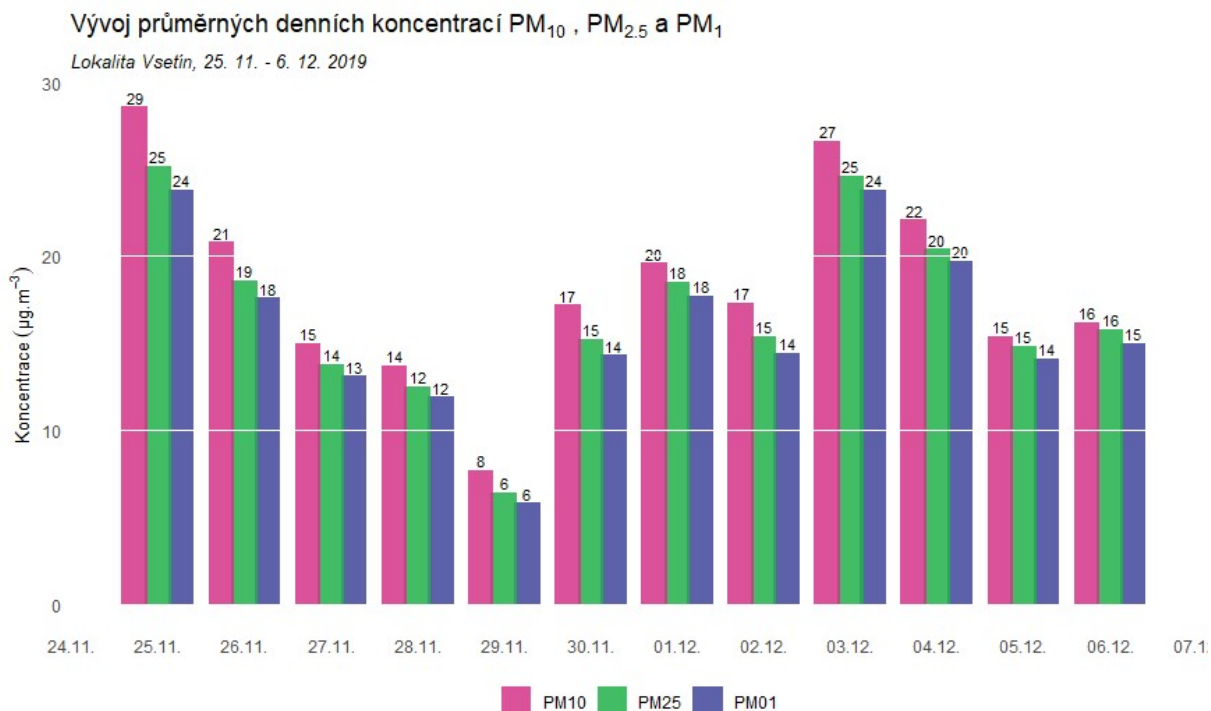
Obr. 14 – Koncentrační růžice pro PM_{10} , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Z Obr. 14 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při východním až severním proudění. Naopak při proudění z jihu až jihozápadu, jsou v průměru měřeny nízké koncentrace. Se severovýchodním prouděním bývá na Moravě také často spojován vliv dálkového transportu znečištění. I ten mohl mít vliv na zvýšené koncentrace v lokalitě Vsetín.

4.1.3 Průměrné denní koncentrace PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1

Suspendované částice PM_{10} mají pro průměrnou denní koncentraci stanoven imisní limit. Ten má hodnotu $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, avšak za kalendářní rok může být tato hodnota až 35x překročena (zhruba 10 % dní za kalendářní rok). Pokud je tedy 36. nejvyšší průměrná denní koncentrace PM_{10} vyšší než $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, je překročen imisní limit.

Následující Obr. 15 zobrazuje průměrné denní koncentrace PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Vsetín. Z grafů je patrné, že všechny frakce PM mají obdobný trend. Zároveň je patrné, že během měřicí kampaně nedošlo v lokalitě Vsetín ani k jednomu případu, kdy by průměrná denní koncentrace PM_{10} přesáhla $50 \mu g \cdot m^{-3}$, hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} tedy nebyla překročena ani jednou. Maximální koncentrace byla dosažena dne 25. 11. 2019 ($29 \mu g \cdot m^{-3}$).



Obr. 15 – Průměrné denní koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

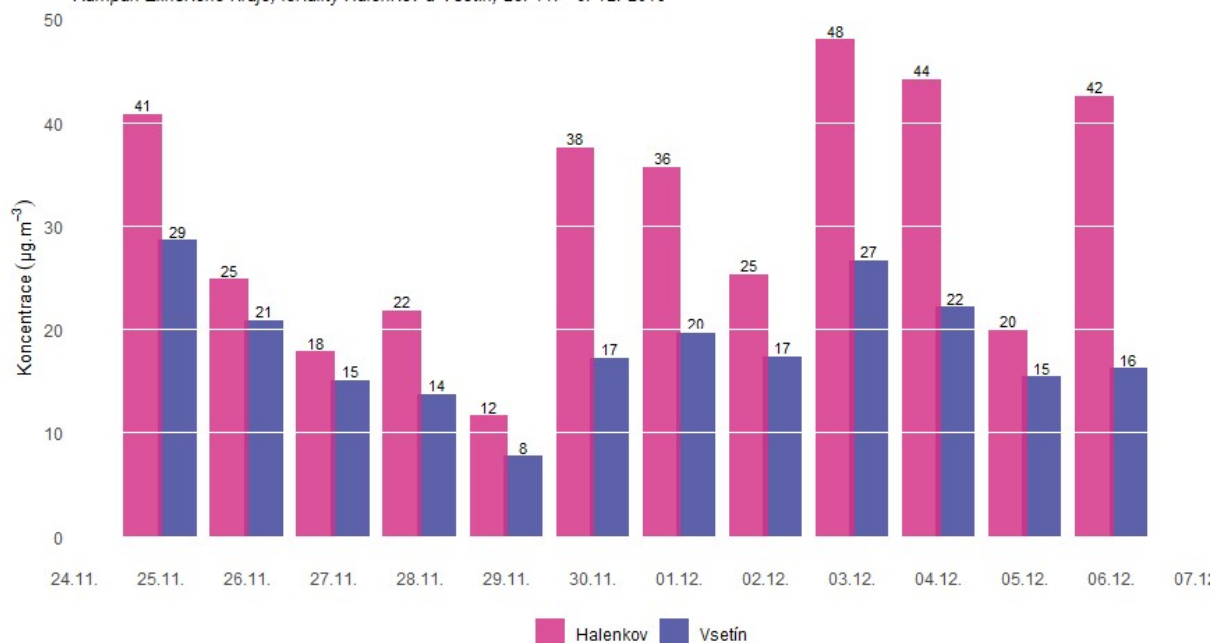
4.1.4 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

Naměřené hodnoty v lokalitě Vsetín byly srovnány se souběžně běžící kampaní v lokalitě Halenkov. Průměrné denní koncentrace PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 jsou zobrazeny na Obr. 16 – **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Z grafu je patrné, že koncentrace v lokalitě Halenkov jsou v případě všech tří frakcí vyšší než v lokalitě Vsetín. To může souviset s vyšším zastoupením lokálních topenišť v blízkosti měření, svůj vliv může sehrát také orografie terénu, horší provětrávanost a náchylnost k inverzím. Trend vývoje koncentrací je pak v obou lokalitách podobný.

Srovnání průměrných denních koncentrací PM₁₀

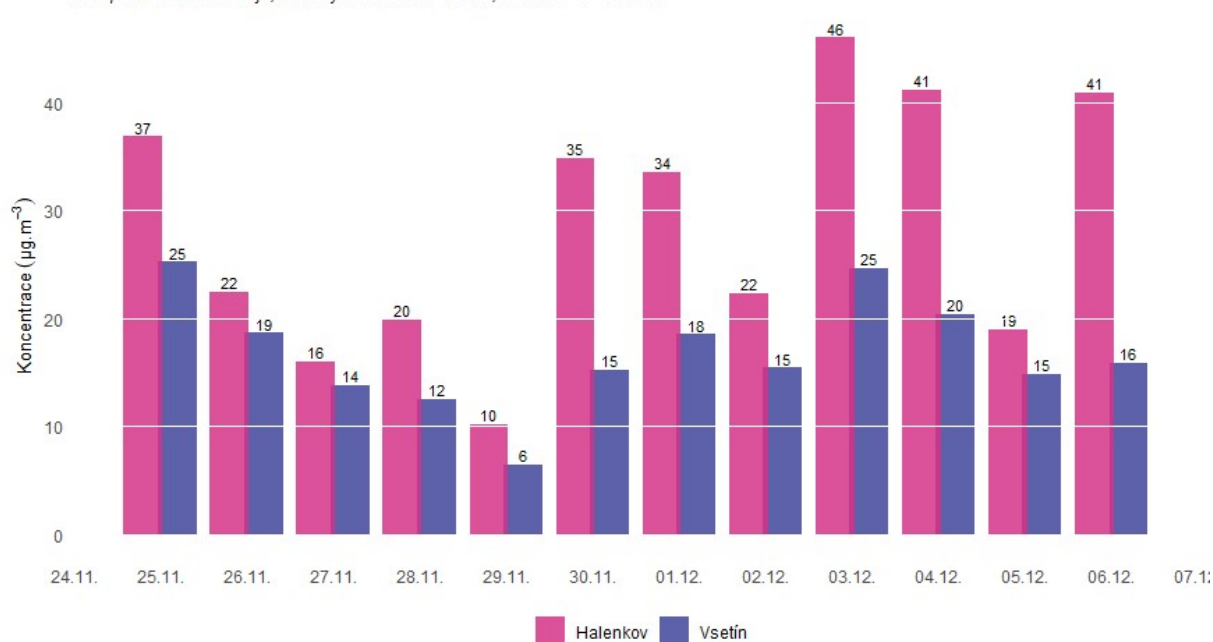
Kampaň Zlínského kraje, lokality Halenkov a Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 16 – Srovnání koncentrací PM₁₀ v lokalitě Vsetín s lokalitou Halenkov, 25. 11. – 6. 12. 2019

Srovnání průměrných denních koncentrací PM_{2,5}

Kampaň Zlínského kraje, lokality Halenkov a Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 17 – Srovnání koncentrací PM_{2,5} v lokalitě Vsetín s lokalitou Halenkov, 25. 11. – 6. 12. 2019

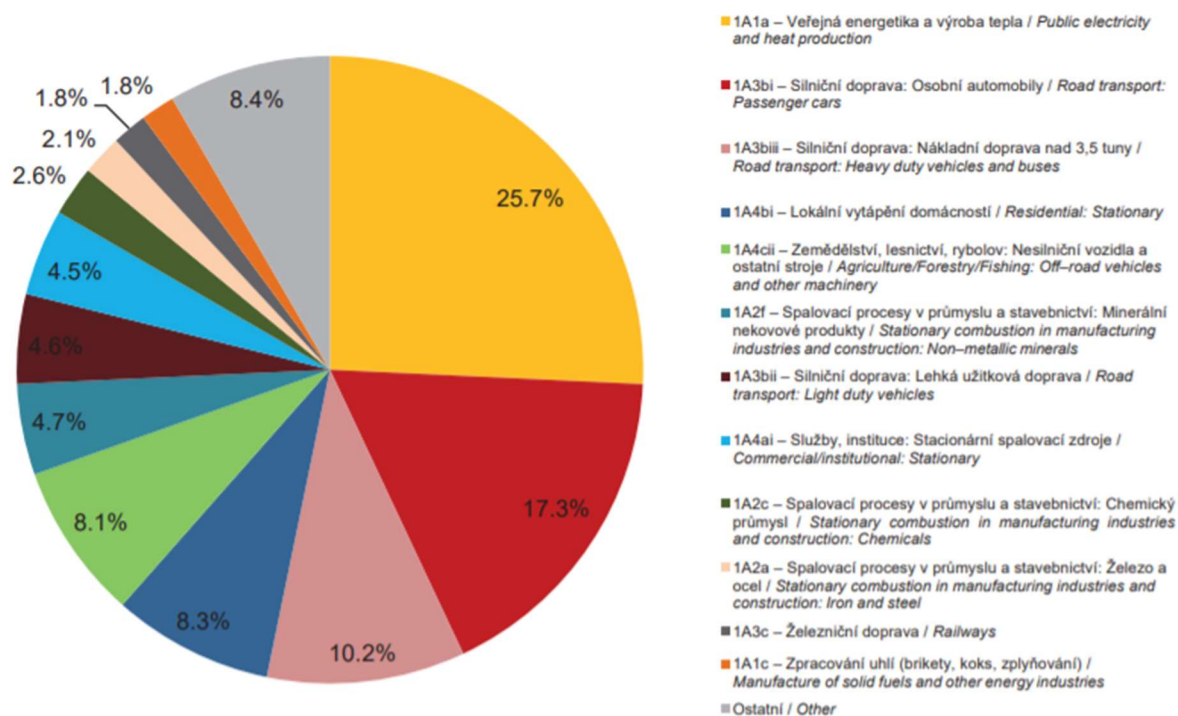
4.2 OXID DUSIČITÝ NO₂

Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO_x) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂) [5].

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 NO₂. 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. NO₂ vzniká relativně rychle reakcí NO s přízemním ozonem nebo s radikály typu HO₂, popř. RO₂ [6]. Řadou chemických reakcí se část NO_x přemění na HNO₃/NO₃⁻, které jsou z atmosféry odstraňovány suchou a mokrou atmosférickou depozicí. Pozornost je věnována NO₂ z důvodu jeho negativního vlivu na lidské zdraví. Hraje také klíčovou roli při tvorbě fotochemických oxidantů.



Obr. 18: Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO_x v ČR, rok 2017 [2]

V Evropě vznikají emise NO_x 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_x vzniká ze spalování přímo ve formě NO₂. Přírodní emise NO_x vznikají převážně z půdy, vulkanickou

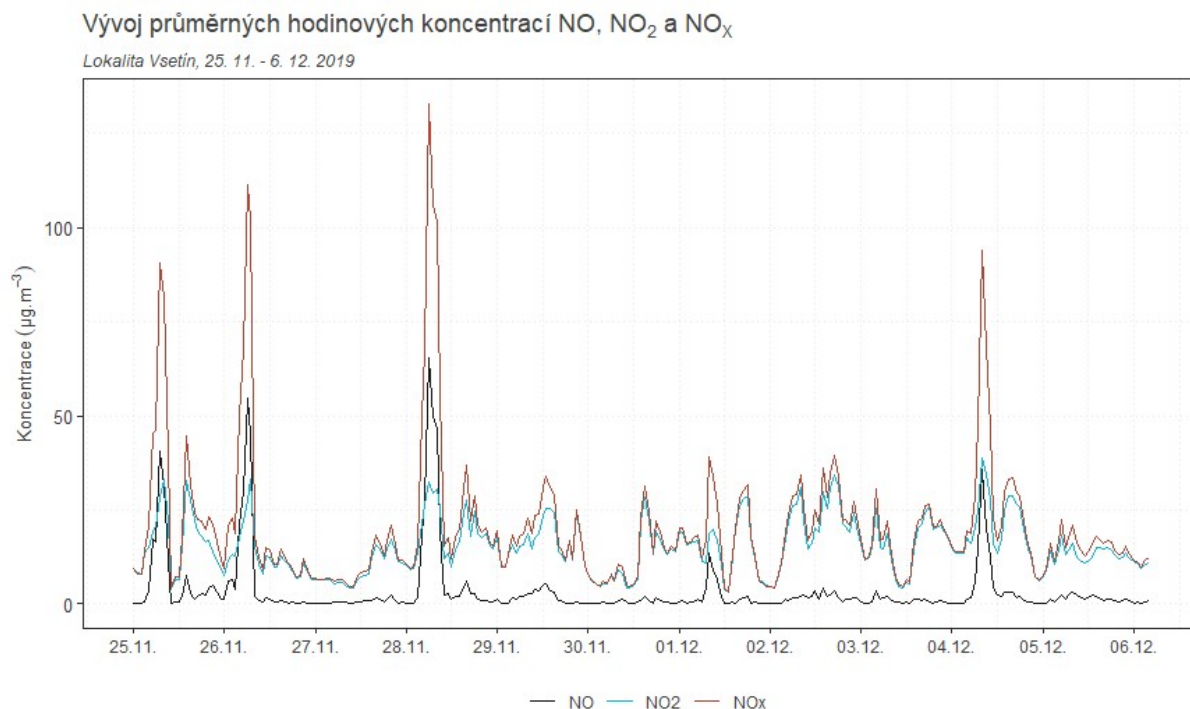
činností a při vzniku blesků. Jsou poměrně významné z globálního pohledu, z pohledu Evropy však představují méně než 10 % celkových emisí [7].

Největší množství emisí NO_x pochází z dopravy. Sektory 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily, 1A3biii – Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 t, 1A3bii – Lehká užitková vozidla a 1A4cii – Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje se na celorepublikových emisích NO_x v roce 2017 podílely 40,1 %. Ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší vneseno 25,7 % emisí NO_x [2].

Expozice zvýšeným koncentracím NO_2 ovlivňuje plicní funkce a způsobuje snížení imunity [8].

4.2.1 Vývoj hodinových koncentrací NO , NO_2 a NO_x

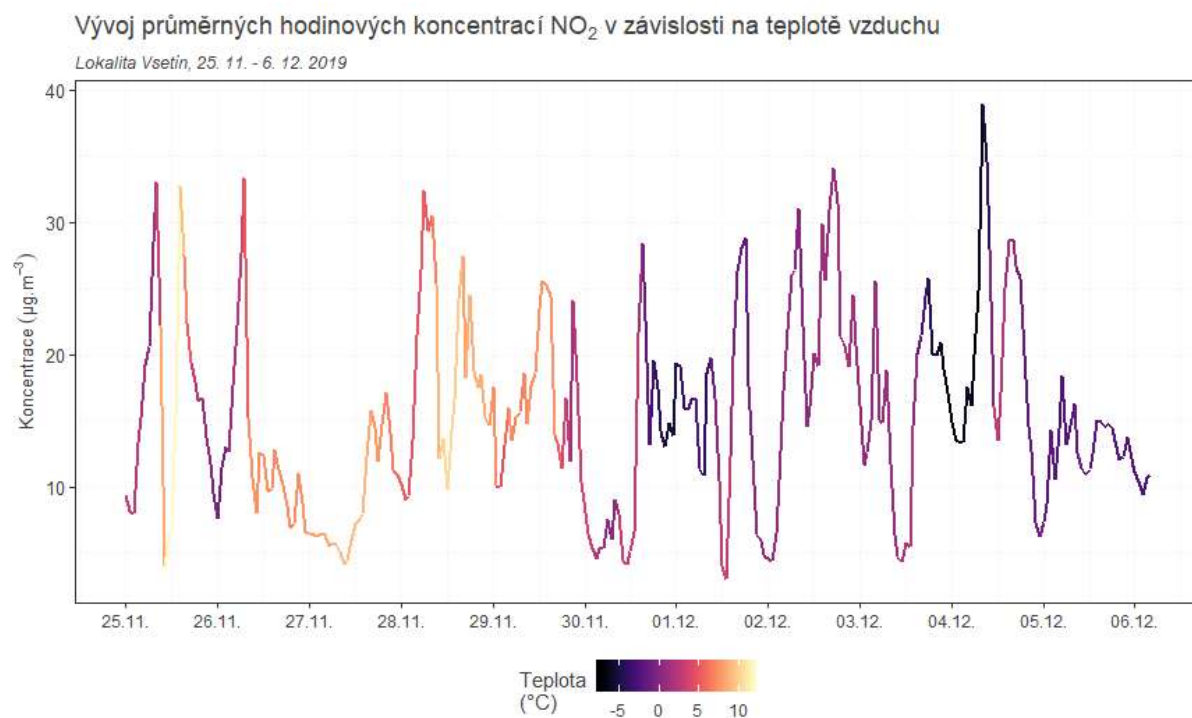
Vývoj hodinových koncentrací NO , NO_2 a NO_x v lokalitě Vsetín zobrazuje následující Obr. 19.



Obr. 19 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací NO , NO_2 a NO_x , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Z grafu je patrné, že nejnižší hodnoty jsou měřeny u NO , avšak ve špičkách může být koncentrace NO na úrovni koncentrací NO_2 . Tyto zvýšené koncentrace NO indikují vliv dopravy. Avšak může se také jednat o epizodu vysoké relativní vlhkosti (např. mlha), kdy jsou měřeny obzvláště vysoké koncentrace NO . Ve chvílích, kdy jsou vysoké koncentrace NO lze usuzovat na ovlivnění lokality dopravou či vlhkostí.

