
ROČNÍ ZPRÁVA Z MĚŘENÍ V LOKALITĚ JIHLAVA – AUTOMOTIVE LIGHTING

Rok 2018



ENVitech Bohemia, s.r.o.

8. leden 2019

OBSAH

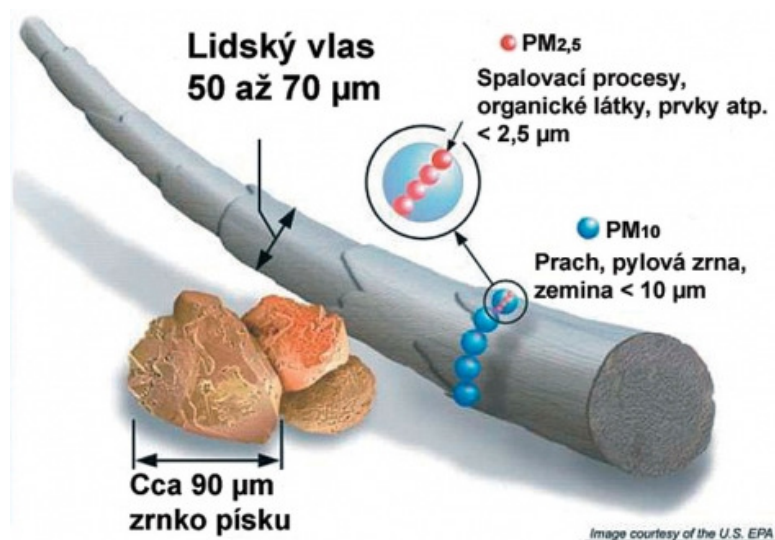
1	Měřené škodliviny, Imisní limity a emise.....	5
1.1	Charakteristika měřených škodlivin	5
1.1.1	Suspendované částice PM ₁₀ a PM _{2,5}	5
1.1.2	Oxid dusičitý	6
1.2	Imisní limity pro sledované látky.....	6
1.3	Původ znečištění - emise	7
1.3.1	Emise tuhých látek.....	7
1.3.2	Emise oxidů dusíku (NO _x).....	9
2	Průměrné roční koncentrace a jejich vývoj.....	10
3	Vývoj průměrných měsíčních koncentrací.....	13
4	Průměrné denní koncentrace v roce 2018	19
4.1	Počet překročení hodnoty imisního limitu pro denní koncentraci PM ₁₀	20
4.2	Průměrný denní chod hodinových koncentrací jednotlivých škodlivin	22
5	Větrné a koncentrační růžice	25
5.1	Suspendované částice PM ₁₀	26
5.2	Suspendované částice PM _{2,5}	29
5.3	Oxid dusičitý NO ₂	32
6	Závěry	35
7	Citovaná literatura.....	36

1 MĚŘENÉ ŠKODLIVINY, IMISNÍ LIMITY A EMISE

1.1 CHARAKTERISTIKA MĚŘENÝCH ŠKODLIVIN

1.1.1 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM₁₀ A PM_{2,5}

Suspendované částice PM₁₀ jsou částice s maximální velikostí aerodynamického průměru 10 μm, částice PM_{2,5} pak mají aerodynamický průměr maximálně 2,5 μm. Tyto částice pronikají do dolních partií dýchacích cest (thorakální částice). O jaké částice se velikostně jedná, ukazuje následující Obr. 1.



Obr. 1 – Srovnání velikostí částic PM₁₀ a PM_{2,5} s zrnky písku či lidským vlasem, zdroj: US EPA

Částice o větší velikosti se zachycují v horních cestách dýchacích, do plic nepronikají a jejich koncentrace se proto neměří. Pozornost se naopak zaměřuje k čím dál menším částicím, protože platí, že čím menší průměr částice, tím dále se v lidském těle dostane a tím je pro člověka nebezpečnější. Negativní zdravotní účinky PM₁₀ a PM_{2,5} se projevují již při velmi nízkých koncentracích bez zřejmé spodní hranice bezpečné koncentrace. Zdravotní rizika částic ovlivňuje jejich koncentrace, velikost, tvar a chemické složení. Mohou se podílet na snížení imunity, mohou způsobovat zánětlivá onemocnění plicní tkáně a oxidativní stres organismu. Při chronickém působení mohou způsobovat respirační onemocnění a snižovat funkci plic.