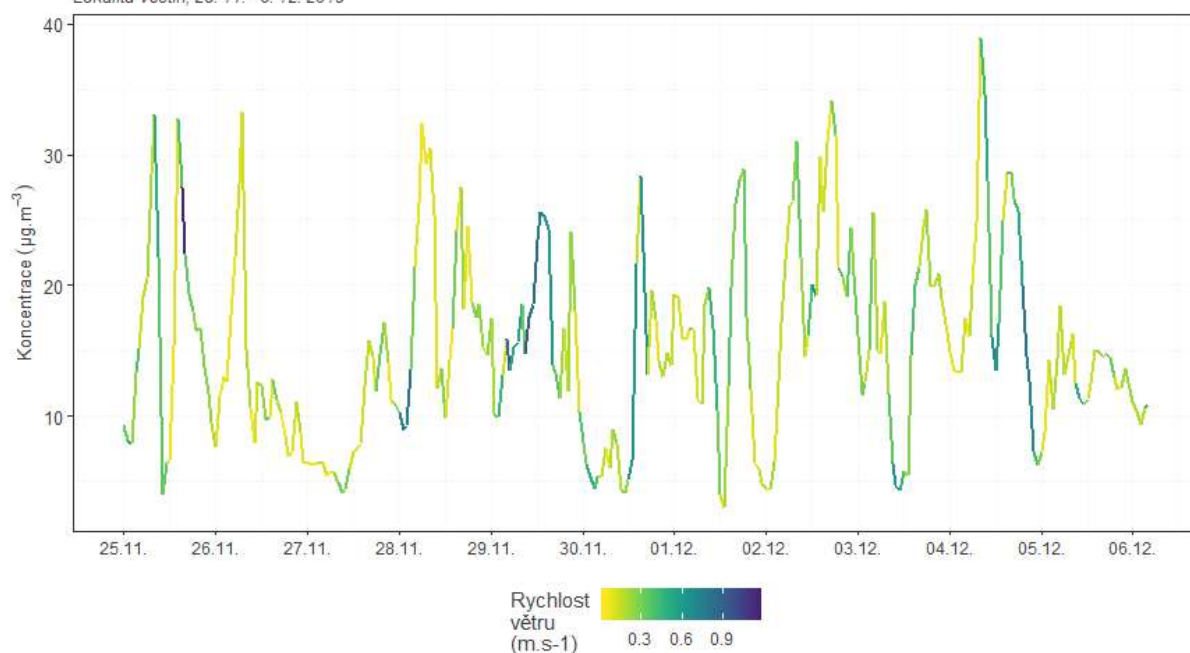
Vzhledem k tomu, že imisní limit je stanoven pouze pro koncentrace NO_2 , bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro tuto látku.



Obr. 20 – Vliv teploty vzduchu na koncentrace NO_2 , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Vývoj průměrných hodinových koncentrací NO_2 v závislosti na rychlosti větru

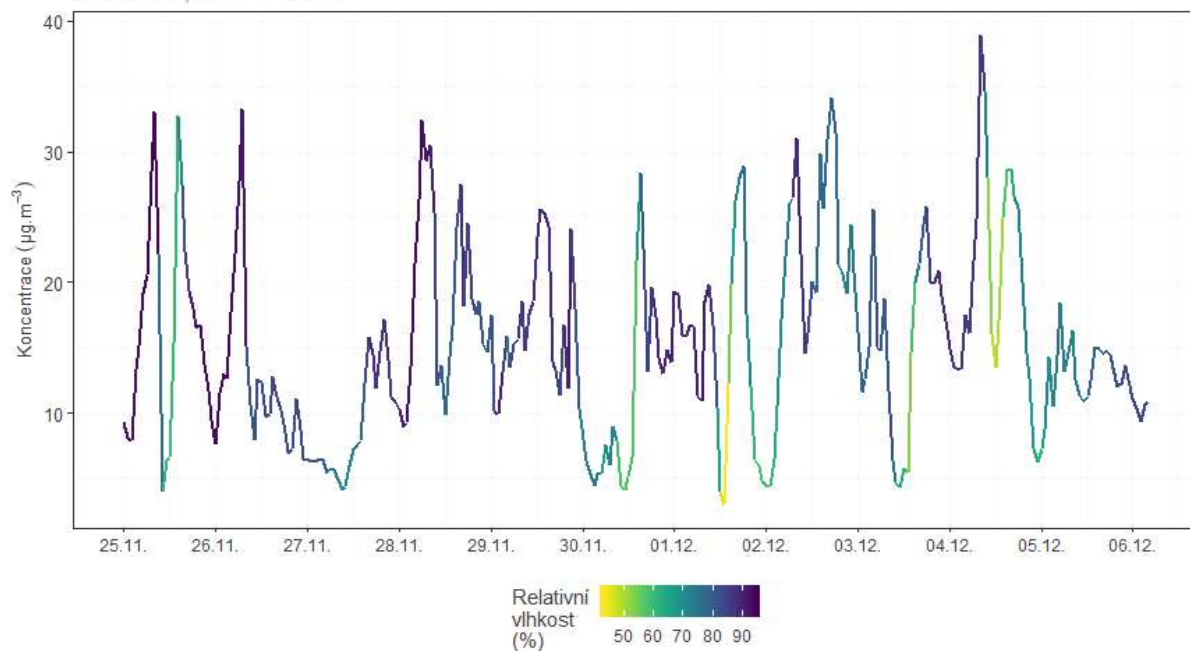
Lokalita Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019



Obr. 21 – Vliv rychlosti větru na koncentrace NO_2 , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Vývoj průměrných hodinových koncentrací NO_2 v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Lokalita Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019



Obr. 22 – Vliv relativní vlhkosti vzduchu na koncentrace NO_2 , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

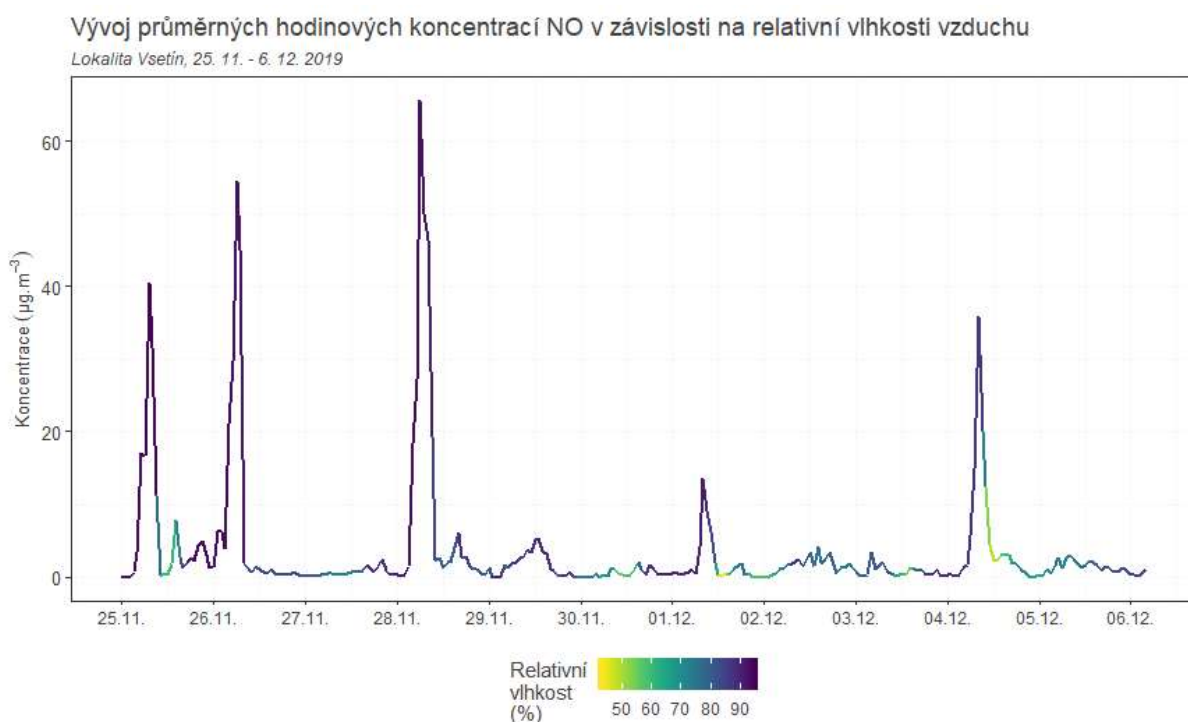
Na Obr. 20 – Obr. 22 jsou zobrazeny grafy ukazující vliv jednotlivých meteorologických veličin na koncentrace NO_2 . Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací NO_2 , zabarvení křivky pak zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, rychlost proudění větru, nebo relativní vlhkost vzduchu.

Z obou grafů vyplývá, že meteorologické podmínky mají na koncentrace NO_2 podobný vliv jako v případě částic. Vyšší koncentrace NO_2 byly měřeny při nižších teplotách a nižších rychlostech větru.

Jak již bylo uvedeno, relativní vlhkost má vliv zejména na koncentrace NO , což potvrzuje Obr. 23. Zejména v první části kampaně je patrné, že vysoké koncentrace NO jsou spojeny s vysokou relativní vlhkostí. A i v druhé polovině kampaně je patrné, že vyšší koncentrace jsou spojeny spíše s vyšší vlhkostí, a její pokles (zežloutnutí křivky) způsobí rovněž pokles koncentrací NO .

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací NO_2 v lokalitě Vsetín. Denní chod NO_2 zobrazuje následující Obr. 24.

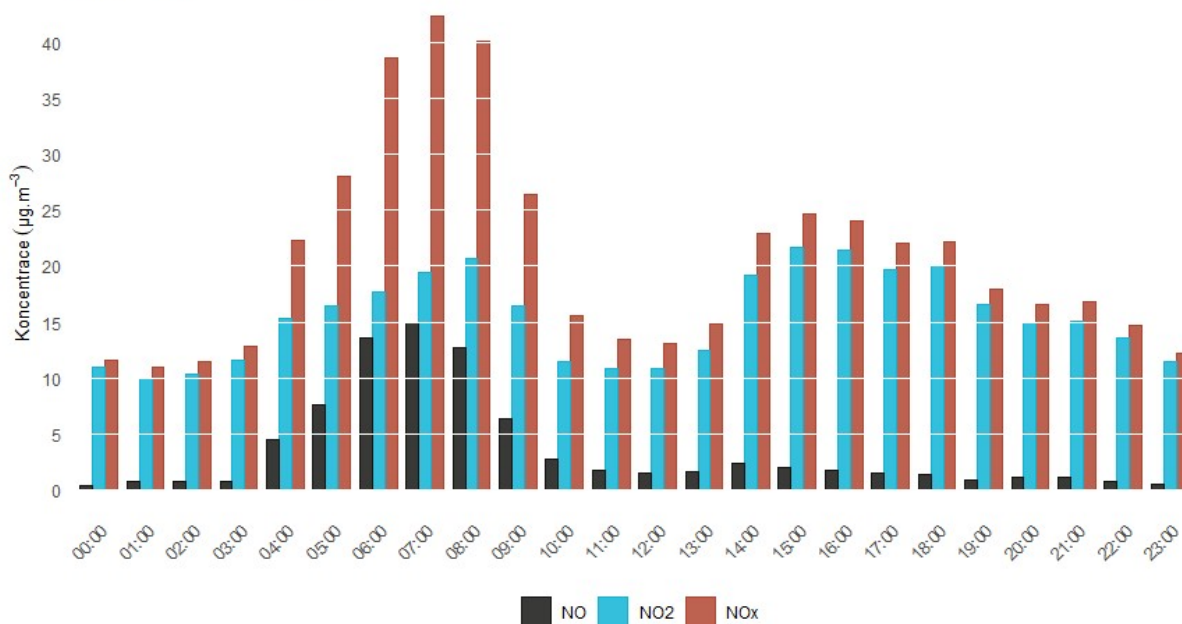
Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací NO_2 dosahovány zejména v dopravních špičkách v ranních a odpoledních až večerních hodinách. Koncentrace NO a potažmo NO_x kulminují během ranní dopravní špičky, kdy se koncentrace NO přibližují koncentracím NO_2 . Významnější koncentrace NO indikující kromě dopravního zatížení také možnou mlhu či mírnou inverzi. Přes den dochází k poklesu koncentrací, což může být částečně způsobeno spotřebováním NO_2 na tvorbu přízemního ozónu. Tato reakce probíhá pouze díky slunečního záření, proto lze největší úbytek koncentrací NO_2 očekávat okolo poledne.



Obr. 23 – Vliv relativní vlhkosti vzduchu na koncentrace NO , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Průměrný denní chod hodinových koncentrací NO, NO₂ a NO_x

Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019

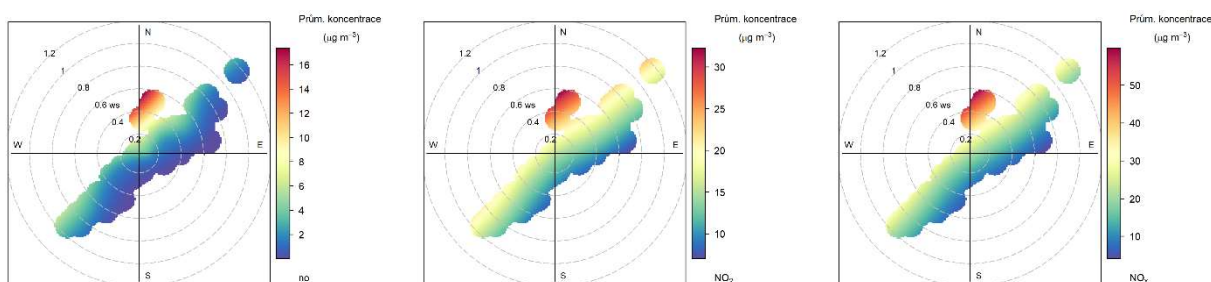


Obr. 24 – Denní chod hodinových koncentrací NO, NO₂ a NO_x, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

4.2.2 Koncentrační růžice

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 4. 1. 2.

Následující Obr. 25 zobrazuje koncentrační růžice pro NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Vsetín.

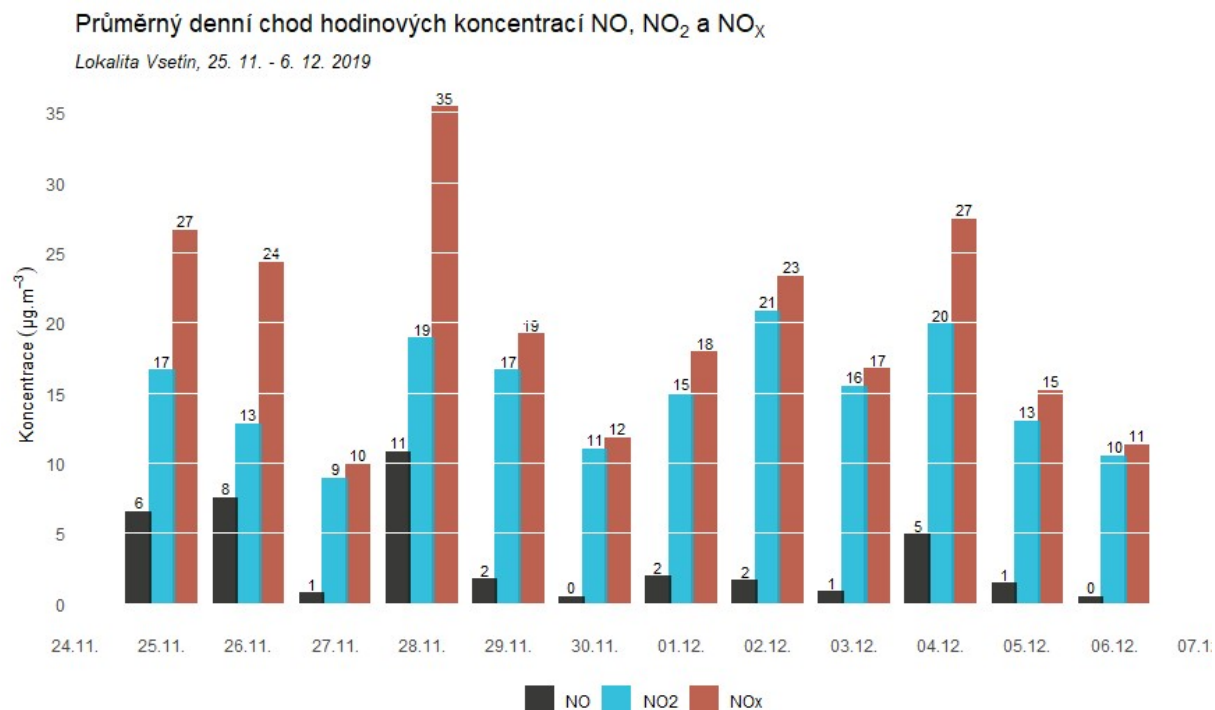


Obr. 25 – Koncentrační růžice NO (vlevo) NO₂ (uprostřed) a NO_x (vpravo), Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Z Obr. 25 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny zejména při proudění ze severních směrů, tedy od komunikace. Z jižních směrů jsou koncentrace nízké. Je potřeba zmínit rovněž měřítka – koncentrace NO jsou proti NO₂ velmi nízké, což indikuje pozadovou lokalitu pouze mírně ovlivněnou dopravou.

4.2.3 Průměrné denní koncentrace NO, NO₂ a NO_x

Následující Obr. 26 zobrazuje průměrné denní koncentrace NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Vsetín.



Obr. 26 – Průměrné denní koncentrace NO, NO₂ a NO_x, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Z grafu je patrné, že na úrovni denních průměrů byly vždy koncentrace NO nižší než NO₂. Koncentrace NO₂ se pohybují po celou dobu kampaně do 21 µg·m⁻³, a to v chladné části roku, kdy jsou koncentrace NO₂ obecně vyšší. Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO₂ (40 µg·m⁻³) tak v této lokalitě určitě překročen nebude, hodnoty naznačují požadovou lokalitu s nízkými koncentracemi.

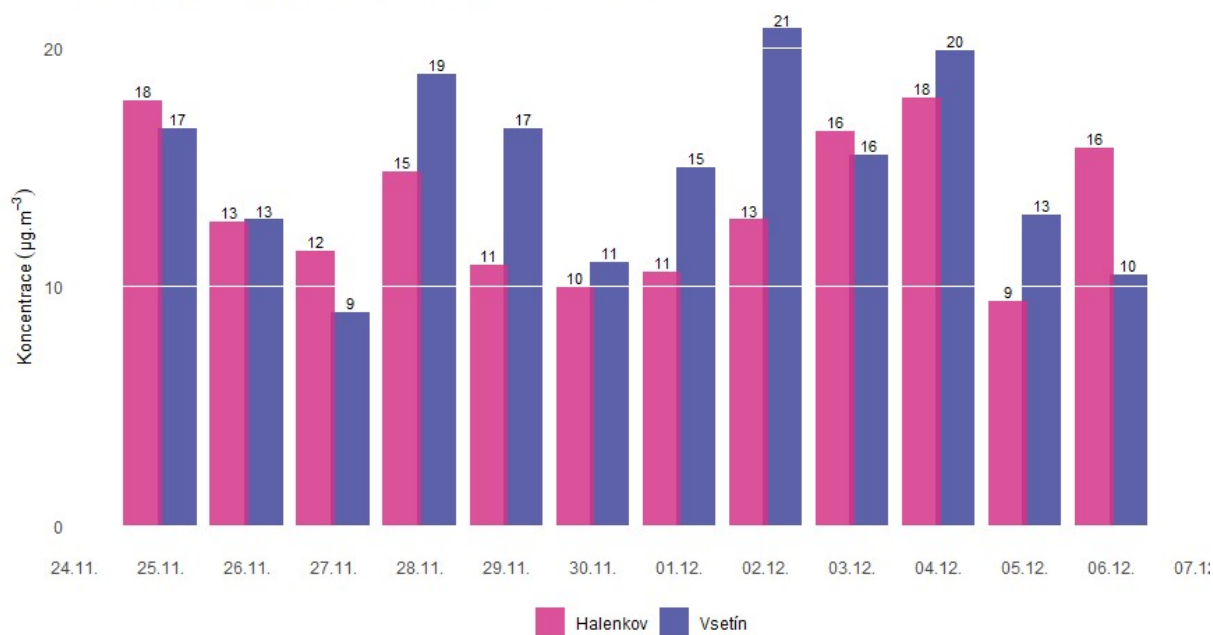
4.2.4 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

Naměřené hodnoty v lokalitě Vsetín byly srovnány se souběžně běžící kampaní v lokalitě Halenkov. Průměrné denní koncentrace NO₂ v obou lokalitách jsou zobrazeny na Obr. 27.

Z grafu je patrné, že všechny lokality mají obdobný vývoj. Rovněž absolutní hodnoty koncentrací se od sebe příliš neliší, část kampaně jsou mírně vyšší ve lokalitě Vsetín. Ze začátku a ke konci pak v lokalitě Halenkov. V obou lokalitách jsou pouze nízké, indikující požadové lokality.

Srovnání průměrných denních koncentrací NO₂

Kampaň Zlínského kraje, lokality Halenkov a Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 27 – Srovnání koncentrací NO₂ v lokalitě Halenkov s lokalitou Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

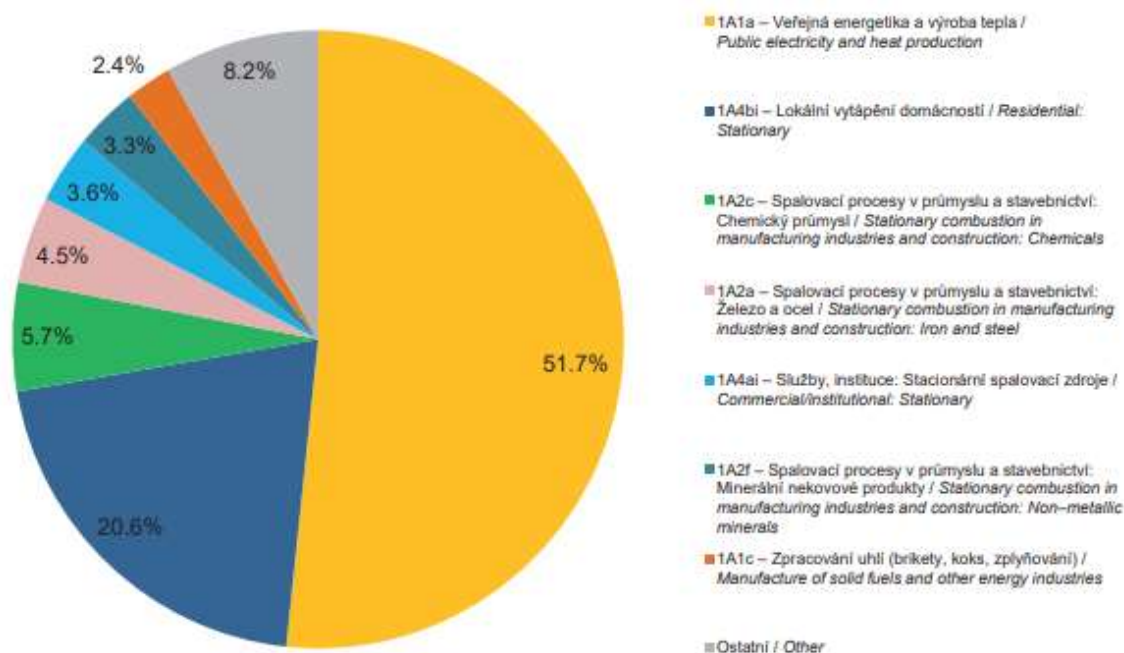
4.3 OXID SIŘIČITÝ SO₂

Pro oxid siřičitý jsou v příloze 1 zákona o ochraně ovzduší [1] uvedeny dva imisní limity. Pro průměrnou denní koncentraci, která může být za kalendářní rok 3 x překročena, a pro hodinovou koncentraci, která může být za kalendářní rok 24 x překročena (Tab. 1).

Z hlediska imisních limitů je na území ČR důležitý pouze imisní limit pro průměrnou denní koncentraci SO₂ a i ten je překračován pouze výjimečně (zejména Ústecký kraj). Imisní limit pro hodinovou koncentraci není dlouhodobě na žádné lokalitě v ČR překračován.

Hlavním antropogenním zdrojem oxidu siřičitého (SO₂) je spalování fosilních paliv (uhlí a těžkých olejů) a tavení rud s obsahem síry. V atmosféře je SO₂ oxidován na sírany a kyselinu sírovou vytvářející aerosol jak ve formě kapiček, tak i pevných částic širokého rozsahu velikostí. SO₂ a látky z něj vznikající jsou z atmosféry odstraňovány mokrou a suchou depozicí.

V roce 2017 pocházelo v celorepublikovém měřítku ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla 51,7 % emisí SO₂ a ze sektoru 1A4bi – Lokální vytápění domácností 20,6 % (Obr. 28).

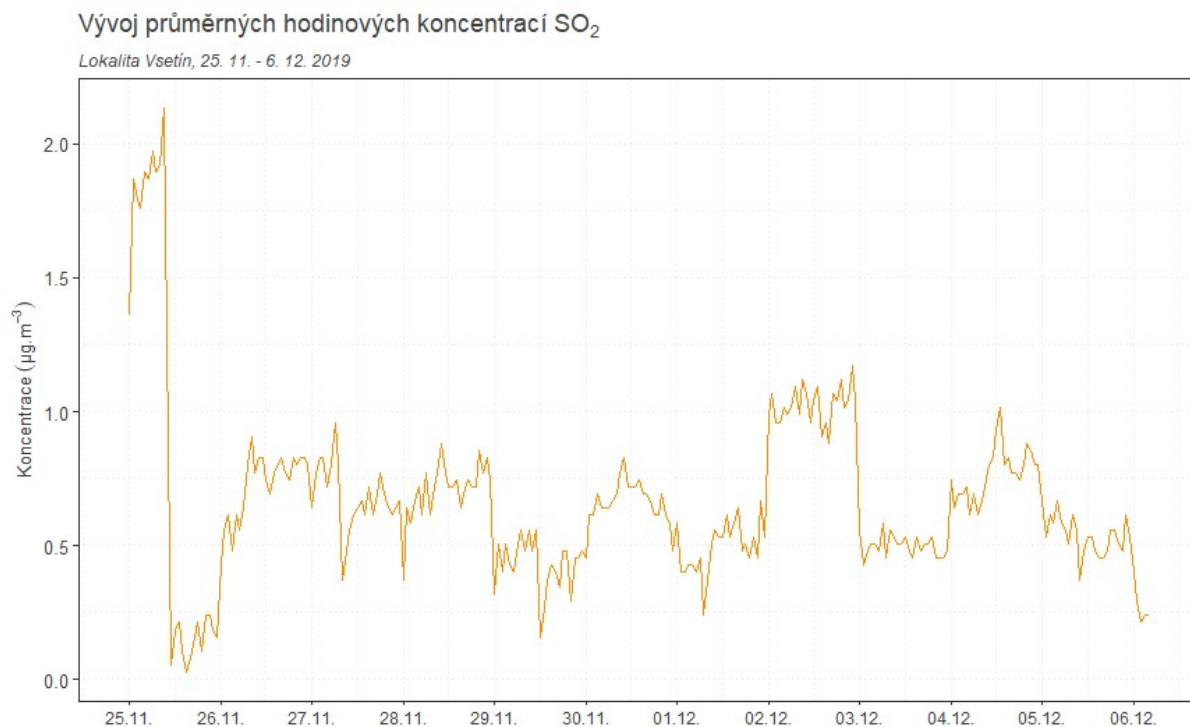


Obr. 28 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích SO₂, 2017 [2]

SO₂ má dráždivé účinky, při vysokých koncentracích může způsobit zhoršení plicních funkcí a změnu plicní kapacity [9].

4.3.1 Vývoj hodinových koncentrací SO₂

Vývoj hodinových koncentrací SO₂ v lokalitě Vsetín zobrazuje následující Obr. 29.



Obr. 29 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací SO₂, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

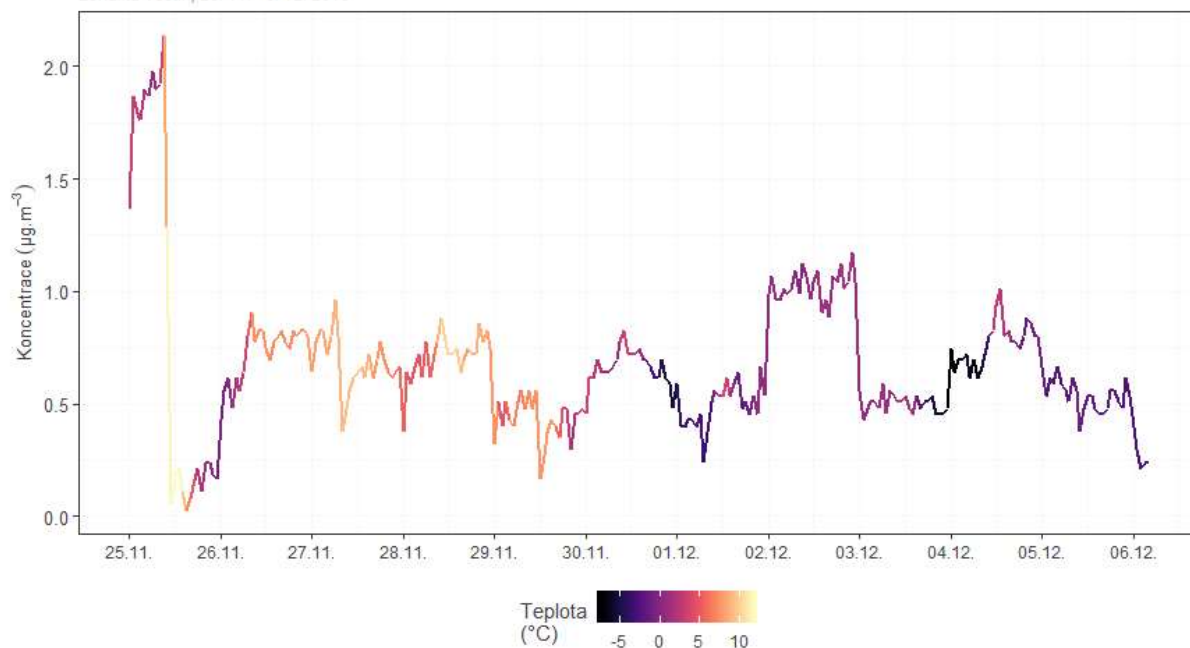
Z grafů není patrný nějaký trend či cykličnost, koncentrace jsou velmi nízké na úrovni meze detekce. Do hodnocení je tedy potřeba zapojit meteorologické podmínky.

Na Obr. 30 – Obr. 32 jsou zobrazeny grafy ukazující vliv jednotlivých meteorologických veličin na koncentrace SO₂. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací SO₂, zabarvení křivky pak zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, rychlost proudění větru, nebo relativní vlhkost vzduchu.

Z obou grafů vyplývá, že meteorologické podmínky mají na koncentrace SO₂ podobný vliv jako na suspendované částice PM₁₀. Zvýšené koncentrace SO₂ jsou měřeny při nízkých teplotách, kdy je potřeba intenzivněji topit, a zároveň při nízkých rychlostech větru, kdy nedochází k dostatečnému rozptýlu. I tak se hodinové koncentrace SO₂ na obou lokalitách pohybují hluboko pod hodnotou imisního limitu (350 µg·m⁻³).

Vývoj průměrných hodinových koncentrací SO₂ v závislosti na teplotě vzduchu

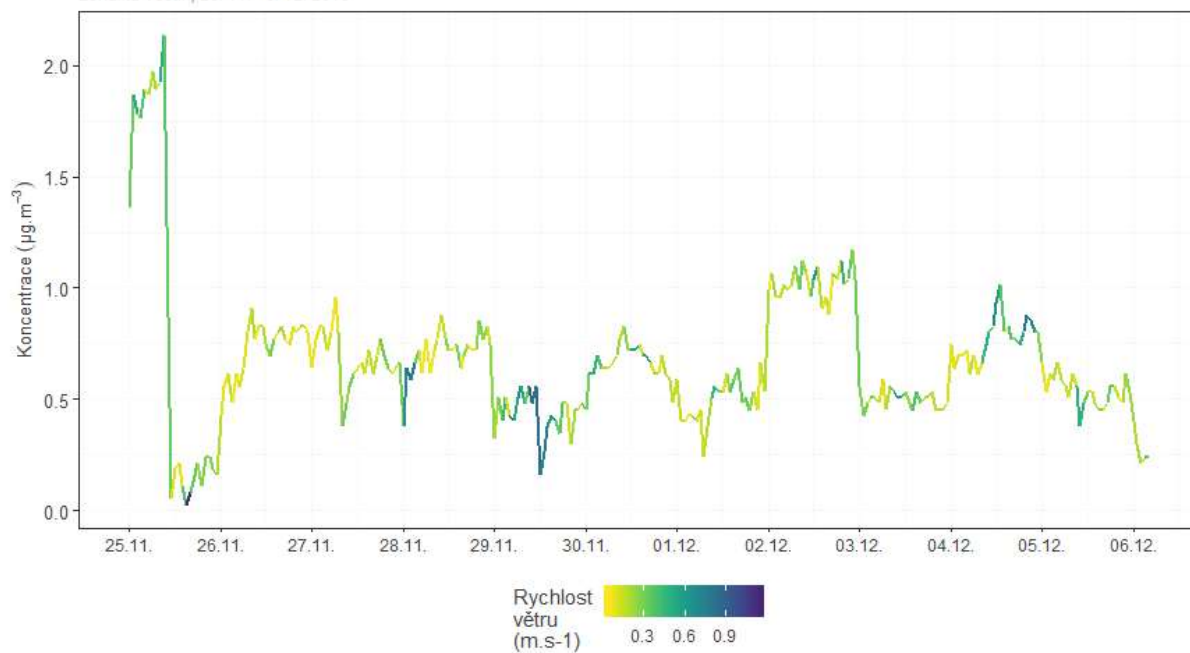
Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 30 – Vliv teploty na koncentrace SO₂, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Vývoj průměrných hodinových koncentrací SO₂ v závislosti na rychlosti větru

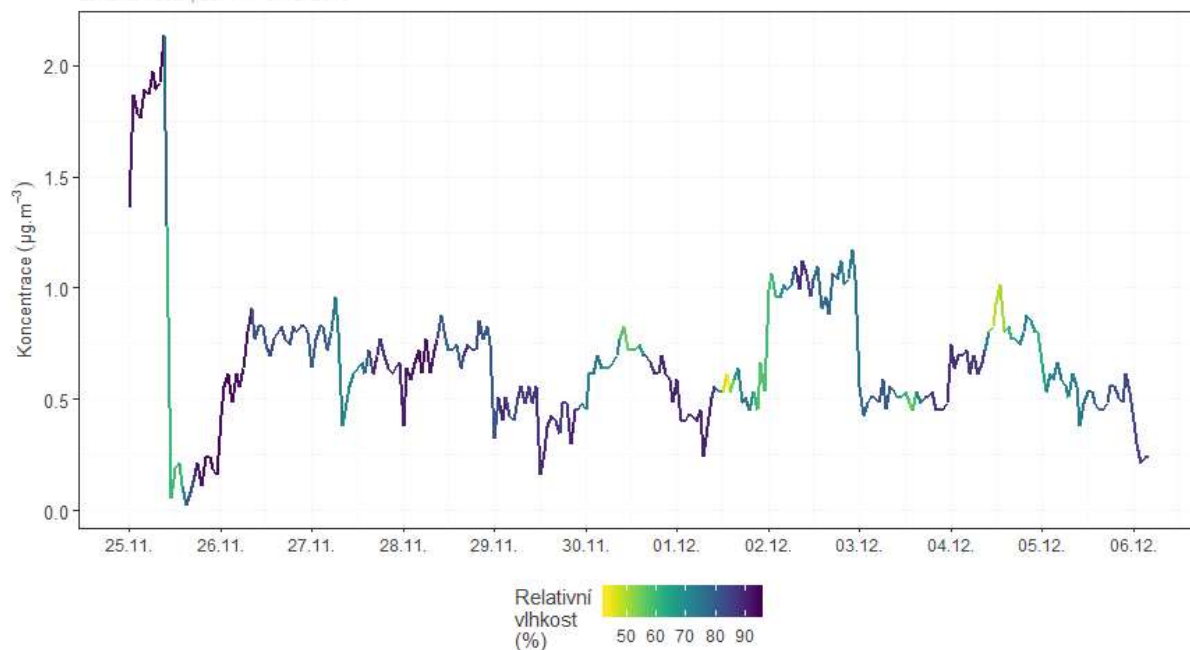
Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 31 – Vliv rychlosti větru na koncentrace SO₂, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Vývoj průměrných hodinových koncentrací SO_2 v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019

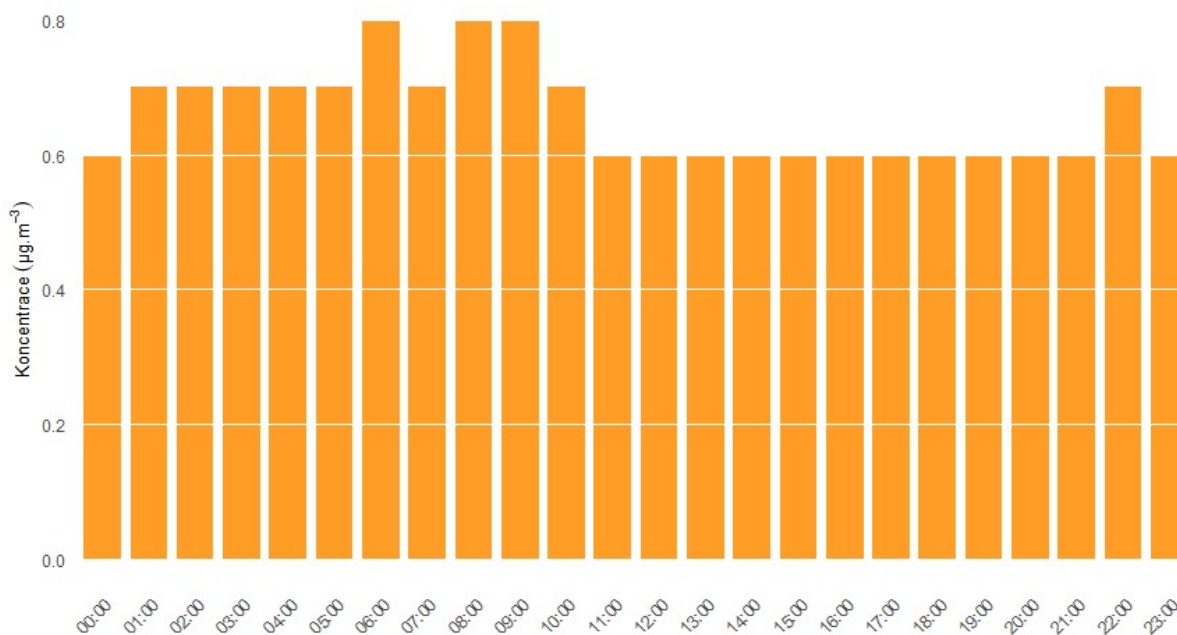


Obr. 32 – Vliv relativní vlhkosti na koncentrace SO_2 , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací SO_2 v lokalitě Vsetín. Denní chod SO_2 zobrazuje následující Obr. 33.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací SO₂

Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



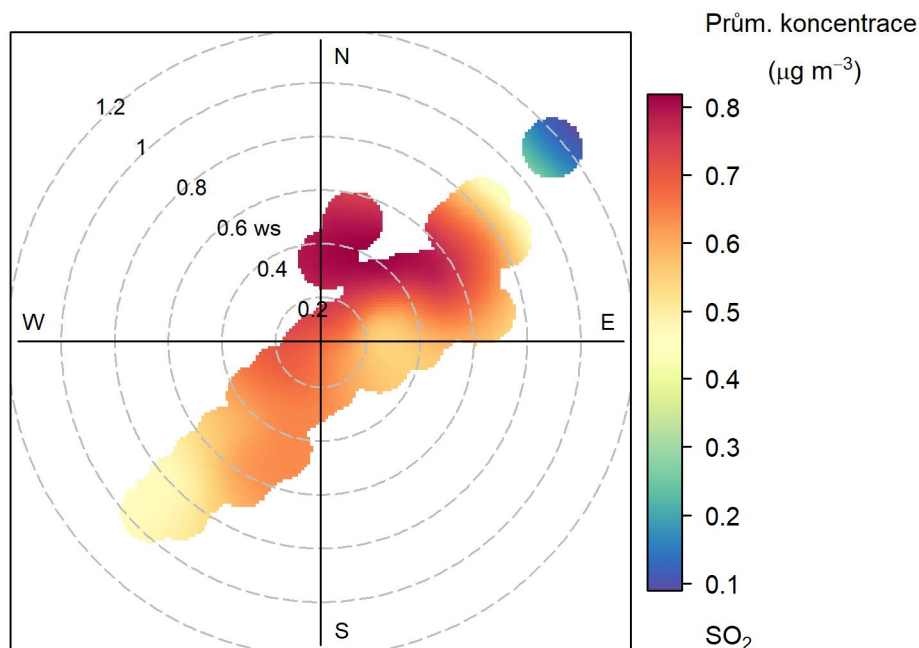
Obr. 33 – Denní chod hodinových koncentrací SO₂, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Z grafu je patrné, že koncentrace jsou velmi nízké a téměř se v průběhu dne nemění.

4.3.2 Koncentrační růžice

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 4. 1. 2.

Následující Obr. 34 zobrazuje koncentračních růžici pro SO₂ v lokalitě Vsetín.



Obr. 34 – Koncentrační růžice pro SO₂, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Z Obr. 34 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při severním proudění a vyšších rychlostech větru. Avšak koncentrace jsou velmi nízké, rozdíl mezi minimem a maximem jsou minimální.

4.3.3 Průměrné denní koncentrace SO₂

Následující Obr. 35 zobrazuje průměrné denní koncentrace SO₂ v lokalitě Vsetín. Z grafu je patrné, že ani v případě průměrných denních koncentrací SO₂ se naměřené hodnoty ani nepřiblížily hodnotě imisního limitu (125 µg·m⁻³).

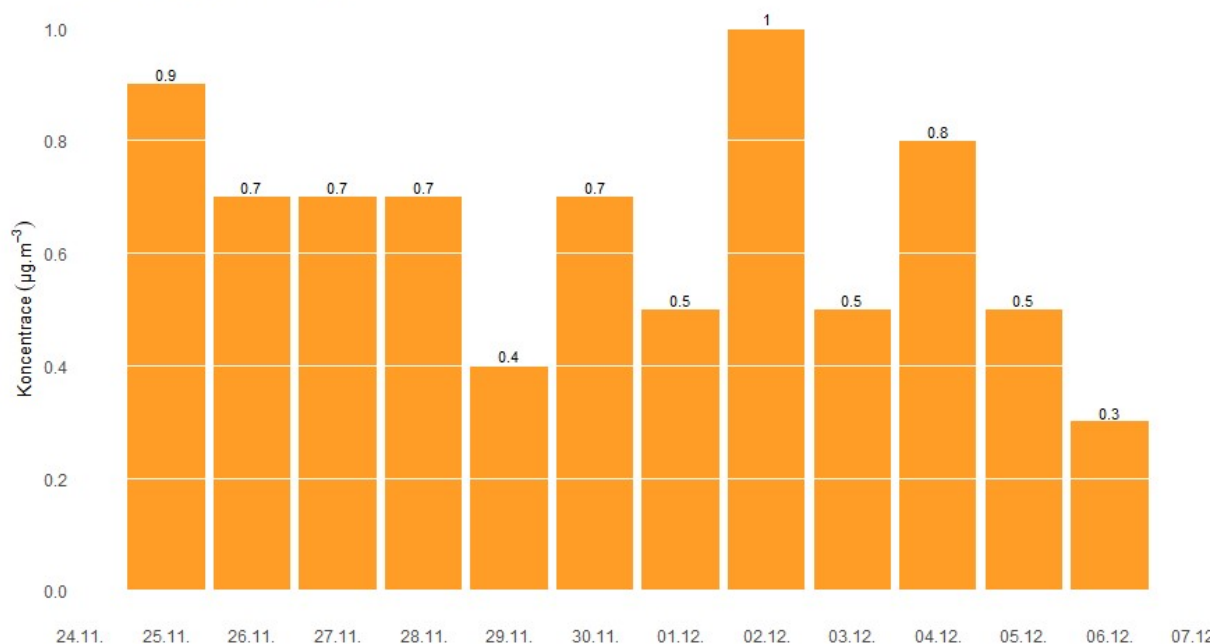
4.3.4 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

Naměřené hodnoty v lokalitě Vsetín byly srovnány se souběžně běžící kampaní v lokalitě Halenkov. Průměrné denní koncentrace SO₂ v obou lokalitách jsou zobrazeny na Obr. 36.