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

1.1.2 OXID DUSIČITÝ

Expozice zvýšeným koncentracím oxidu dusičitého ovlivňuje plicní funkce a způsobuje snížení imunity. 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. 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.

V Evropě vznikají emise oxidů dusíku (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 [1].

K překročení ročního imisního limitu NO₂ dochází pouze na omezeném počtu stanic, a to na dopravně exponovaných lokalitách aglomerací a velkých měst. Lze předpokládat, že k překročení imisních limitů může docházet i na dalších dopravně exponovaných místech, kde není prováděno měření.

1.2 IMISNÍ LIMITY PRO SLEDOVANÉ LÁTKY

Základní právní normou upravující hodnocení kvality ovzduší v České republice je zákon o ochraně ovzduší [2]. V následující Tab. 1 jsou zobrazeny imisní limity pro ochranu zdraví lidí, imisní limity pro celkový obsah znečišťující látky v částicích PM₁₀ pro ochranu zdraví lidí a imisní limity pro troposférický ozón. Kromě samotných imisních limitů tabulky uvádí také přípustnou četnost překročení za kalendářní rok (je-li stanovena), horní mez pro posuzování (UAT) a dolní mez pro posuzování (LAT). Pokud jsou v území překračovány hodnoty horní meze pro posuzování, je pro hodnocení kvality ovzduší nutné koncentrace měřit stacionárním měřením. V případě, že jsou nižší než dolní mez pro posuzování, postačuje pro posuzování úrovně znečištění výpočet pomocí modelu. V případě koncentrací mezi dolní a horní mezí pro posuzování se používá kombinace měření a výpočtu. Horní a dolní meze pro posuzování jsou uvedeny v imisní vyhlášce [3]. Poslední sloupec (pLV) v Tab. 1 zobrazuje maximální povolený počet překročení limitní hodnoty (LV) za kalendářní rok.

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

ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKA	DOBA PRŮMĚROVÁNÍ	IMISNÍ LIMIT LV	UAT	LAT	PLV
PRAŠNÝ AEROSOL PM ₁₀	24 hodin	50 µg*m ⁻³	35 µg*m ⁻³	25 µg*m ⁻³	35
PRAŠNÝ AEROSOL PM ₁₀	1 kalendářní rok	40 µg*m ⁻³	28 µg*m ⁻³	20 µg*m ⁻³	
PRAŠNÝ AEROSOL PM _{2,5}	1 kalendářní rok	25 µg*m ⁻³	17 µg*m ⁻³	12 µg*m ⁻³	
OXID DUSIČITÝ NO ₂	1 hodina	200 µg*m ⁻³	140 µg*m ⁻³	100 µg*m ⁻³	18
OXID DUSIČITÝ NO ₂	1 kalendářní rok	40 µg*m ⁻³	32 µg*m ⁻³	26 µg*m ⁻³	

Imisní limit pro PM_{2,5} bude od roku 2020 zpřísněn na 20 µg*m⁻³. [4]