Z grafu je patrné, že lokalita Halenkov měřila mírně vyšší koncentrace než lokalita Vsetín.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací SO₂

Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 35 – Průměrné denní koncentrace SO₂, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Srovnání průměrných denních koncentrací SO₂

Kampaň Zlínského kraje, lokality Halenkov a Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 36 – Srovnání koncentrací SO₂ v lokalitě Vsetín a Halenkov, 25. 11. – 6. 12. 2019

4.4 PŘÍZEMNÍ OZÓN

O₃ nemá v atmosféře vlastní významný zdroj. Jedná se o tzv. sekundární látku vznikající v celé řadě velmi komplikovaných nelineárních fotochemických reakcí [10]. Prekurzory O₃ jsou oxidy dusíku (NO_x) a nemetanické těkavé organické látky (NMVOC), v globálním měřítku hrají roli i metan (CH₄) a oxid uhelnatý (CO). Důležitou reakcí je fotolýza NO₂ 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 O₃. Současně probíhá titrace O₃ oxidem dusnatým za vzniku NO₂ a O₂. Pokud je při této reakci O₃ nahrazen radikály, jeho koncentrace v atmosféře rostou. Důležitou úlohu při těchto reakcích hraje zejména radikál OH.

NO_x 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).

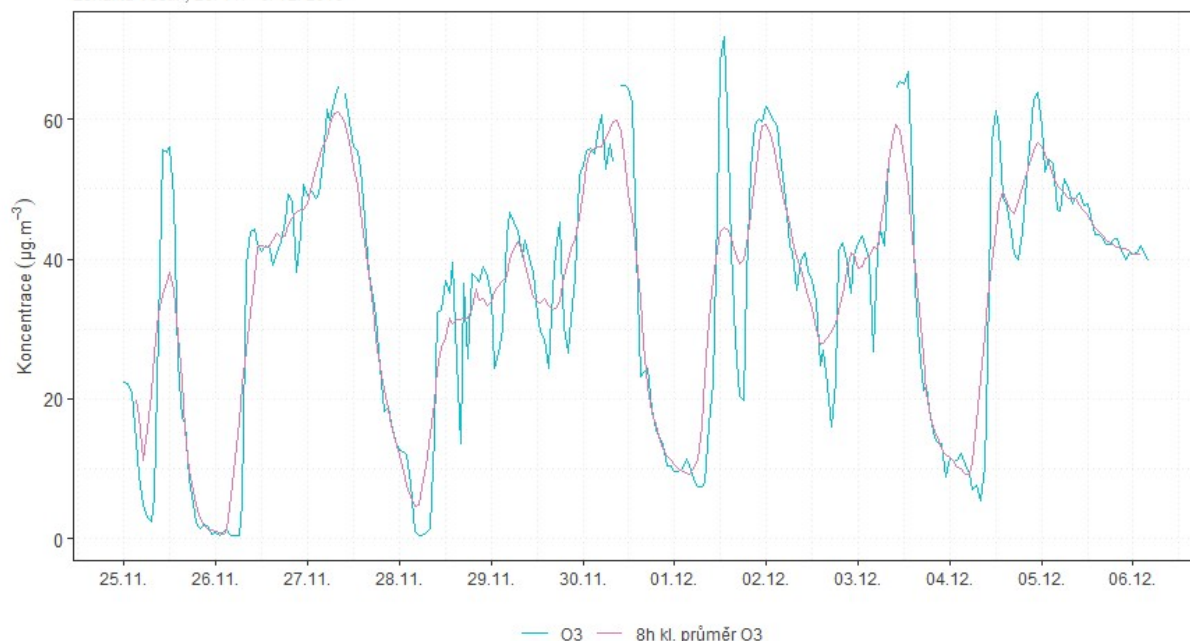
Při vzniku O₃ z prekurzorů nezáleží pouze na absolutním množství prekurzorů, ale i na jejich vzájemném poměru [11]. V oblastech, kde je režim limitovaný NO_x, charakterizovaný relativně nízkými koncentracemi NO_x a vysokými koncentracemi VOC, narůstají koncentrace O₃ s rostoucími koncentracemi NO_x, zatímco se vzrůstajícími koncentracemi VOC se mění jen málo. Naopak v oblastech s režimem limitovaným VOC dochází k poklesu koncentrací O₃ s rostoucími koncentracemi NO_x a nárůstu koncentrací O₃ s rostoucími koncentracemi VOC. Oblasti s vysokým poměrem NO_x/VOC jsou typicky znečištěné oblasti okolo center velkých měst. Závislost vzniku O₃ na počátečních koncentracích VOC a NO_x se často vyjadřují na diagramech ozonových isopleť. Jedná se o zobrazení maximální dosažené koncentrace ozonu jako funkce počáteční koncentrace NO_x a VOC. Významnou roli při vzniku O₃ hrají nejen koncentrace prekurzorů, ale i meteorologické podmínky [12]. Imisní koncentrace O₃ 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 O₃ mohou zvyšovat i epizodicky v důsledku průniku stratosférického O₃ do troposféry a též při bouřkách. V poslední době se též zvyšuje význam dálkového přenosu O₃ v rámci proudění na severní polokouli do Evropy a Severní Ameriky ze zdrojových oblastí jihovýchodní Asie. O₃ je z atmosféry odstraňován reakcí s NO a suchou depozicí.

4.4.1 Vývoj hodinových koncentrací O₃

Vývoj hodinových koncentrací O₃ a 8hodinového klouzavého průměru O₃ v lokalitě Vsetín zobrazuje následující Obr. 37.

Vývoj průměrných hodinových koncentrací O_3 a 8hodinového klouzavého průměru O_3

Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 37 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací O_3 a 8hodinového klouzavého průměru O_3 , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Z grafů je patrné, že v případě vývoje koncentrací O_3 existuje jistá cykličnost, přesto nelze pouze z trendů hodinových koncentrací vyčíst více informací bez doplnění meteorologických dat.

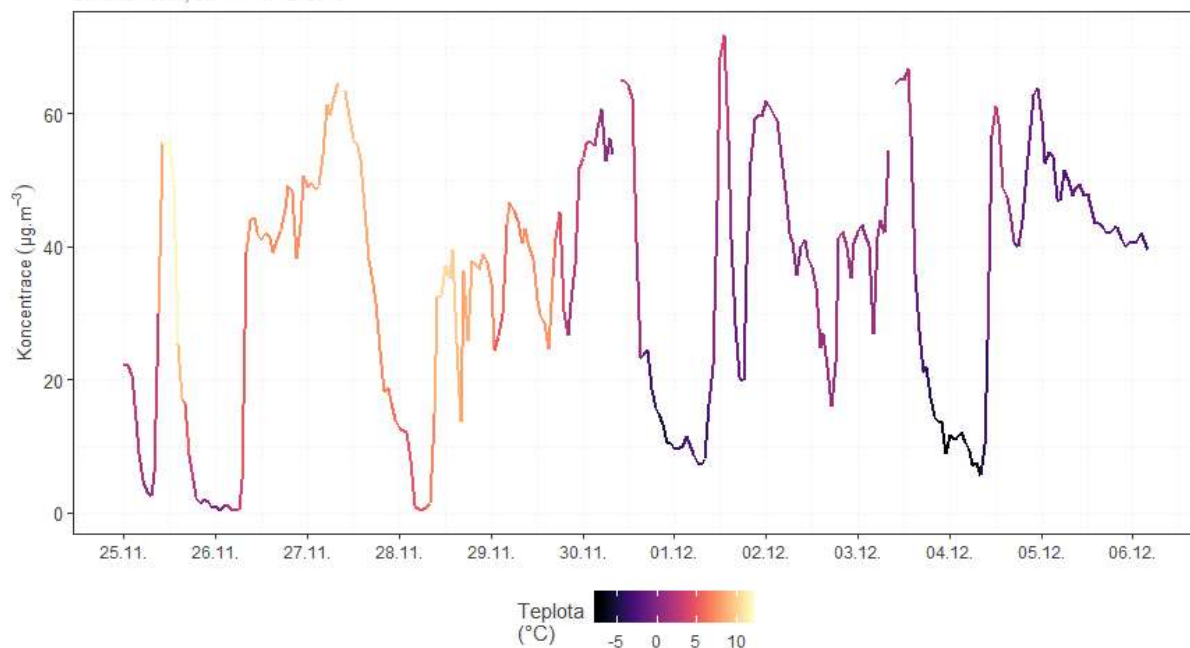
Na Obr. 38 – Obr. 40 jsou zobrazeny grafy ukazující vliv jednotlivých meteorologických veličin na koncentrace O_3 . Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací O_3 , zabarvení křivky pak zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, rychlost proudění větru, nebo relativní vlhkost vzduchu.

Z uvedených grafů vyplývá, že meteorologické podmínky mají na koncentrace O_3 významný vliv, zejména pak teplota. S rostoucí teplotou rostou rovněž koncentrace O_3 . Rychlost větru tolik koncentrace neovlivňuje. Svůj vliv má také relativní vlhkost vzduchu – koncentrace přízemního ozónu rostou s klesající relativní vlhkostí vzduchu.

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod O_3 v lokalitě Vsetín. Denní chod O_3 a 8hodinového klouzavého průměru O_3 zobrazuje následující Obr. 41. Z grafu je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací O_3 jsou dosahovány okolo poledne a mírně po poledni – v době s nejvyšším slunečním svitem a s nejvyššími teplotami.

Vývoj průměrných hodinových koncentrací O_3 v závislosti na teplotě vzduchu

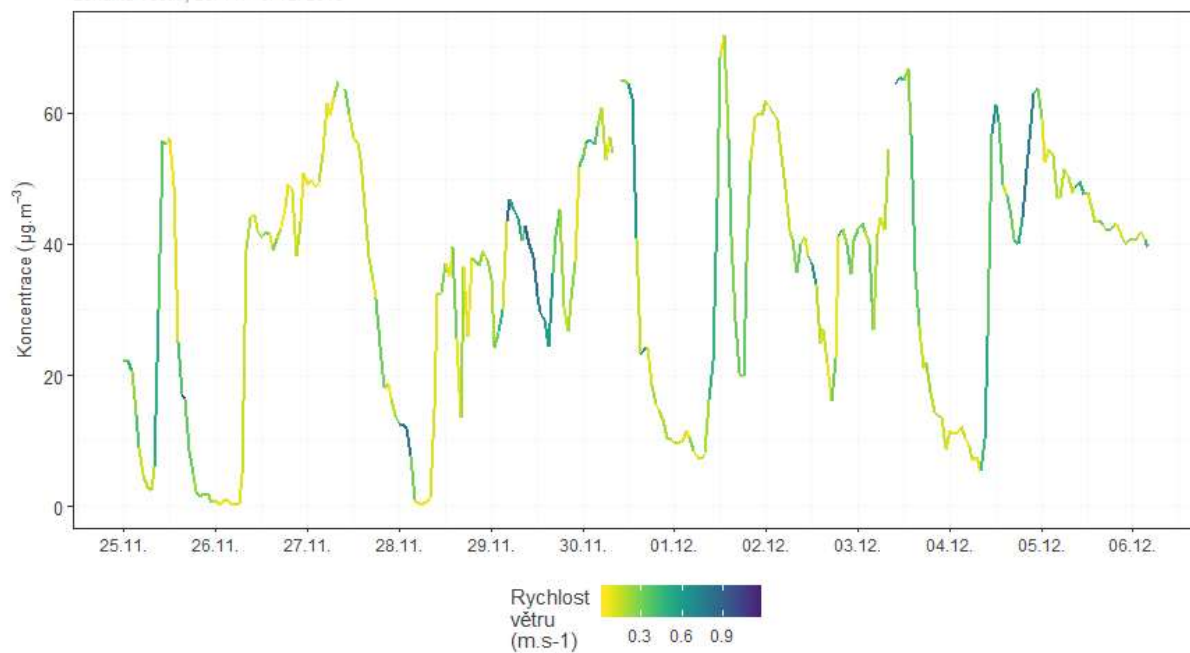
Lokalita Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019



Obr. 38 – Vliv teploty vzduchu na koncentrace O_3 , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Vývoj průměrných hodinových koncentrací O_3 v závislosti na rychlosti větru

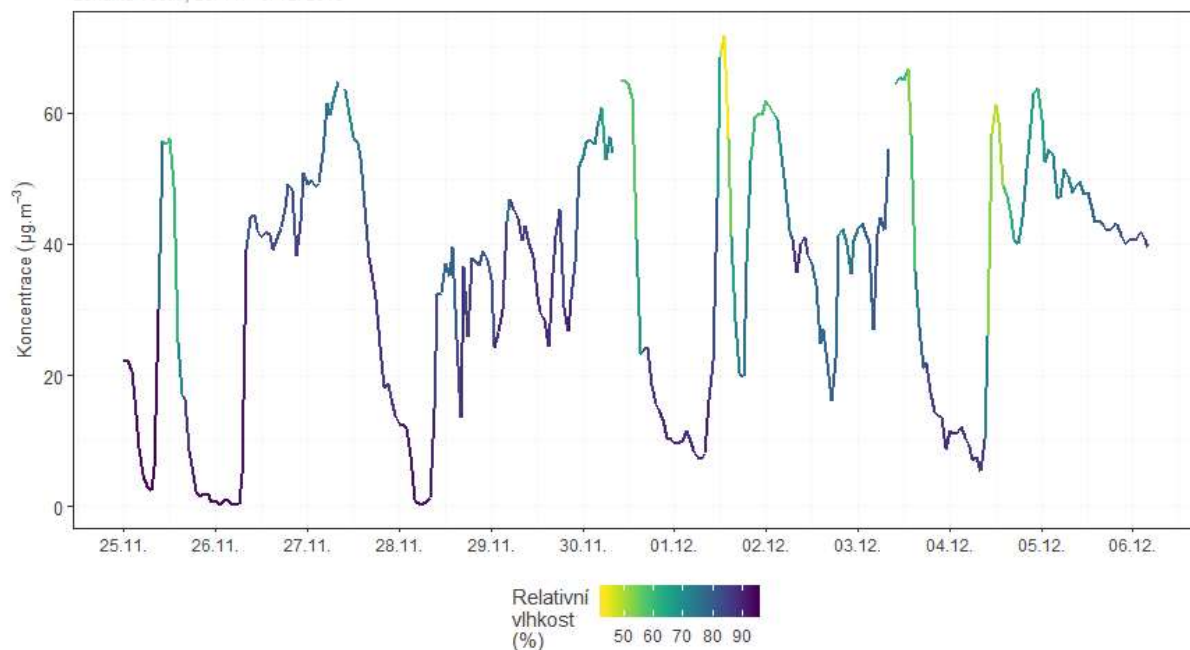
Lokalita Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019



Obr. 39 – Vliv rychlosti větru na koncentrace O_3 , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Vývoj průměrných hodinových koncentrací O_3 v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

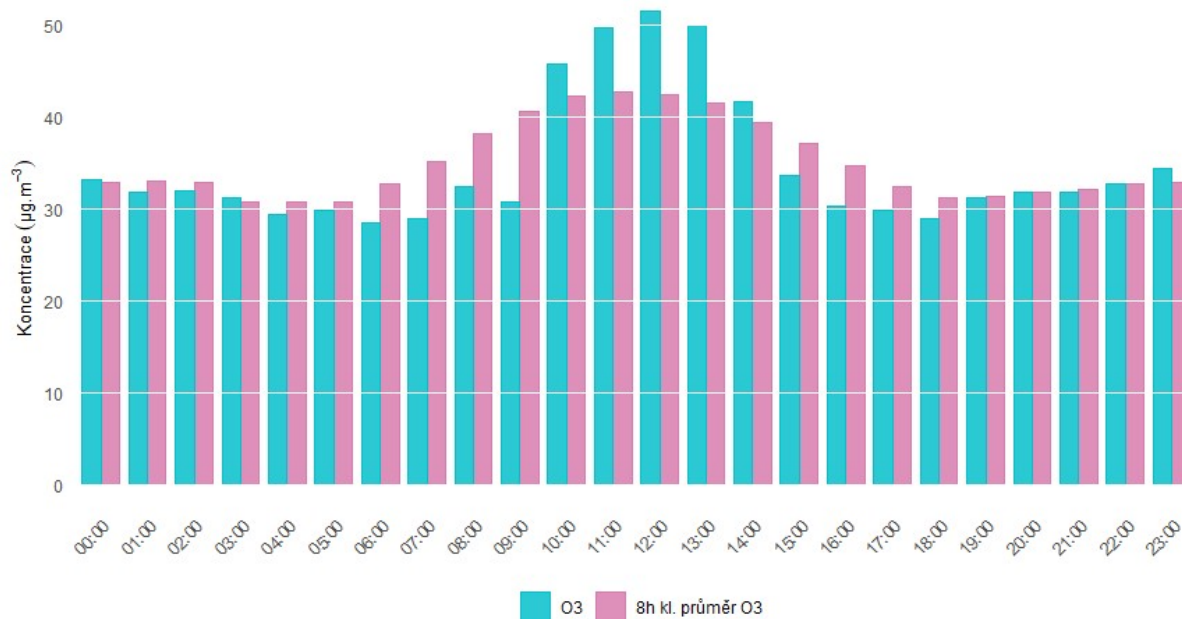
Lokalita Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019



Obr. 40 – Vliv relativní vlhkosti vzduchu na koncentrace O_3 , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Průměrný denní chod hodinových koncentrací O_3 a 8hodinového klouzavého průměru O_3

Lokalita Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

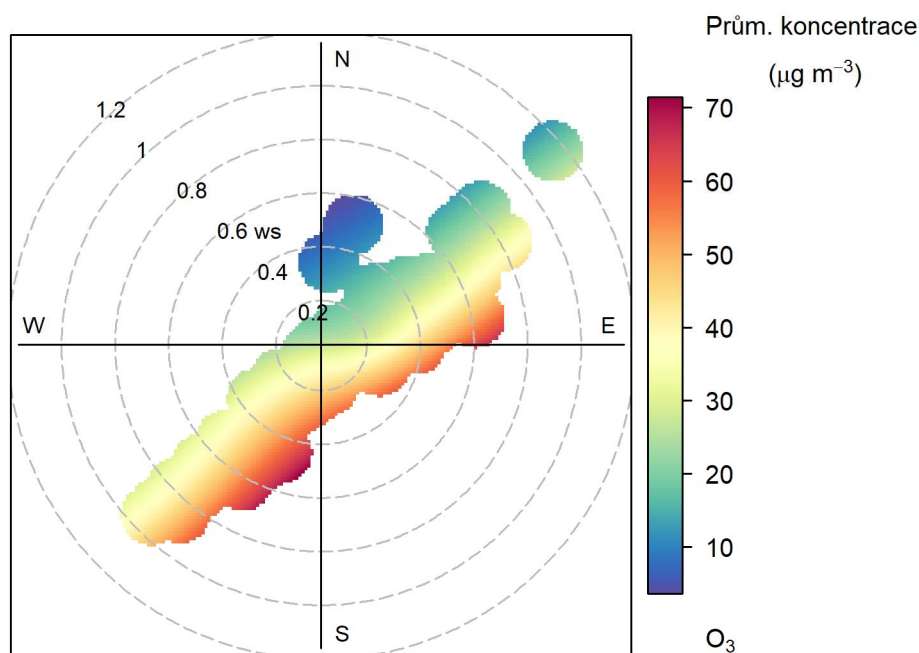


Obr. 41 – Denní chod hodinových koncentrací O_3 , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

4.4.2 Koncentrační růžice

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 4. 1. 2.

Následující Obr. 42 zobrazuje koncentračních růžici pro O_3 v lokalitě Vsetín.



Obr. 42 – Koncentrační růžice pro O_3 , Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Z Obr. 42 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při jižních až východních směrech větru a vyšších rychlostech větru, popř. při severovýchodním proudění a vyšších rychlostech větru.

4.4.3 Maximální 8hodinový klouzavý průměr za den

Následující Obr. 43 zobrazuje maximální 8hodinové klouzavé průměry O_3 za den v lokalitě Vsetín. Z grafu je patrné, že koncentrace jsou nízké, maximálně na úrovni poloviny imisního limitu, což je pro zimu charakteristické. Maximálních koncentrací O_3 je dosahováno v létě.

4.4.4 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

Naměřené hodnoty v lokalitě Vsetín byly srovnány se souběžně běžící kampaní v lokalitě Halenkov. Maximální 8hodinový klouzavý průměr koncentrací O_3 je pro obě lokality zobrazen na Obr. 44.

Z grafu je patrné, že obě lokality měřily velmi podobné koncentrace, rovněž trend vývoje koncentrací byl podobný. Souvisí to s tvorbou přízemního ozónu, který je závislý zejména na meteorologických podmínkách.

Maximální 8-hodinový klouzavý průměr O_3 za den

Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 43 – Maximální 8hodinový klouzavý průměr O_3 za den, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Srovnání maximálních 8hodinových klouzavých průměrů koncentrací O_3

Kampaň Zlínského kraje, lokality Halenkov a Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019

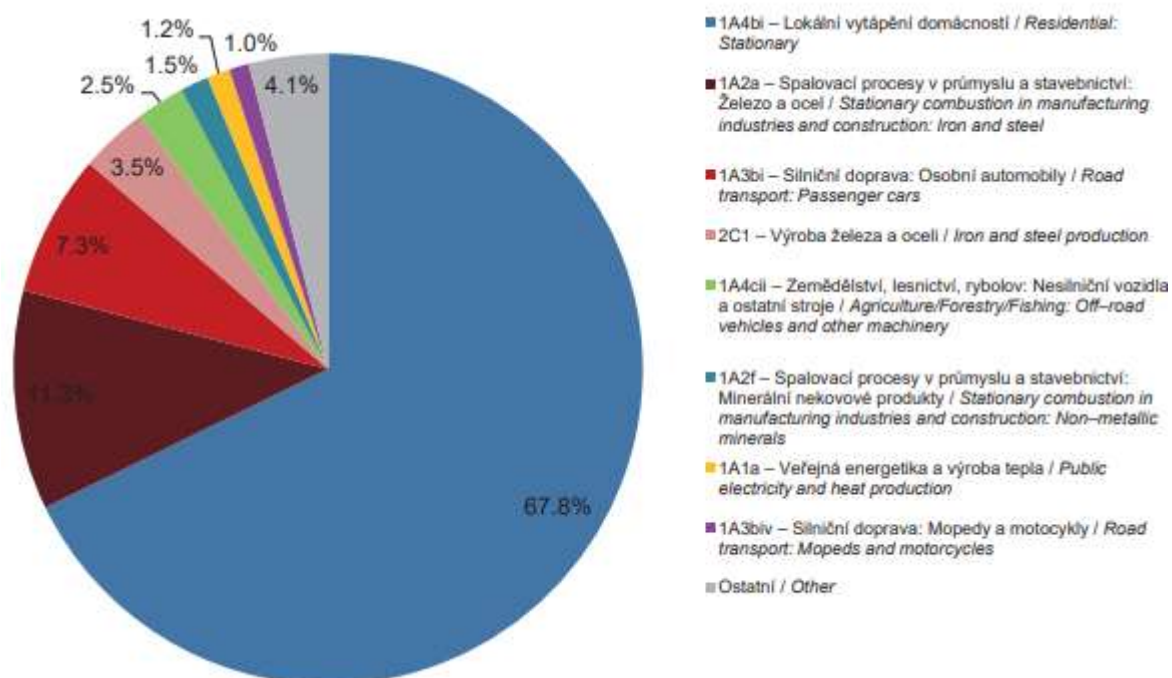


Obr. 44 – Srovnání maximálního 8hodinového klouzavého průměru koncentrací O_3 za den v lokalitě Vsetín a Halenkov, 25. 11. – 6. 12. 2019

4.5 OXID UHELNATÝ CO

Zvýšené koncentrace CO se vyskytují především na městských lokalitách ovlivněných dopravou, proto bylo v rámci státní sítě imisního monitoringu zachováno měření této látky na lokalitách klasifikovaných jako dopravní. Na městských a venkovských pozadových lokalitách se pohybují koncentrace CO hluboko pod imisním limitem ($10000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro maximální 8hodinový klouzavý průměr).

Oxid uhelnatý je produktem spalování paliv obsahujících uhlík za nízké teploty a nedostatku spalovacího vzduchu. Největší množství emisí CO vzniká v sektoru 1A4bi – Lokální vytápění domácností, který se v roce 2017 podílel na celorepublikových emisích 67,8 % (Obr. 45). Mezi další významné zdroje patřily sektory 1A2a – Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Železo a ocel (11,3 %) a 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily (7,3 %) [2].

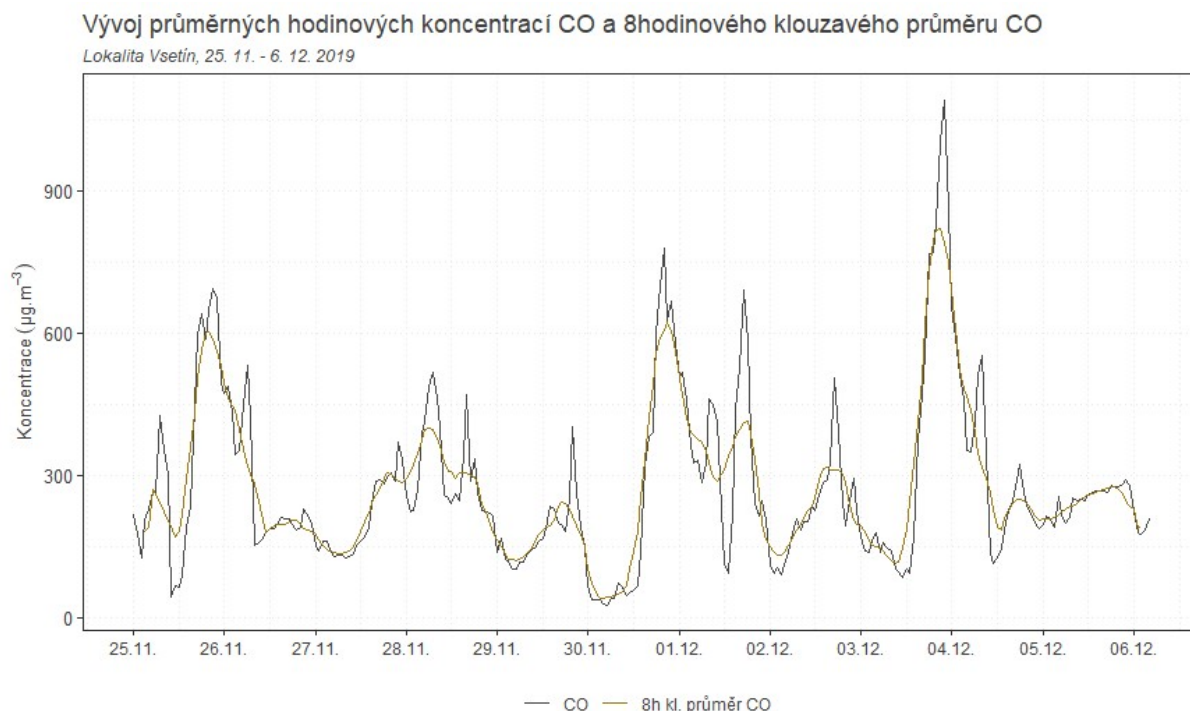


Obr. 45 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích CO, 2017 [2]

Oxid uhelnatý působí na srdce, cévní a nervový systém. Přijímáme ho pouze vdechováním. Při jeho nízkých koncentracích může zdravý člověk pociťovat únavu, člověk se srdečními problémy bolest na prsou. Při jeho vyšších koncentracích může dojít k poruchám vidění a koordinace, bolestem hlavy, závratím, zmatečnému chování a může být pociťována žaludeční nevolnost. Velmi vysoké koncentrace jsou smrtelné [13].

4.5.1 Vývoj hodinových koncentrací O_3

Vývoj hodinových koncentrací CO a 8-hodinového klouzavého průměru CO v lokalitě Vsetín zobrazuje následující Obr. 37.



Obr. 46 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací CO a 8hodinového klouzavého průměru CO, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

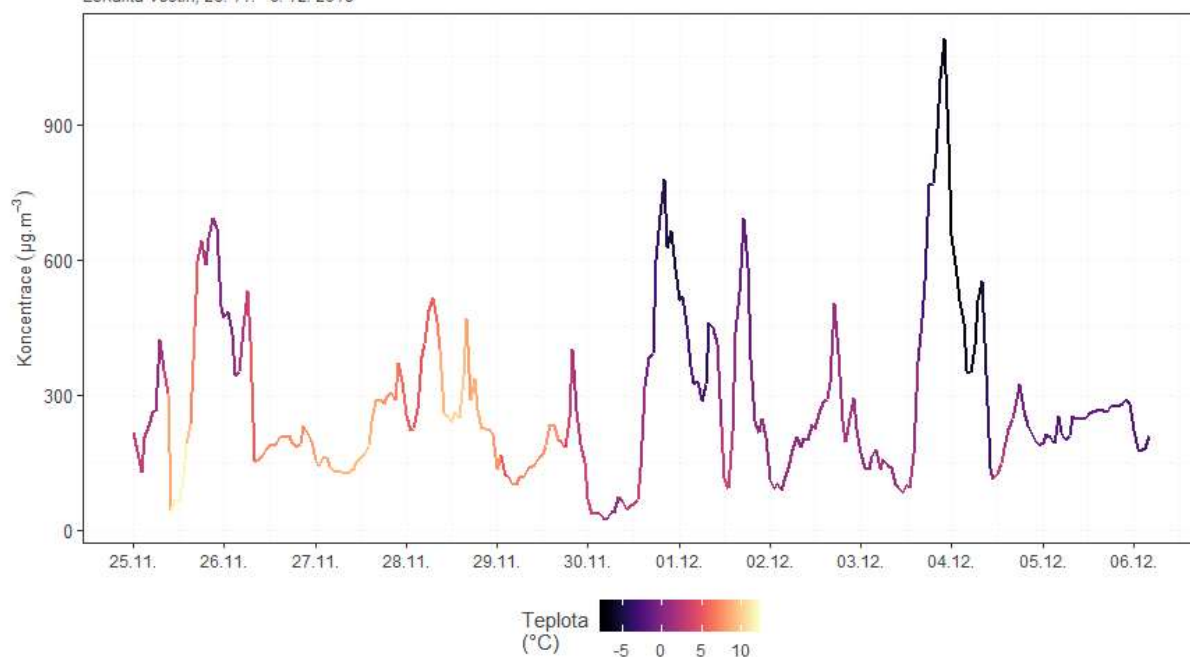
Na Obr. 47 – Obr. 49 jsou zobrazeny grafy ukazující vliv jednotlivých meteorologických veličin na koncentrace CO. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací CO, zabarvení křivky pak zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, rychlost proudění větru, nebo relativní vlhkost vzduchu.

Z uvedených grafů vyplývá, že meteorologické podmínky mají na koncentrace CO významný vliv, zejména pak teplota. Nejvyšší koncentrace CO jsou měřeny při nízkých teplotách a nízkých rychlostech větru. Relativní nemá na koncentrace CO zásadní vliv

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod CO v lokalitě Vsetín. Denní chod CO a 8-hodinového klouzavého průměru CO zobrazuje následující Obr. 50. Z grafu je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací CO jsou dosahovány ve večerních a nočních hodinách.

Vývoj průměrných hodinových koncentrací CO v závislosti na teplotě vzduchu

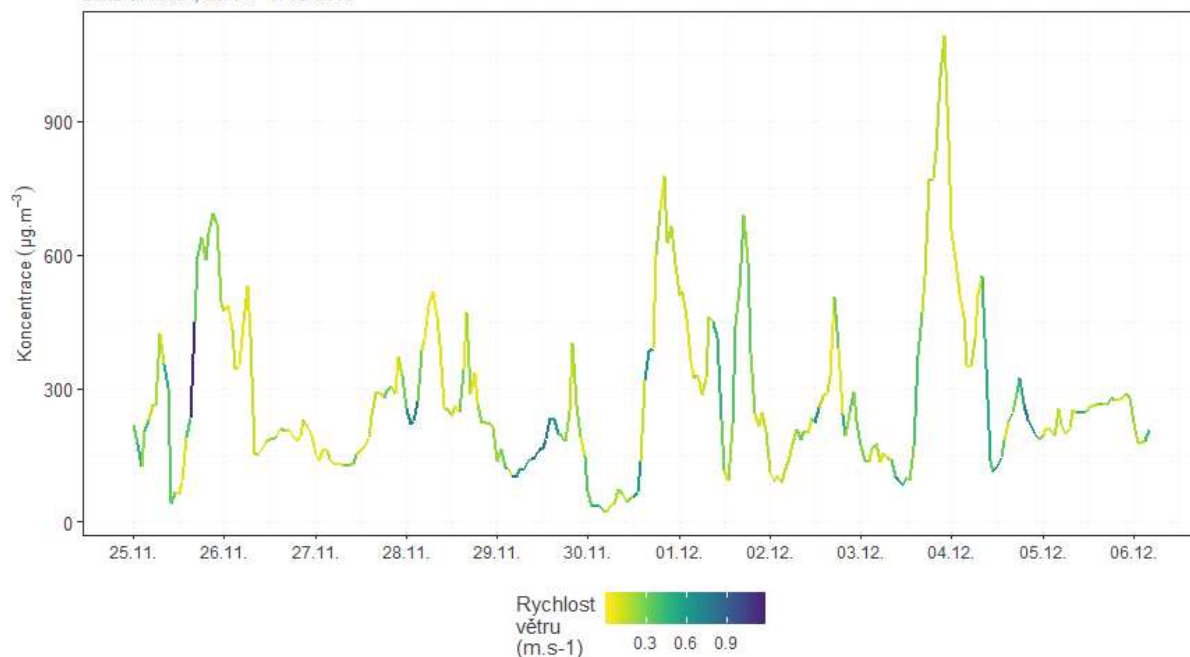
Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 47 – Vliv teploty vzduchu na koncentrace CO, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Vývoj průměrných hodinových koncentrací CO v závislosti na rychlosti větru

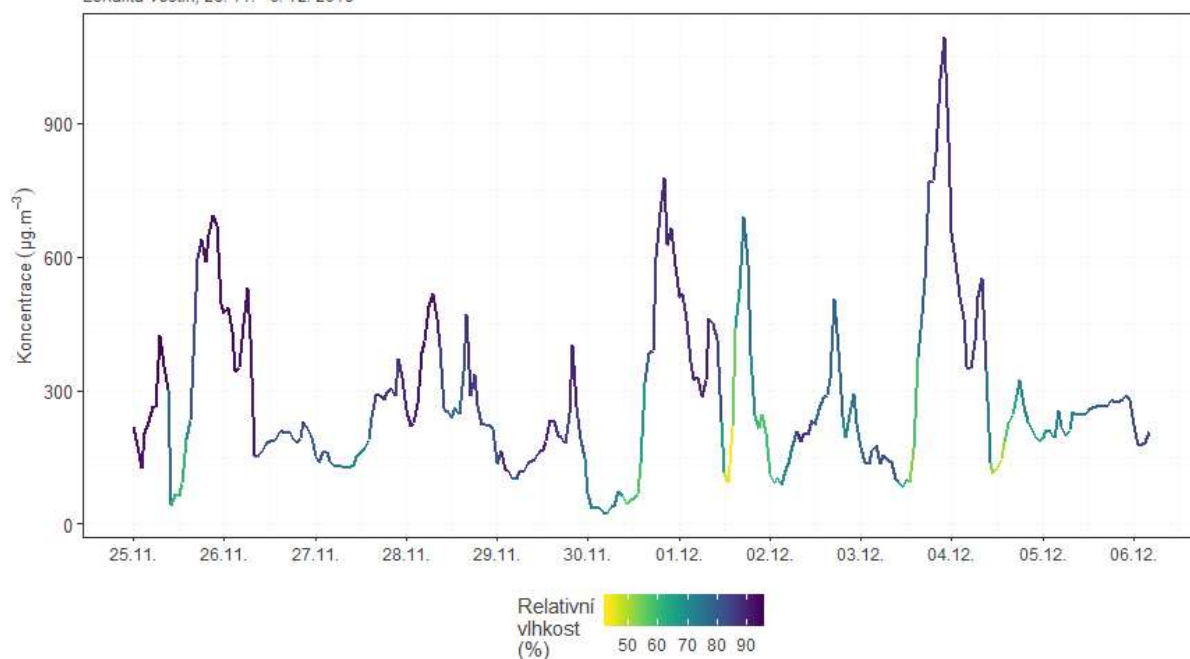
Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 48 – Vliv rychlosti větru na koncentrace CO, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Vývoj průměrných hodinových koncentrací CO v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

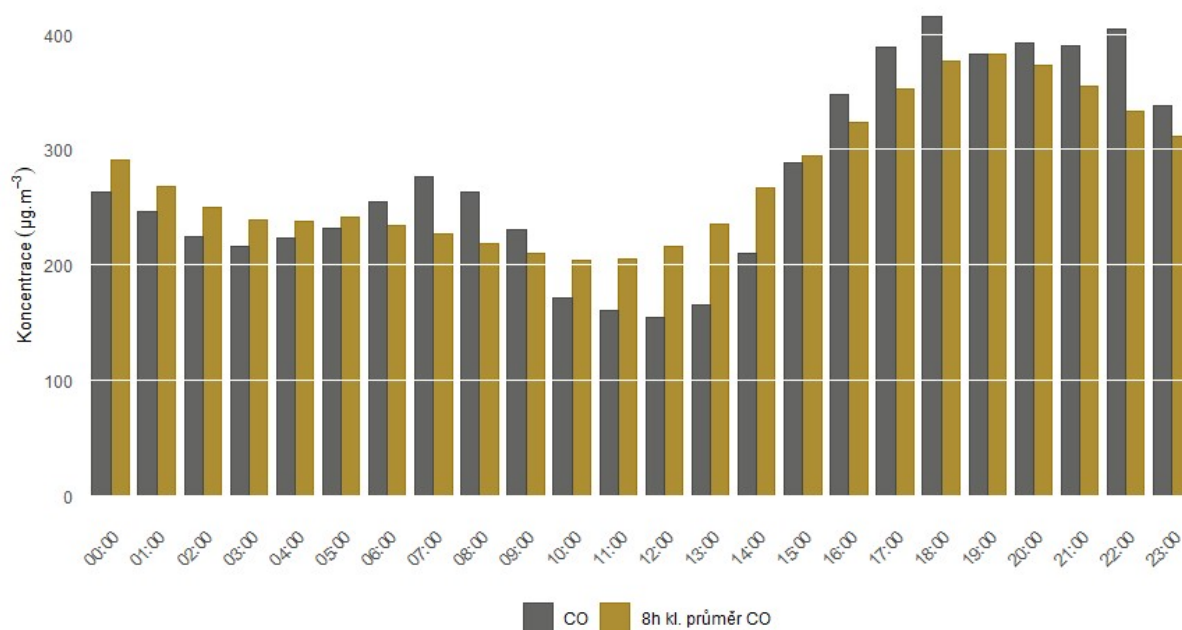
Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 49 – Vliv relativní vlhkosti vzduchu na koncentrace CO, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Průměrný denní chod hodinových koncentrací CO a 8hodinového klouzavého průměru CO

Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019

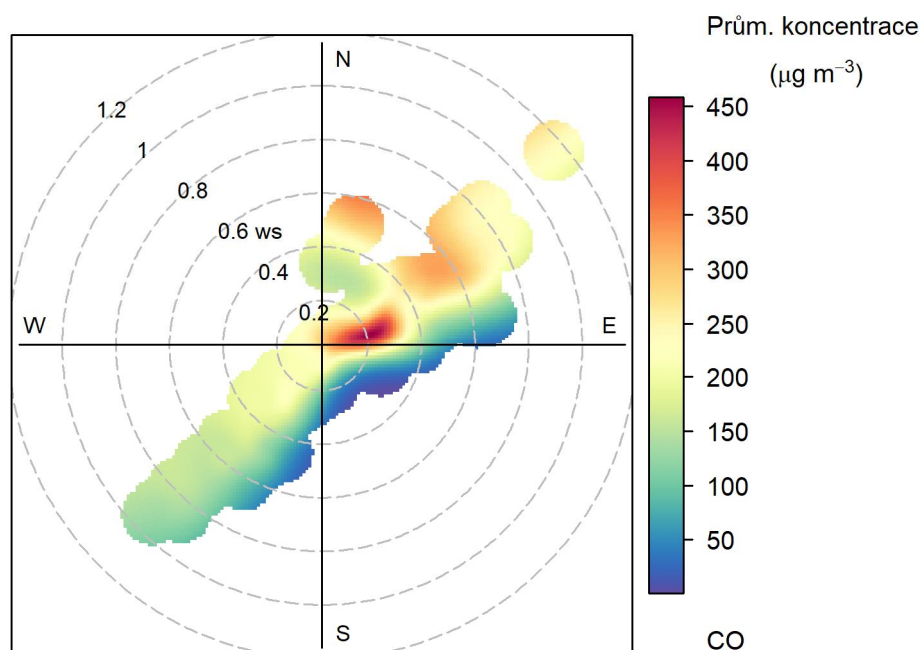


Obr. 50 – Denní chod hodinových koncentrací CO, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

4.5.2 Koncentrační růžice

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 4. 1. 2.

Následující Obr. 51 zobrazuje koncentračních růžici pro CO v lokalitě Vsetín.



Obr. 51 – Koncentrační růžice pro CO, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Z Obr. 51 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při východním až severovýchodním proudění větru.

4.5.3 Maximální 8hodinový klouzavý průměr za den

Následující Obr. 43 zobrazuje maximální 8hodinové klouzavé průměry CO za den v lokalitě Vsetín. Z grafu je patrné, že koncentrace jsou nízké, maximálně blíží hodnotě 1/10 imisního limitu.