1.3 PŮVOD ZNEČIŠTĚNÍ – EMISE

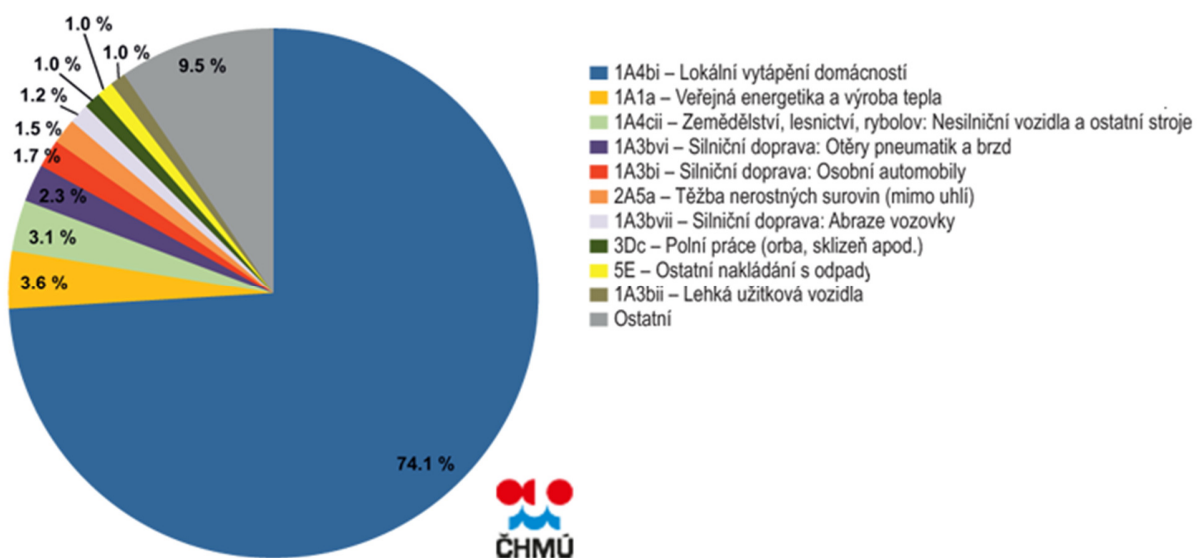
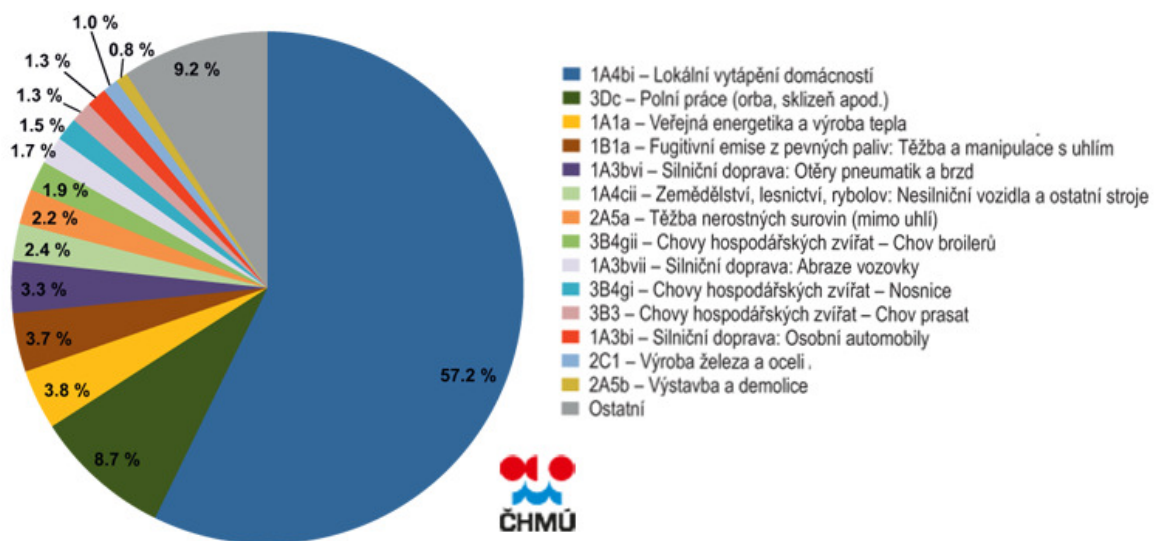
Tato kapitola je věnována emisím tuhých znečišťujících látek a oxidů dusíku do ovzduší. Zdrojem dat je databáze REZZO (registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší) spravované ČHMÚ. Kromě zdrojů uvedených v databázi (antropogenních) však v této kapitole budou diskutovány také neantropogenní zdroje, které se také podílí na znečišťování ovzduší.