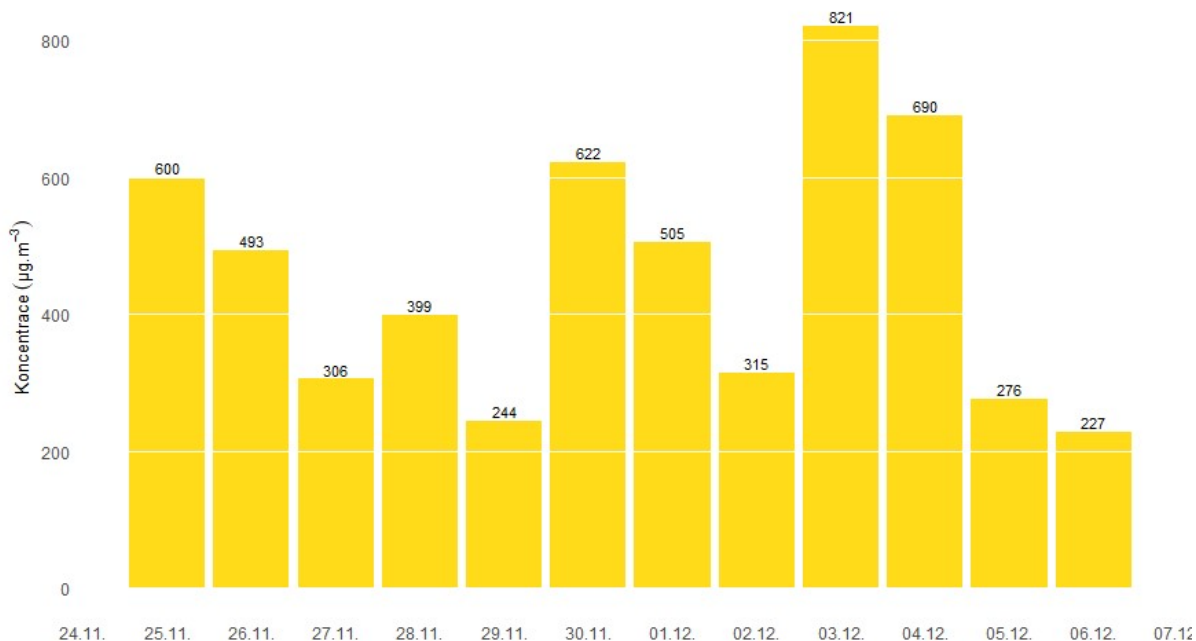
4.5.4 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

Naměřené hodnoty v lokalitě Vsetín byly srovnány se souběžně běžící kampaní v lokalitě Halenkov. Maximální 8hodinový klouzavý průměr koncentrací CO je pro obě lokality zobrazen na Obr. 44.

Koncentrace v lokalitě Halenkov jsou po celou dobu kampaně mírně vyšší, obě lokality pak zaznamenaly stejný vývoj koncentrací.

Maximální 8-hodinový klouzavý průměr CO za den

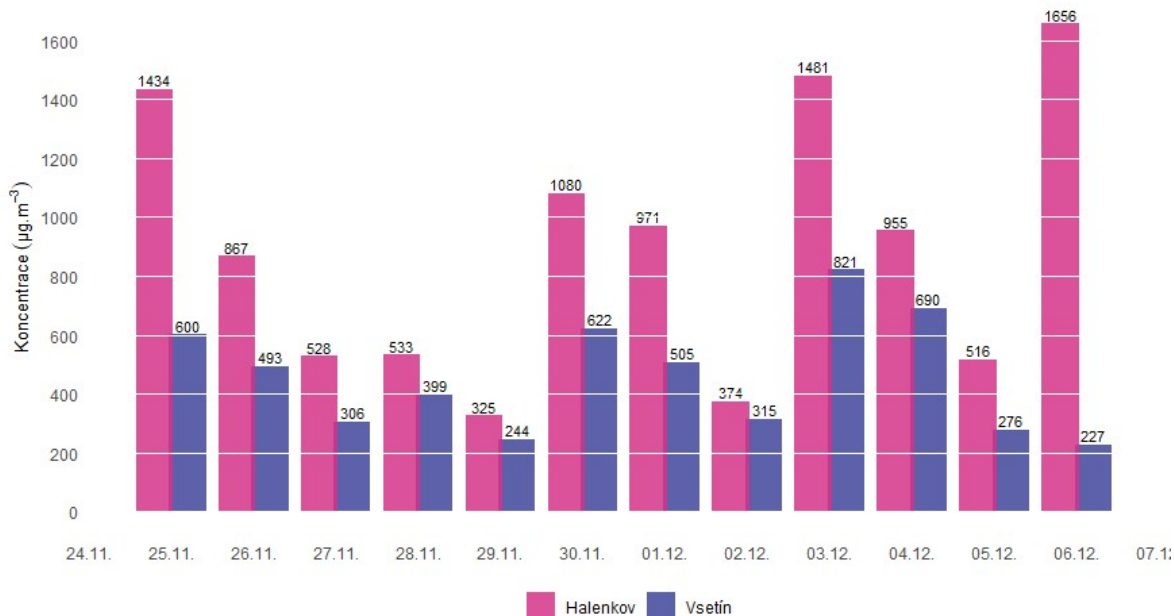
Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 52 – Maximální 8hodinový klouzavý průměr CO za den, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Srovnání maximálních 8hodinových klouzavých průměrů koncentrací CO

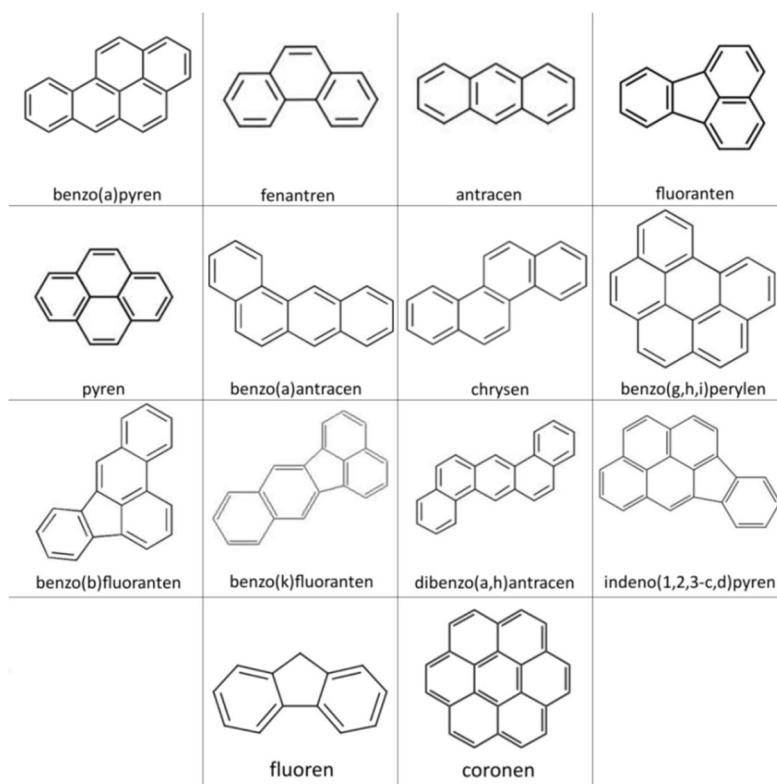
Kampaň Zlínského kraje, lokality Halenkov a Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 53 – Srovnání maximálního 8hodinového klouzavého průměru CO za den v lokalitě Vsetín s lokalitou Halenkov, 25. 11. – 6. 12. 2019

4.6 POLYCYKlickÉ AROMATICKÉ UHLOVODÍKY

Legislativním zástupcem polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) je benzo[a]pyren (BaP). Sledované PAH uvádí Obr. 54. Přírodní hladina pozadí benzo[a]pyrenu může být s výjimkou výskytu lesních požárů téměř nulová. Jeho antropogenním zdrojem, stejně jako ostatních PAH, je jednak nedokonalé spalování fosilních paliv jak ve stacionárních (domácí topeniště – zcela majoritní zdroj emisí) tak i v mobilních zdrojích (motory spalující naftu), ale také průmyslová výroba (výroba koksu a oceli).



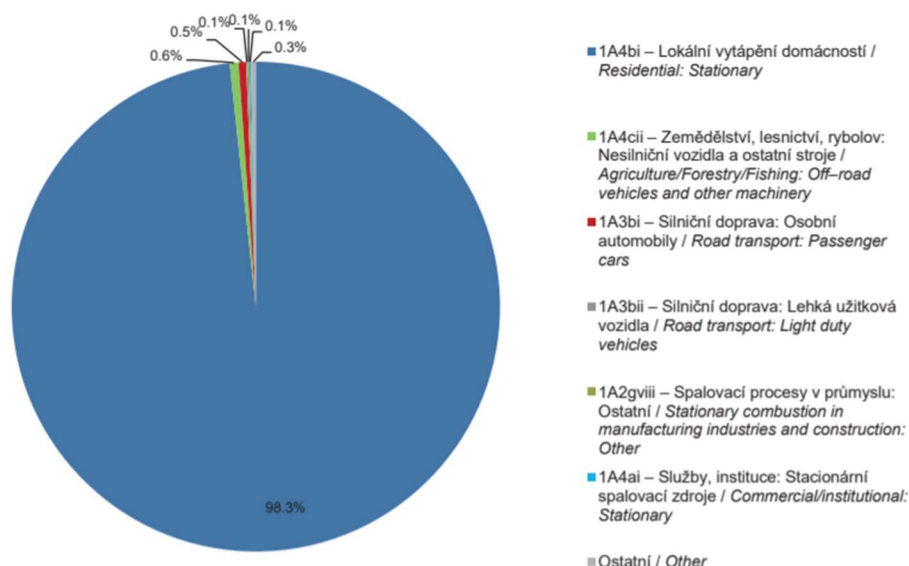
Obr. 54 – Polycyklické aromatické uhlovodíky rutinně stanovované v imisích

Přibližně 80–100 % PAH s pěti a více aromatickými jádry (tedy i benzo[a]pyren) je navázáno především na částice menší než 2,5 μm , tedy na tzv. jemnou frakci atmosférického aerosolu $\text{PM}_{2,5}$ (sorpce na povrchu částic). Tyto částice přetrvávají v atmosféře poměrně dlouhou dobu, což umožňuje jejich transport na velké vzdálenosti (stovky km) [14].

U benzo[a]pyrenu, stejně jako u některých dalších PAH, jsou prokázány karcinogenní účinky na lidský organismus [15].

PAH, zastoupené v oblasti sledování kvality ovzduší benzo[a]pyrenem, 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, a doprava.

Sektor 1A4bi – Lokální vytápění domácností se na emisích benzo[a]pyrenu v roce 2017 v celorepublikovém měřítku podílel 98,3 %. Hlavní příčinou takto vysokého podílu je spalování pevných paliv, především uhlí, v kotlích starších typů (odhořívací a prohořívací způsob spalování). Podle výsledků statistického šetření ENERGO představovaly v roce 2015 odhořívací a prohořívací kotle až 79 % všech kotlů na spalování pevných paliv v domácnostech ČR. Vliv sektoru dopravy je odhadován na 1,3 % [2].



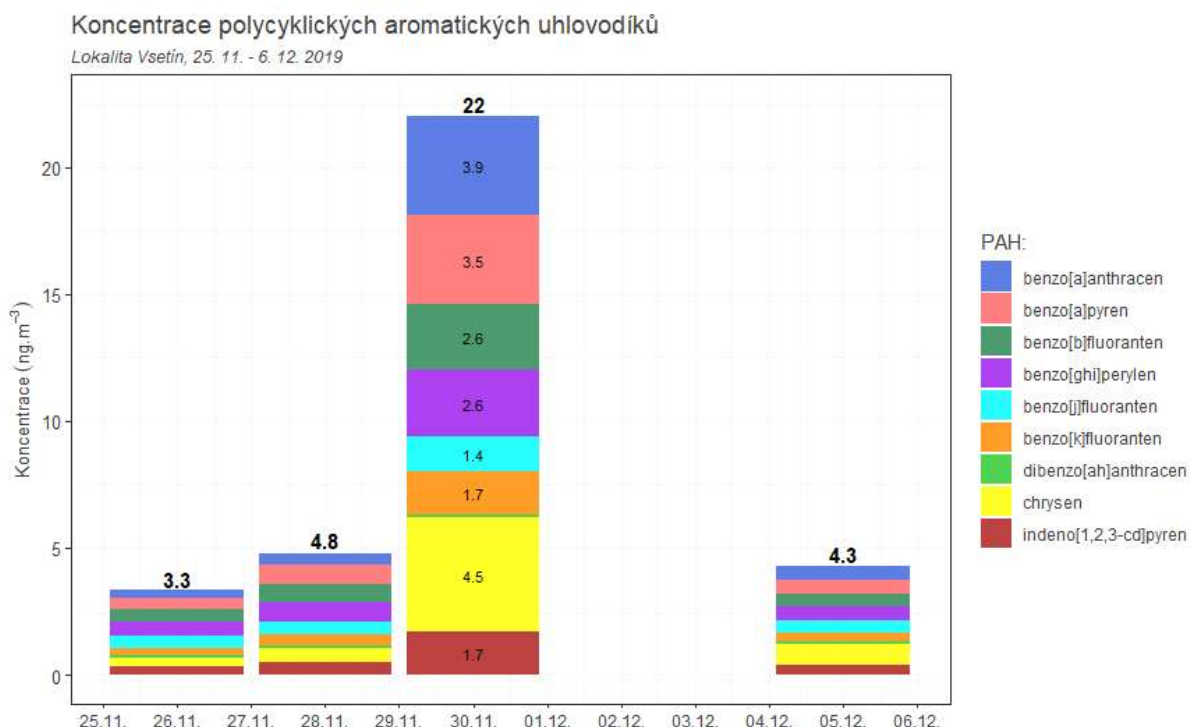
Obr. 55: Podíl sektorů NFR na celkových emisích benzo[a]pyrenu v ČR, rok 2016 [16]

4.6.1 Měřené koncentrace PAH

Naměřené koncentrace jednotlivých PAH zobrazuje následující Tab. 3 a Obr. 56. V případě, že látka nedosáhla svou koncentrací ani meze detekce metody, byla v grafu nahrazena polovinou meze detekce.

Tab. 3 – Koncentrace polycyklických aromatických uhlovodíků ($\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$), Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

PAH	26.11.2019	28.11.2019	29.11.2019	30.11.2019
benzo(a)anthracen	0,31	0,47	3,9	0,55
chrysen	0,34	0,57	4,5	0,85
benzo(b)fluoranten	0,51	0,71	2,6	0,49
benzo(k)fluoranten	0,25	0,41	1,7	0,32
benzo(a)pyren	0,42	0,75	3,5	0,52
benzo(ghi)perylene	0,56	0,79	2,6	0,57
dibenzo(ah)anthracen	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
indeno(1,2,3-cd)pyren	0,34	0,50	1,7	0,37
benzo(j)fluoranten	<1,0	<1,0	1,4	<1,0



Obr. 56 – Koncentrace polycyklických aromatických uhlovodíků, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

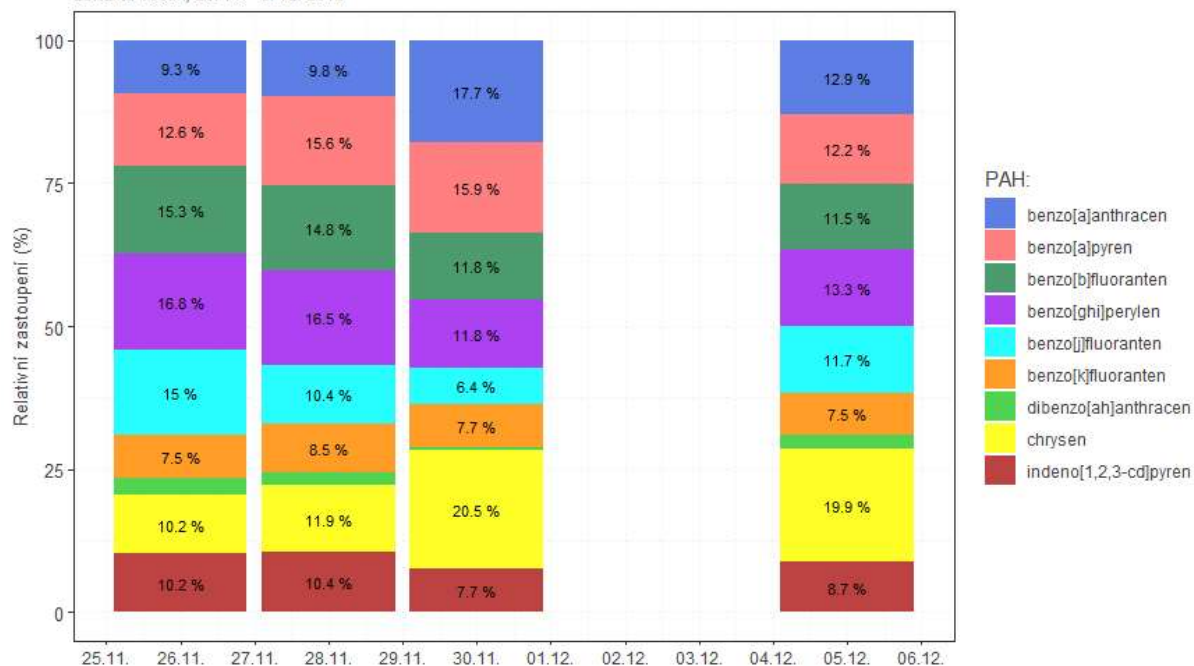
Z grafu je dobře patrné, vysoké koncentrace PAH byly měřeny především 30. 11. Tento nárůst koncentrací PAH mohl souviset s klesající teplotou a intenzivnějším vytápěním v lokálních topeništích. Z hlediska koncentrací benzo[a]pyrenu je patrné, že v tento den (30. 11.) jsou hodnoty vyšší (Tab. 3), než je hodnota imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci benzo[a]pyrenu. V ostatní dny jsou koncentrace benzo[a]pyrenu nižší. To není v zimě neobvyklá situace a nemusí nutně znamenat, že by v této lokalitě mělo docházet k překračování imisního limitu (v létě jsou koncentrace prakticky nulové). Pro posouzení by bylo potřeba měřit koncentrace benzo[a]pyrenu delší období.

Z hlediska relativního zastoupení jednotlivých PAH v sumě PAH však téměř k žádné změně nedošlo, jak ukazuje Obr. 57. Významněji se v dny se zvýšenými koncentracemi PAH projeví zejména koncentrace benzo[a]anthracenu, chrysenu a benzo[a]pyrenu. Zdroj PAH se tedy výrazně nemění, pouze vzrostly koncentrace v souvislosti s meteorologickou situací a intenzitou zdroje.

Vývoj koncentrací legislativou sledovaného v lokalitě Halenkov a v souběžném měření v lokalitě Vsetín benzo[a]pyrenu zobrazuje Obr. 58. Z grafu je patrné, že vyšší koncentrace jsou měřeny v lokalitě Halenkov, což je zřejmě způsobeno vyšším počtem lokálních topenišť v blízkosti měření.