1.3.1 EMISE TUHÝCH LÁTEK

Částice obsažené ve vzduchu lze rozdělit na primární a sekundární. Primární částice jsou emitovány přímo do atmosféry, ať již z přírodních (např. sopečná činnost, pyl nebo mořský aerosol) nebo z antropogenních zdrojů (např. spalování paliv ve stacionárních i mobilních zdrojích, otěry pneumatik, brzd a vozovek). Sekundární částice jsou převážně antropogenního původu a vznikají v atmosféře ze svých plynných prekurzorů SO_2 , NO_x , NH_3 a VOC procesem nazývaným konverze plyn-částice. Z důvodu různorodosti emisních zdrojů mají suspendované částice různé chemické složení a různou velikost.

Emisní inventury částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ 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 (znovuzvíření), která do standardně prováděných emisních inventur není zahrnuta.

Mezi hlavní zdroje emisí PM_x v roce 2016 patřil sektor 1A4bi-Lokální vytápění domácností, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami PM_{10} 57,2 % a $\text{PM}_{2,5}$ 74,1 %. Mezi další významné zdroje emisí PM_{10} patří 3Dc-Polní práce, kde tyto emise vznikají při zpracování půdy, sklizni a čištění zemědělských plodin. Tento sektor představoval 8,7 % 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 nm [5]. Sektory 1A3biii-Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 tuny a 1A3bi-Silniční doprava: Osobní automobily se na emisích PM_{10} podílely 10,6 % a na emisích $\text{PM}_{2,5}$ 10,9 %. (Obr. 2) [6].



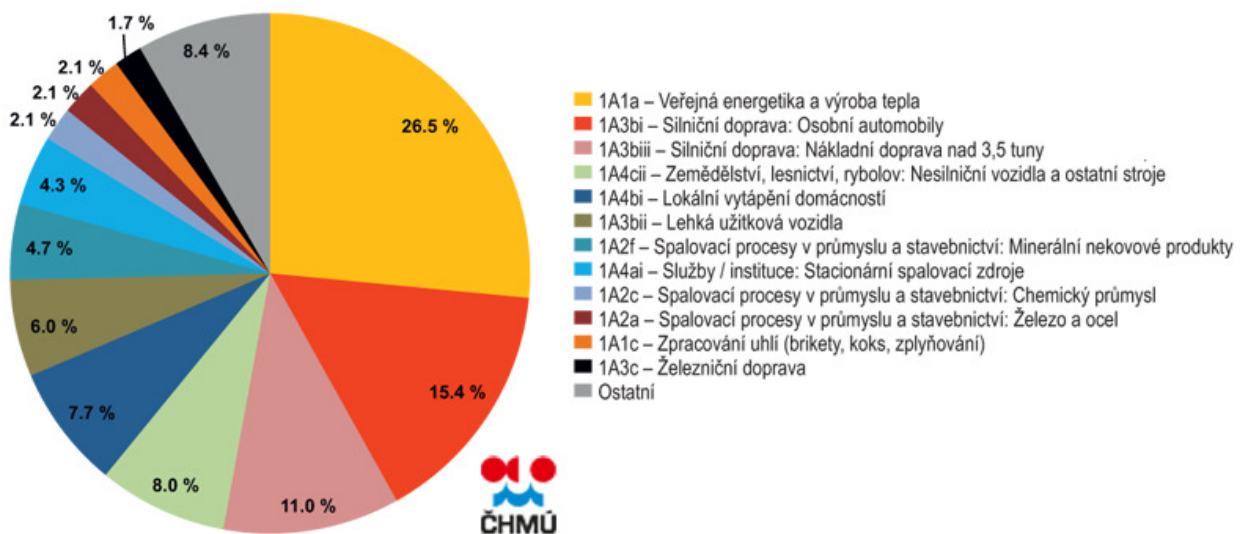
Obr. 2 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM₁₀ (nahore) a PM_{2,5} (dole) v ČR v roce 2016 [6]

1.3.2 EMISE OXIDŮ DUSÍKU (NO_x)

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 [7]. 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.

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 [8].