Koncentrace polycyklických aromatických uhlovodíků

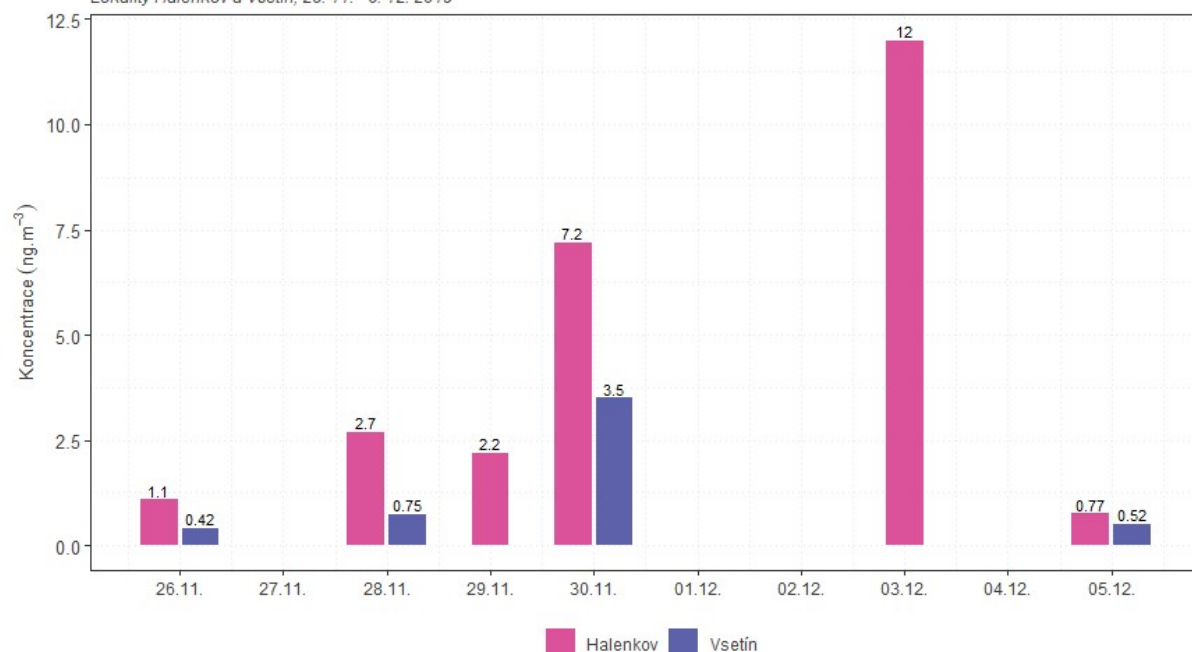
Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 57 – Relativní zastoupení jednotlivých polycyklických aromatických uhlovodíků, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Srovnání denních koncentrací benzo[a]pyrenu

Lokalita Halenkov a Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 58 – Vývoj koncentrací benzo[a]pyrenu, lokality Halenkov a Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

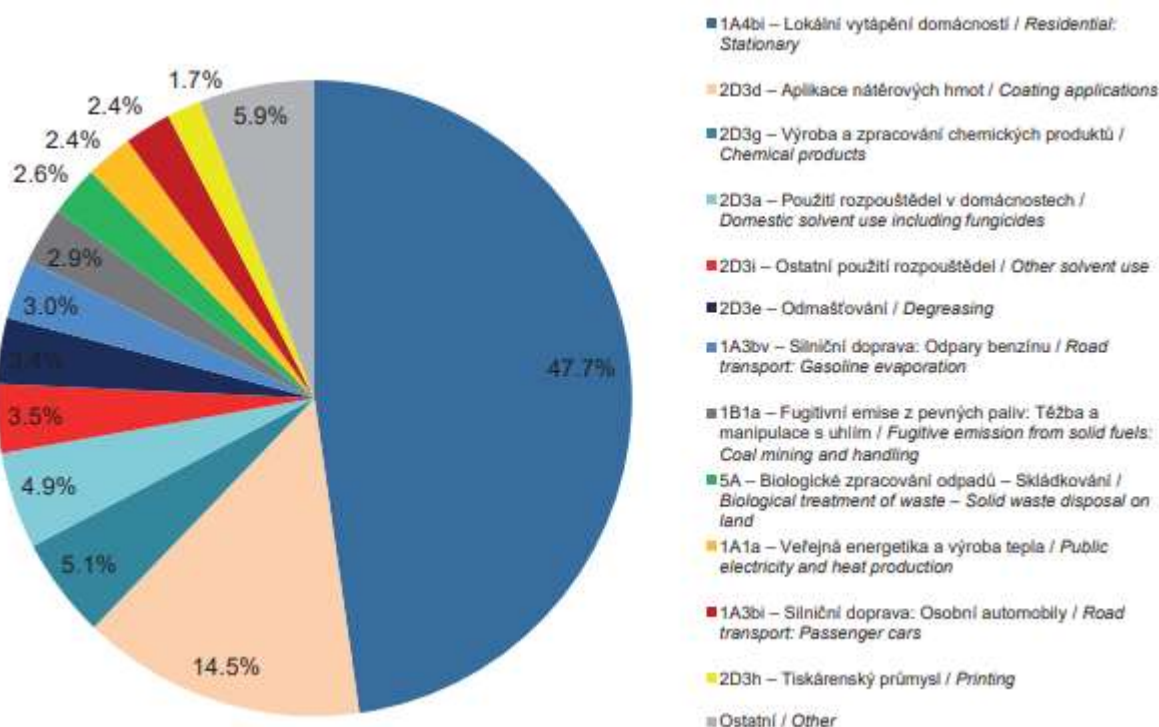
4.7 TĚKAVÉ ORGANICKÉ LÁTKY – VOC

Legislativním zástupcem těkavých organických látek (VOC) je benzen. Antropogenní zdroje produkují více než 90 % celkových emisí do atmosféry. Hlavním emisním zdrojem jsou spalovací procesy, především mobilní zdroje, které představují cca 85 % celkových antropogenních emisí aromatických uhlovodíků, přičemž převládající část připadá na emise z výfukových plynů. Odhaduje se, že zbývajících 15 % emisí pochází ze stacionárních zdrojů. Rozhodující podíl připadá na procesy produkující aromatické uhlovodíky a procesy, kde se tyto sloučeniny používají k výrobě dalších chemikálií. Dalším významným zdrojem emisí jsou ztráty vypařováním při manipulaci, skladování a distribuci benzinů.

Benzen obsažený ve výfukových plynech je především nespálený benzen z paliva. Dalším příspěvkem k emisím benzenu z výfukových plynů je benzen vzniklý z nebenzenových aromatických uhlovodíků, popř. z nearomatických uhlovodíků obsažených v palivu.

Bilance emisí benzenu je založena z velké části na výpočtu z ohlášených emisí VOC. Vykazované emise lze dohledat pouze u zdrojů, jimž ukládá legislativa povinnost zjišťování úrovně znečišťování především z důvodu ověření dodržování emisních limitů.

Významnými zdroji emisí VOC do ovzduší jsou Aplikace nátěrových hmot, lokální topeniště, odpary benzínu a doprava, a chemický průmysl.



Obr. 59 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích VOC, 2017 [2]

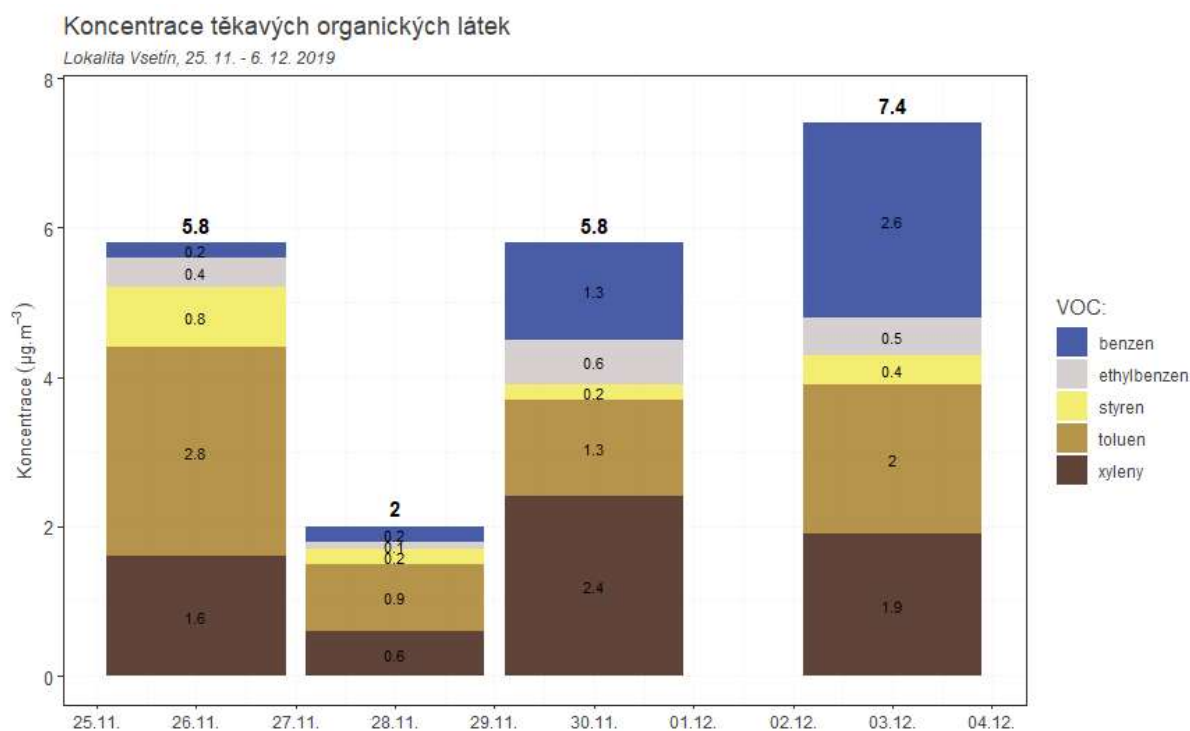
Mezi nejvýznamnější škodlivé efekty expozice benzenu patří poškození krvinek a dále jeho karcinogenní účinky [9].

4.7.1 Měřené koncentrace VOC

Naměřené koncentrace jednotlivých těkavých organických látek zobrazuje následující Tab. 4 a Obr. 60. V případě, že látka nedosáhla svou koncentrací ani meze detekce metody, byla v grafu nahrazena polovinou meze detekce.

Tab. 4 – Koncentrace těkavých organických látek ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

VOC	26.11.2019	28.11.2019	30.11.2019	3.12.2019
benzen	0,2	0,2	1,3	2,6
toluen	2,8	0,9	1,3	2,0
ethylbenzen	0,4	0,1	0,6	0,5
styren	0,8	0,2	0,2	0,4
xyleny	1,6	0,6	2,4	1,9

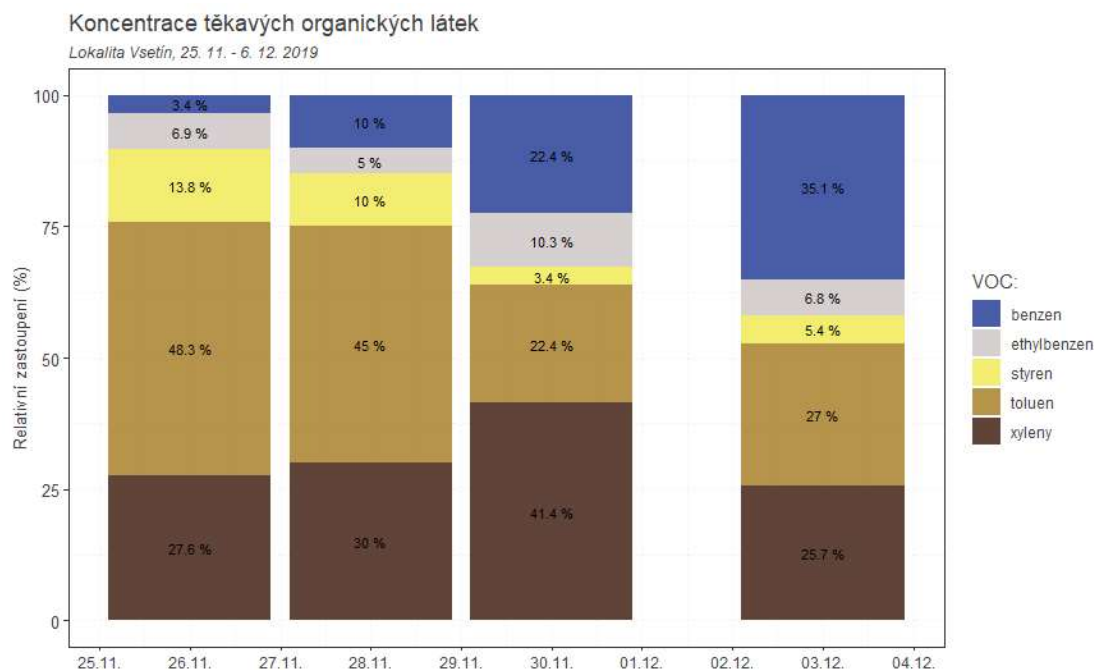


Obr. 60 – Koncentrace těkavých organických látek, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Z grafu je dobře patrné, že dne 28. 11. byly koncentrace všech VOC nižší, suma všech VOC se pohybovala do $2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V ostatních dnech byly koncentrace vyšší, nejvyšší zatížení bylo zaznamenáno dne 3. 12. 2019. Z hlediska koncentrací benzenu je patrné, že všechny denní hodnoty jsou nižší (Tab. 4), než hodnota imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci benzenu ($2,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), hodnota z 3. 12. 2019 se pohybuje zhruba na polovině této hodnoty. V ČR již v posledních letech k překračování imisního limitu pro benzen nedochází a je velmi pravděpodobné, že k překročení imisního limitu by ani v lokalitě Vsetín nedošlo.

Z hlediska relativního zastoupení jednotlivých VOC v sumě všech VOC nastala změna v poslední den odběru (Obr. 61). Narostl relativní podíl benzenu až téměř na 35 %, naopak mírně pokleslo relativní množství xylenů. Je tedy možné, že v tento den byly koncentrace VOC ovlivněny i jinými zdroji než v předešlé dny.

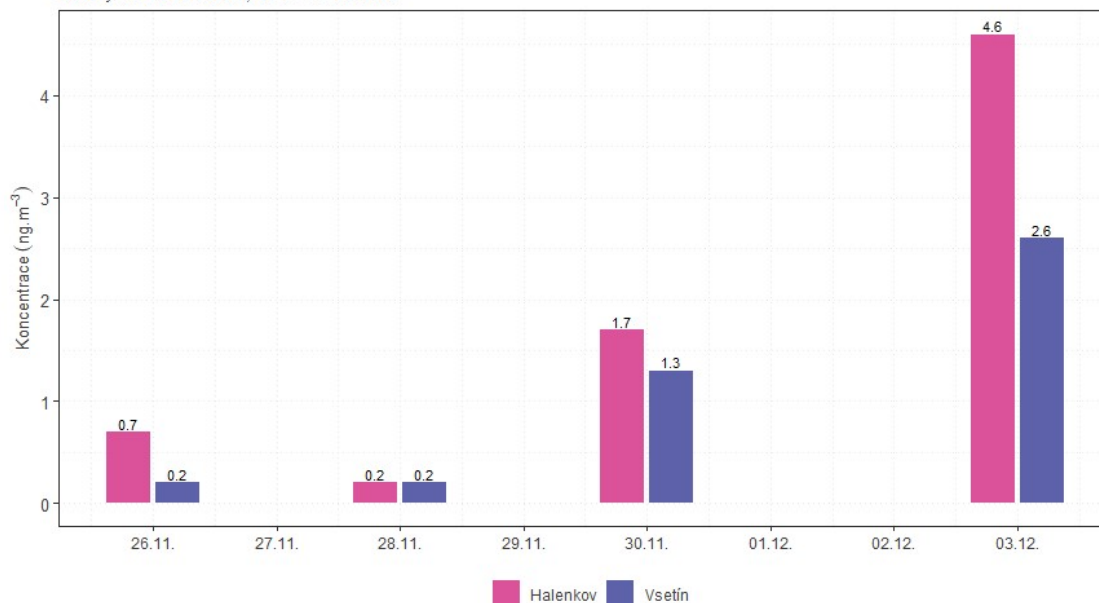
V následujícím Obr. 62 je zobrazen vývoj denních koncentrací legislativou sledovaného benzenu v lokalitách Vsetín a Halenkov. Z grafu je patrné, že vyšší koncentrace benzenu byly měřeny v lokalitě Halenkov. Svůj vliv na vyšších koncentracích mají zřejmě lokální topeniště.



Obr. 61 – Relativní zastoupení jednotlivých těkavých organických látek, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Srovnání denních koncentrací benzenu

Lokality Halenkov a Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019



Obr. 62 – Srovnání denních koncentrací benzenu, lokality Vsetín a Halenkov, 25. 11. – 6. 12. 2019

4.8 Kovy

Legislativními zástupci kovů jsou arsen (As), kadmium (Cd), nikl (Ni) a olovo (Pb).

Arsen se vyskytuje v mnoha formách anorganických i organických sloučenin. Z antropogenních činností jsou významné hlavně spalovací procesy, výroba železa a oceli a výroba mědi a zinku. Arsen je vázán převážně na částice jemné frakce (PM_{2,5}), která může být transportována na delší vzdálenost a pronikat hlouběji do dýchací soustavy. Kritickým účinkem vdechování arsenu je rakovina plic [9].

Přírodní zdroje **kadmia** tvoří v globálním pohledu pouze asi 10 % a patří mezi ně více než z poloviny vulkanická činnost. Převážnou část, plných 90 %, tvoří antropogenní zdroje, převážně výroba železa, oceli, metalurgie neželezných kovů, spalování odpadu a fosilních paliv. Méně významným zdrojem emisí je doprava. Kadmium je navázáno převážně na částice jemné frakce (PM_{2,5}). Dlouhodobá expozice kadmia ovlivňuje funkci ledvin. Kadmium je prokazatelně karcinogenní pro zvířata, důkazy karcinogenity kadmia pro člověka jsou zatím omezené [9].

Nikl je pátý nejhojnější prvek zemského jádra, i když v zemské kůře je jeho zastoupení nižší. Z globálního hlediska je produkován z 26 % přírodními zdroji (kontinentální prach a vulkanická činnost). Mezi hlavní antropogenní zdroje lze řadit spalování těžkých topných olejů, těžbu niklových rud a rafinaci niklu, spalování odpadu a výrobu železa a oceli. Ze zdravotního hlediska způsobuje alergické kožní reakce a je hodnocen jako karcinogenní látka pro člověka [9].

Většina **olova** obsaženého v atmosféře pochází z antropogenních emisí, především ze spalování fosilních paliv, výroby železa a oceli a metalurgie neželezných kovů. Z přírodních zdrojů je významné

zvětrávání hornin a vulkanická činnost. Olovo se v ovzduší vyskytuje ve formě jemných částic s četnostním rozdělením velikosti charakterizovaným středním aerodynamickým průměrem menším než 1 μm . Při dlouhodobé expozici lidského organismu se projevují účinky na biosyntézu krevního barviva, nervový systém a krevní tlak. Důkazy karcinogenity olova a jeho sloučenin pro člověka jsou klasifikovány jako nedostatečné [9].

Kromě legislativou sledovaných kovů byly v lokalitě Halenkov analyzovány také koncentrace hliníku (Al), chromu (Cr), manganu (Mn), rtuti (Hg) a železa (Fe).

4.8.1 Měřené koncentrace kovů

Naměřené koncentrace jednotlivých kovů zobrazuje následující Tab. 5 a Obr. 63. V případě, že látka nedosáhla svou koncentrací ani meze detekce metody, byla v grafu nahrazena polovinou meze detekce.

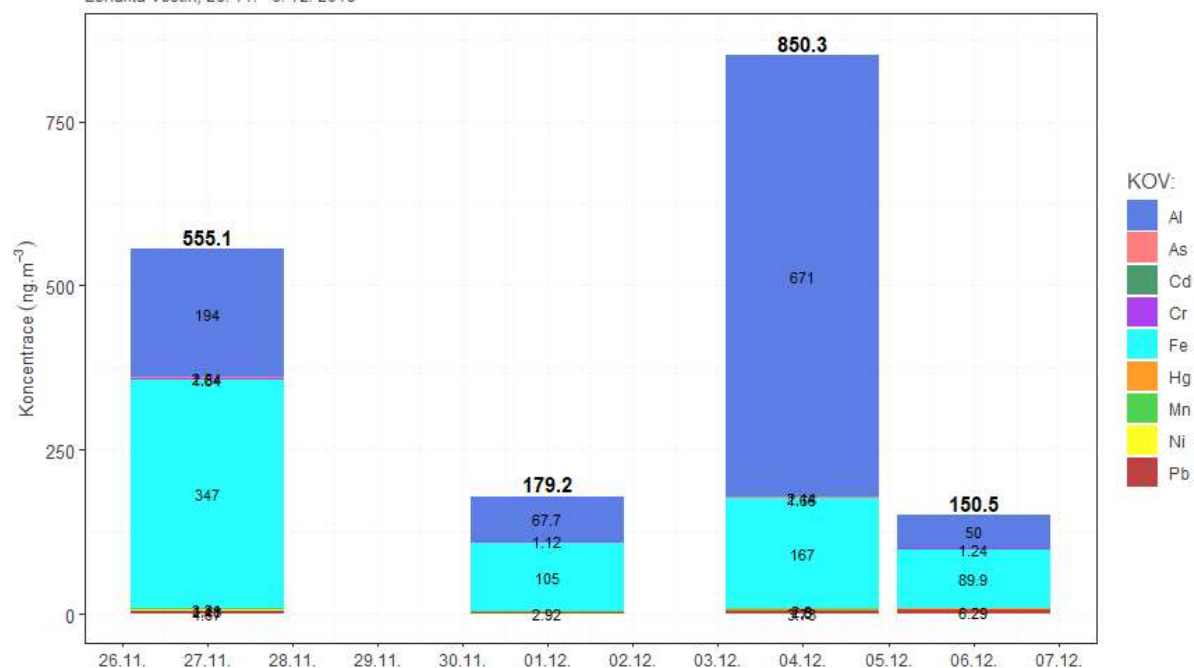
Z grafu je dobře patrné, že vyšší koncentrace byly měřeny ve dnech 27. 11. a 4. 12. V sumě byla nejvyšší koncentrace kovů v ovzduší naměřena dne 4. 12. 2019. Nejvíce zastoupeny jsou železo a hliník. Poměr zastoupení jednotlivých kovů v sumě všech kovů zobrazuje Obr. 64. Z grafu je patrné, že relativní zastoupení se příliš nemění, pouze 4. 12. významněji stouply koncentrace hliníku.