Největší množství emisí NO_x pochází z dopravy. Sektory 1A3biii – Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 t, 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily a 1A4cii – Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje se na celorepublikových emisích NO_x v roce 2016 podílely 40,4 %. V sektoru 1A1a- Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší vneseno 26,5 % emisí NO_x (Obr. 3) [6].



Obr. 3 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO_x v ČR, rok 2016 [6]

2 PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE A JEJICH VÝVOJ

Statistické ukazatele měřených škodlivin a meteorologických podmínek ukazuje následující Tab. 2. Z průměrných hodnot je patrné, že v roce 2018 nedošlo k překročení žádného z imisních limitů pro průměrnou roční koncentraci jednotlivých škodlivin. Průměrné hodnoty jednotlivých škodlivin jsou graficky znázorněny na Obr. 4.

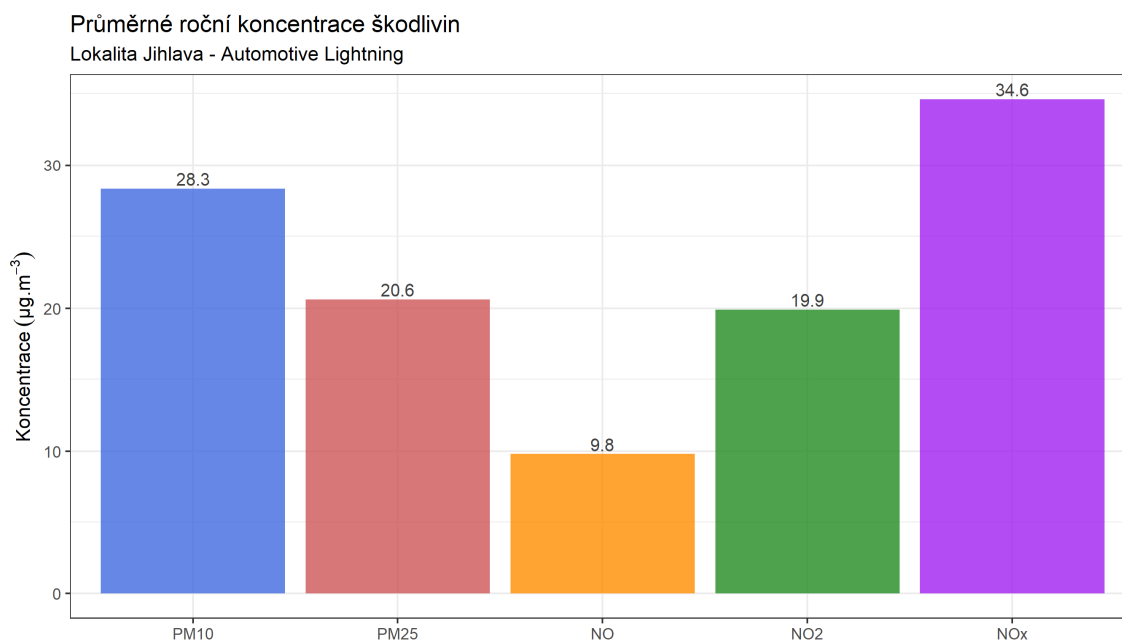
Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci **PM₁₀** má hodnotu $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, naměřená hodnota se tak pohybuje na úrovni 70 % hodnoty imisního limitu.

Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci **PM_{2,5}** má hodnotu $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, naměřená hodnota se tak pohybuje na úrovni 82 % hodnoty imisního limitu. Avšak od roku 2020 bude platit zpřísněný imisní limit pro tuto škodlivinu, který by vzhledem k naměřené hodnotě mohl být v této lokalitě překračován.

Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci **NO₂** má hodnotu $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, naměřená hodnota se tak pohybuje na úrovni 50 % hodnoty imisního limitu.