Tab. 5 – Koncentrace kovů ($\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$), Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

KOV	27.11.2019	01.12.2019	04.12.2019	06.12.2019
rtuť	<0,00136	<0,00136	<0,00136	<0,00136
hliník	0,194	0,0677	0,671	0,0500
arzen	0,00254	0,00112	0,00214	0,00124
kadmium	0,000204	0,000214	0,000219	0,000253
chrom	0,00164	<0,00160	0,00166	<0,00160
železo	0,347	0,105	0,167	0,0899
mangan	0,00321	<0,000820	0,00260	0,000951
nikl	0,00118	<0,000820	0,00130	<0,000820
olovo	0,00467	0,00292	0,00373	0,00629

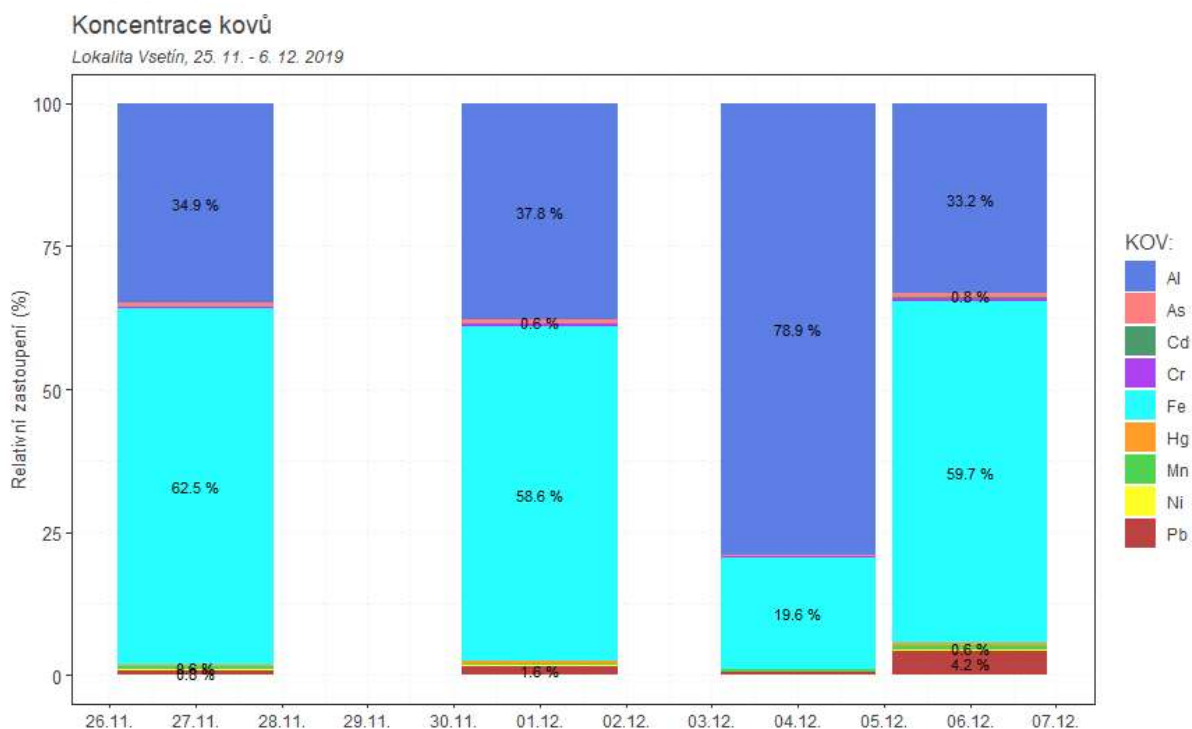
Koncentrace kovů

Lokalita Vsetín, 25. 11. - 6. 12. 2019

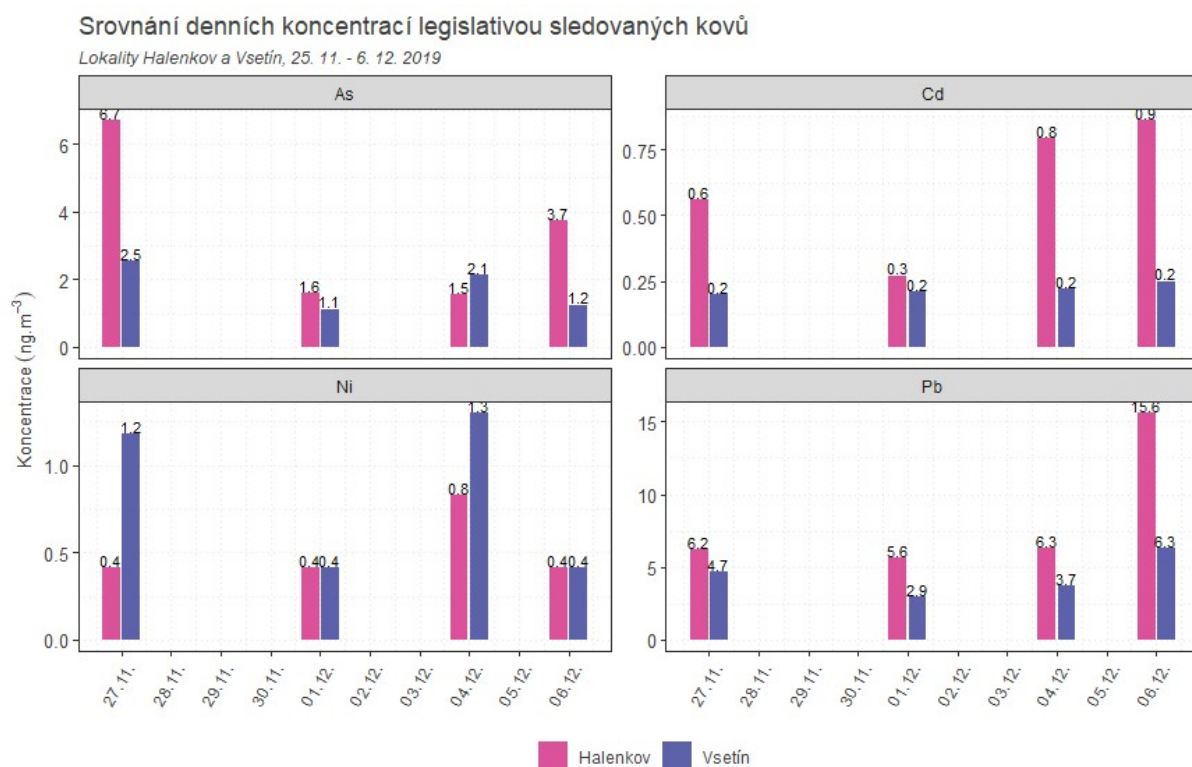


Obr. 63 – Koncentrace kovů, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019

Z hlediska koncentrací legislativou sledovaných kovů (As, Cd, Ni a Pb) je patrné, že všechny denní hodnoty jsou výrazně nižší než hodnoty imisních limitů pro průměrné roční koncentrace těchto kovů (Tab. 2). Graficky jsou denní koncentrace legislativou sledovaných kovů zobrazeny na Obr. 65, kde je rovněž uvedeno srovnání se souběžně měřenou lokalitou Halenkov. Z uvedených hodnot lze odhadovat, že k překročení imisních limitů pro jednotlivé kovy by v ani jedné lokalitě nedošlo. Pro posouzení by však bylo potřeba měřit koncentrace kovů delší období. Ze srovnání je patrné, že v případě kadmia měří vyšší koncentrace Halenkov, v případě niklu pak zase lokalita Vsetín. V případě arsenu a olova jsou koncentrace podobné, liší se výrazněji vždy v jeden odběrový den. Přesto lze i na základě hodnocení kvality ovzduší v ČR odhadovat, že imisní limity se zde opravdu nepřekračují [17].



Obr. 64 – Relativní zastoupení jednotlivých kovů, Vsetín, 25. 11. – 6. 12. 2019



Obr. 65 – Koncentrace legislativou sledovaných kovů, lokalita Vsetín a Halenkov, 25. 11. – 6. 12. 2019

4.9 ORGANICKÉ POLUTANTY – PERSISTENTNÍ ORGANICKÉ POLUTANTY (POPs)

Do skupiny POPs zařazujeme polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), polychlorované bifenyly (PCBs), organochlorové pesticidy (OCPs) a polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany (PCDDs/Fs). Hlavním důvodem jejich sledování je prokázané široké spektrum toxických a genotoxických účinků těchto látek. Tyto látky jsou široce rozšířeny v prostředí, byly detekovány ve všech jeho složkách a patří mezi nejstabilnější organické polutanty v terestrickém prostředí. Některé z nich jako například PAH či PCDDs/Fs jsou v určitém malém množství přirozenou součástí prostředí. Koncentrace POPs začaly růst od průmyslové revoluce, především díky zvyšujícímu se využívání spalovacích a termických průmyslových procesů využívajících především fosilních paliv a zvýšenému užívání pesticidů v celé škále odvětví. Jejich koncentrace závisí na blízkosti bodových zdrojů, ale vyskytují se i v odlehlých oblastech, kam se dostávají dálkovým transportem. Obecně jsou POPs v životním prostředí nebezpečné proto, že jsou silně rezistentní proti degradacím (chemickým i biologickým) a mají nepolární molekuly kumulující se v tukových tkáních a tím pádem dochází k silnému bioobohacování v trofických sítích.

Chování POPs v prostředí tím i jejich nebezpečnost lze charakterizovat zejména pěti environmentálně-chemickými parametry.

1. Rozpustnost ve vodě WS (mg.l^{-1}). Čím je její hodnota nižší, tím je látka hydrofobnější a lipofilnější, tím má větší tendenci kumulovat se v půdním prostředí a v živých organismech.
2. Těkání vyjádřené hodnotou Henryho konstanty (H v $\text{Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}$). Čím je hodnota H vyšší, tím je látka těkavější, má vyšší tendenci přejít z půdního prostředí do atmosféry.
3. Rozdělovací koeficient n-oktanol-voda (Kow) představující míru tendence látky kumulovat se v živých organismech. Hodnota $\log Kow$ v rozmezí 3-6 představuje látky s vysokou tendencí k bioakumulaci.
4. Sorpce na organický uhlík (půdní organickou hmotu) vyjádřená pomocí rozdělovacího koeficientu organický uhlík (v tuhé fázi) x voda (Koc). Hodnoty $\log Koc$ vyšší než 3 charakterizují látky silně se sorbující v půdním prostředí, dlouhodobě v něm přítomné, ovšem také méně biodostupné.
5. Environmentální persistence vyjádřená pomocí poločasu života ($t_{1/2}$). V případě půdního prostředí se používá například označení $t_{1/2}(S)$ (poločas života polutantu v půdním prostředí).

Polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD) a polychlorované dibenzofurany (PCDF) jsou v různé míře chlorované tricyklické aromatické uhlovodíky, jejichž přítomnost v životním prostředí je vzhledem k velmi vysoké toxicitě považována za významný ekologický problém. Vznikají jako vedlejší produkt při různých antropogenních činnostech, zejména však ze spalovacích procesů, nejčastěji spalováním komunálního odpadu. Z tohoto důvodu jsou typickým ukazatelem spalování odpadu v lokálních topeništích. Mají také výrazný sezonní chod, tzn. v topné sezoně jsou koncentrace vyšší, v netopné naopak nižší. Dioxiny (triviální název pro PCDD a PCDF) lze stanovit dvěma způsoby – aktivní nebo pasivní metodou. Pasivní metoda je vhodná ke sledování pozadí na dané lokalitě, jedná se v podstatě o dlouhodobý (min. měsíční) odběr pomocí pasivních dozimetrů. Dioxiny se zachytávají na PUFu pomocí difuze. Aktivní způsob probíhá 24hodin a jedná se o odběr ovzduší pomocí vysokoobjemových vzorkovačů zachycením na filtr a PUF zároveň. Výsledky obou typů odběrů pak získáváme ve specializované akreditované laboratoři.

Výsledky odběrů jsou uvedeny v následujících tabulkách na Obr. 66 a Obr. 67.

	I - TEF	Koncentrace PCDD/F		Koncentrace PCDD/F	
		vz. č. 2354		vz. č. 2354	
		[fg/m3.]		[fgTEQ/m3.]	
				PMS = 0	PMS = (LOD)
2378TCDD	1	< 31		PMS	31.0
12378PeCDD	0.5	41.4		20.7	20.7
123478HxCDD	0.1	< 16		PMS	1.60
123678HxCDD	0.1	< 19		PMS	1.90
123789HxCDD	0.1	43.2		4.32	4.32
1234678HpCDD	0.01	423		4.23	4.23
OCDD	0.001	678		0.678	0.678
TCDD		4379			
PeCDD		1775			
HxCDD		1518			
HpCDD		2075			
Suma PCDD		10 426		29.9	64.4
2378TCDF	0.1	< 41		PMS	4.10
12378PeCDF	0.05	< 33		PMS	1.65
23478PeCDF	0.5	78.4		39.2	39.2
123478HxCDF	0.1	< 72		PMS	7.20
123678HxCDF	0.1	< 66		PMS	6.60
234678HxCDF	0.1	< 56		PMS	5.60
123789HxCDF	0.1	1454		145	145
1234678HpCDF	0.01	225		2.25	2.25
1234789HpCDF	0.01	< 60		PMS	0.600
OCDF	0.001	410		0.410	0.410
TCDF		12 745			
PeCDF		2 051			
HxCDF		7 345			
HpCDF		4 547			
Suma PCDF		27 097		187	213
Suma PCDD/F		37 523		217	277

PMS - pod mezí stanovitelnosti

LOD - mez detekce - uvedena v tabulce jako hodnota <

Hodnota TEQ je dána součtem hodnot koncentrací jednotlivých PCDD/F vynásobených hodnotou I-TEF (mezinárodní faktor toxicity).

Pokud je koncentrace pod mezí stanovitelnosti, je do hodnoty TEQ počítána 0 nebo LOD.

Hodnoty I-TEFpro PCDD/F použity podle ČSN EN 1948-1.

Obr. 66 – Výsledky měření POPs, lokalita Vsetín, 25. 11. 2019

	I - TEF	Koncentrace PCDD/F	Koncentrace PCDD/F	
		vz. č. 2355	vz. č. 2355	
		[fg/m3.]	[fgTEQ/m3.]	
			PMS = 0	PMS = (LOD)
2378TCDD	1	< 23	PMS	23.0
12378PeCDD	0.5	< 29	PMS	14.5
123478HxCDD	0.1	< 22	PMS	2.20
123678HxCDD	0.1	< 22	PMS	2.20
123789HxCDD	0.1	26.7	2.67	2.67
1234678HpCDD	0.01	310	3.10	3.10
OCDD	0.001	630	0.630	0.630
TCDD		2620		
PeCDD		544		
HxCDD		1921		
HpCDD		1176		
Suma PCDD		6 892	6.40	48.3
2378TCDF	0.1	< 37	PMS	3.70
12378PeCDF	0.05	< 36	PMS	1.80
23478PeCDF	0.5	< 40	PMS	20.0
123478HxCDF	0.1	< 62	PMS	6.20
123678HxCDF	0.1	< 69	PMS	6.90
234678HxCDF	0.1	90.2	9.02	9.02
123789HxCDF	0.1	611	61.1	61.1
1234678HpCDF	0.01	< 130	PMS	1.30
1234789HpCDF	0.01	< 64	PMS	0.640
OCDF	0.001	127	0.127	0.127
TCDF		3 293		
PeCDF		1 742		
HxCDF		2 670		
HpCDF		3 855		
Suma PCDF		11 687	70.3	111
Suma PCDD/F		18 579	76.7	159

PMS - pod mezí stanovitelnosti

LOD - mez detekce - uvedena v tabulce jako hodnota <

Hodnota TEQ je dána součtem hodnot koncentrací jednotlivých PCDD/F vynásobených hodnotou I-TEF (mezinárodní faktor toxicity).

Pokud je koncentrace pod mezí stanovitelnosti, je do hodnoty TEQ počítána 0 nebo LOD.

Hodnoty I-TEF pro PCDD/F použity podle ČSN EN 1948-1.

Obr. 67 – Výsledky měření POPs, lokalita Vsetín, 2. 12. 2019

Zjištěné koncentrace PCDD/F v lokalitě Vsetín jsou typické pro zimní období spíše v znečištěnějších oblastech České republiky. Pro stanovení dlouhodobějšího trendu by bylo třeba provést větší počet měření. Pro tyto látky není legislativou stanovený žádný imisní limit, proto lze porovnat změřené koncentrace pouze s ostatními lokalitami v republice, kde se tyto látky stanovují.

5 ZÁVĚRY

- Vývoj průměrných denních koncentrací **PM₁₀**, **PM_{2,5}** a **PM₁** odpovídá se vyvíjí zejména v závislosti na lokálních zdrojích (denní chod) a meteorologických podmínkách (vývoj koncentrací). Vývoj koncentrací v lokalitě Vsetín byl obdobný se souběžně běžící kampaní v lokalitě Halenkov, koncentrace v lokalitě Vsetín však byly mírně nižší. Z hlediska meteorologických podmínek ovlivňují vývoj koncentrací zejména rychlost větru a teplota a s nimi spojené faktory – zejména vytápění v lokálních topeništích. Maximální koncentrace všech frakcí suspendovaných částic byly měřeny ve večerních a nočních hodinách po zatopení.
- Koncentrace **oxidů dusíku** souvisí zejména s dopravou. Zvýšené koncentrace v rámci denního chodu tak byly pozorovány během ranní a odpolední dopravní špičky. I tak byly koncentrace nízké. Okolo poledne dochází k poklesu koncentrací NO₂ také díky reakci této látky při tvorbě přízemního ozónu. V ranních hodinách mohou být měřeny zvýšené koncentrace NO, zejména při nízkých rychlostech větru a vyšší vlhkosti vzduchu (mlha). Ze srovnání koncentrací NO₂ s lokalitou Halenkov vyplývá, že měřené koncentrace v lokalitě Vsetín jsou obdobné, většinu kampaně mírně vyšší.
- Koncentrace oxidu siřičitého **SO₂** jsou celorepublikově velmi nízké, pod hodnotou dolní meze pro posuzování, což řečí legislativy znamená, že stačí pouze minimální počet měření a modelování. Nejinak tomu je i v lokalitě Vsetín. Naměřené hodnoty jsou zde velmi nízké, z hlediska denního chodu téměř neměnné. I tato škodlivina je tedy spojena zejména s vytápěním a lokálními topeništi. Ze srovnání s lokalitou Halenkov vyplynulo, že nižší koncentrace měří lokalita Vsetín.
- Vysoké koncentrace přízemního ozónu **O₃** jsou měřeny převážně v letních dnech s vysokými teplotami a dlouhým časem slunečního svitu přes den. V zimě jsou koncentrace naopak nízké. To potvrdila i měření v lokalitě Vsetín. Naměřené hodnoty byly téměř totožné s těmi, naměřenými v lokalitě Halenkov.
- Koncentrace **benzo[*a*]pyren** přesáhly v rámci denního měření hodnotu imisního limitu pro **průměrnou roční koncentraci** pouze jednou. Vyšší hodnoty nejsou v topné sezóně neobvyklé. K rozhodnutí, zdali lokalita Vsetín překračuje či nepřekračuje imisní limit, by bylo potřeba měřit celoročně.
- Koncentrace **benzenu** ani jeden den nepřesáhly hodnoty imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci benzenu. Nepředpokládá se, že by koncentrace benzenu v lokalitě Vsetín překročily imisní limit. Koncentrace VOC jsou závislé na meteorologických podmínkách, zejména teplotě.
- Koncentrace legislativou sledovaných **kovů** nedosahovaly hodnot imisních limitů pro průměrné roční koncentrace jednotlivých prvků. K překračování imisních limitů by v této

lokalitě s velkou pravděpodobností nedocházelo. Z hlediska dalších prvků se na složení nejvíce podílely železo a hliník.

- Zjištěné koncentrace **PCDD/F** v lokalitě Vsetín jsou typické pro zimní období spíše ve znečištěnějších oblastech České republiky.

6 CITOVANÁ LITERATURA

- [1] Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů, 2012 - 2017, MŽP, 2012.
- [2] 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. [Přístup získán 2019].
- [3] U. EPA, „Particulate Matter (PM) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/pm-pollution>.
- [4] J. Keder, „Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátoru Grimm,“ v *Ovzduší 2007*, Brno, 2007.
- [5] USEPA, „Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/no2-pollution>.
- [6] P. WARNECK, *Chemistry of the natural atmosphere*, San Diego: Academic Press: ISBN 0-12-735632-0, 2000.
- [7] European Commission, „Position paper on air quality: nitrogen dioxide,“ 1997.
- [8] WHO, „Air quality guidelines for Europe, Second Edition,“ *WHO Regional Publications, European Series*, sv. No. 91, 2000.
- [9] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky,“ 2014. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.
- [10] 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.
- [11] J. Fiala a D. Závodský, „Chemické aspekty znečištěného ovzduší – troposférický ozon,“ v *Kompendium ochrany kvality ovzduší*, Praha, 2003.
- [12] I. Colbeck a A. R. Mackenzie, „Air Pollution by photochemical oxidants,“ *Air Quality Monographs*, č. Elsevier. ISBN 0-444-88542-0, 1994.
- [13] Arnika, „Oxid uhelnatý,“ [Online]. Available: <https://arnika.org/oxid-uhelnaty>.
- [14] EEA, „Air quality in Europe — 2016 report,“ 2016. [Online]. Available: https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at_download/file.
- [15] IARC, „List of classifications by alphabetical order. Agents Classified by the IARC Monographs,“ [Online]. Available: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>.
- [16] ČHMÚ, „Grafická ročenka 2017,“ Český hydrometeorologický ústav, 2018. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah_CZ.html.
- [17] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky 1996 - 2015,“ 12 2016. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.

- [18] *Vyhláška č. 330/2012 Sb. o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích*, Praha, 2012.
- [19] ČHMÚ, „Průměrné koncentrace za roky 2011-2015, Jihomoravský kraj,“ 2016. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/ozko/15petileti/png/jihomoravsky_CZ.html.
- [20] ČHMÚ, „Pětileté průměrné koncentrace podle zákona o ochraně ovzduší 201/2012 Sb., §11, odst. 5 a 6,“ 2016. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/ozko/ozko_CZ.html.
- [21] 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>.
- [22] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky,“ 1996 - 2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.
- [23] ČHMÚ, „Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší,“ 2010-2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance_CZ.html.
- [24] M. VOJTÍŠEK, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovaných v městských aglomeracích,“ *Konference ČAS 2010. Sborník konference.*, č. ISBN: 978-80-86186-25-2, 2010.
- [25] A. Bufka a MPO, „Malá spalovací zařízení na pevná paliva pro domácnosti,“ 2011. [Online]. Available: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/48322/54476/600290/priloha001.pdf>.

Příloha: Zpráva autorizované skupiny Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě z měření pachových látek – lokalita Vsetín