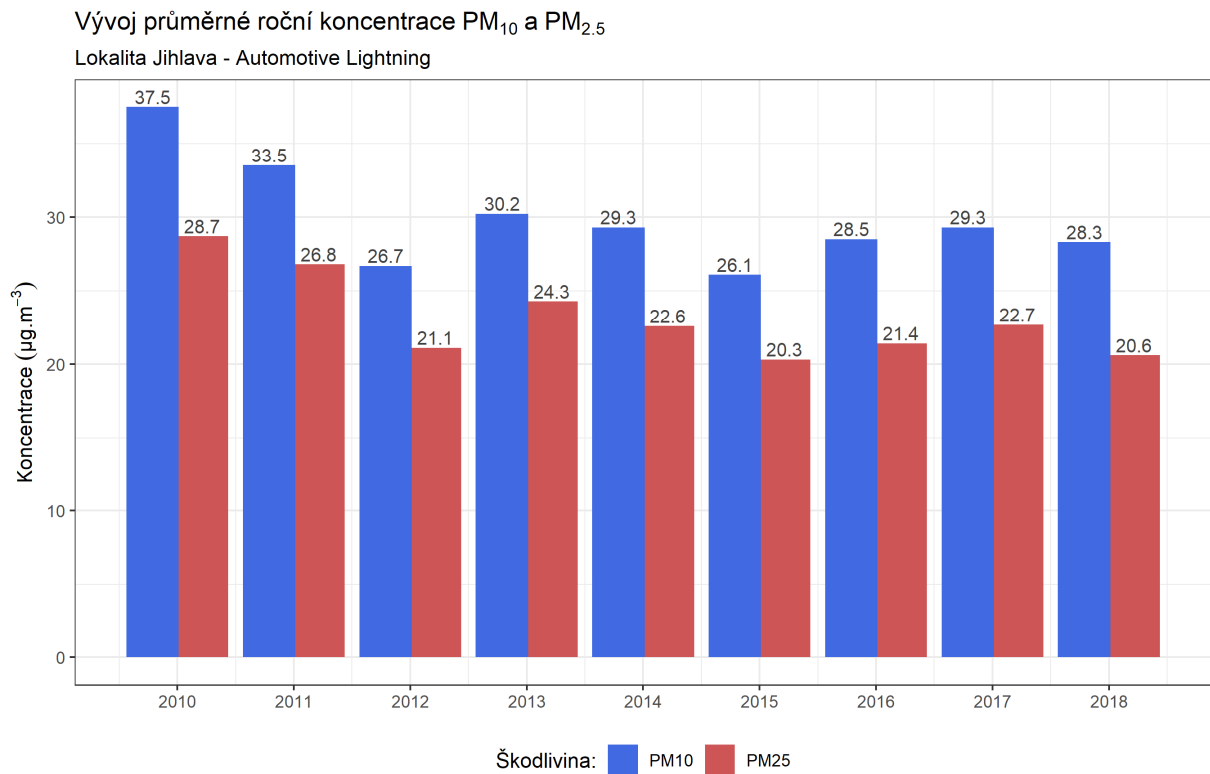
Tab. 2 – Statistické ukazatele měřených hodinových škodlivin a meteorologických prvků, rok 2018

STATISTIKA	PM10	PM25	NO	NO2	NOX	WS	H	T
PRŮMĚŘ	28,3	20,6	9,8	19,9	34,6	1,1	77,4	9
MEDIÁN	23,1	15,9	1,8	14,4	17,1	0,9	82,7	9,5
MINIMUM	1,9	0,2	0	0	0	0	19	-18,9
MAXIMUM	763,3	524,6	398,9	114,3	722,8	5,6	97,8	35



Obr. 4 – Průměrné roční koncentrace jednotlivých škodlivin v lokalitě Automotive Lightning, rok 2018

Následující graf na Obr. 5 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací PM₁₀ a PM_{2,5} od roku 2010. Z hodnot je patrné, že proti roku 2010 se situace postupně zlepšuje. Rovněž proti roku 2017 došlo v případě obou škodlivin k mírnému poklesu průměrných ročních koncentrací, avšak nejnižší hodnoty za celé měřené období zůstávají ty z roku 2015, což byl mimořádně teplý a příznivý rok.

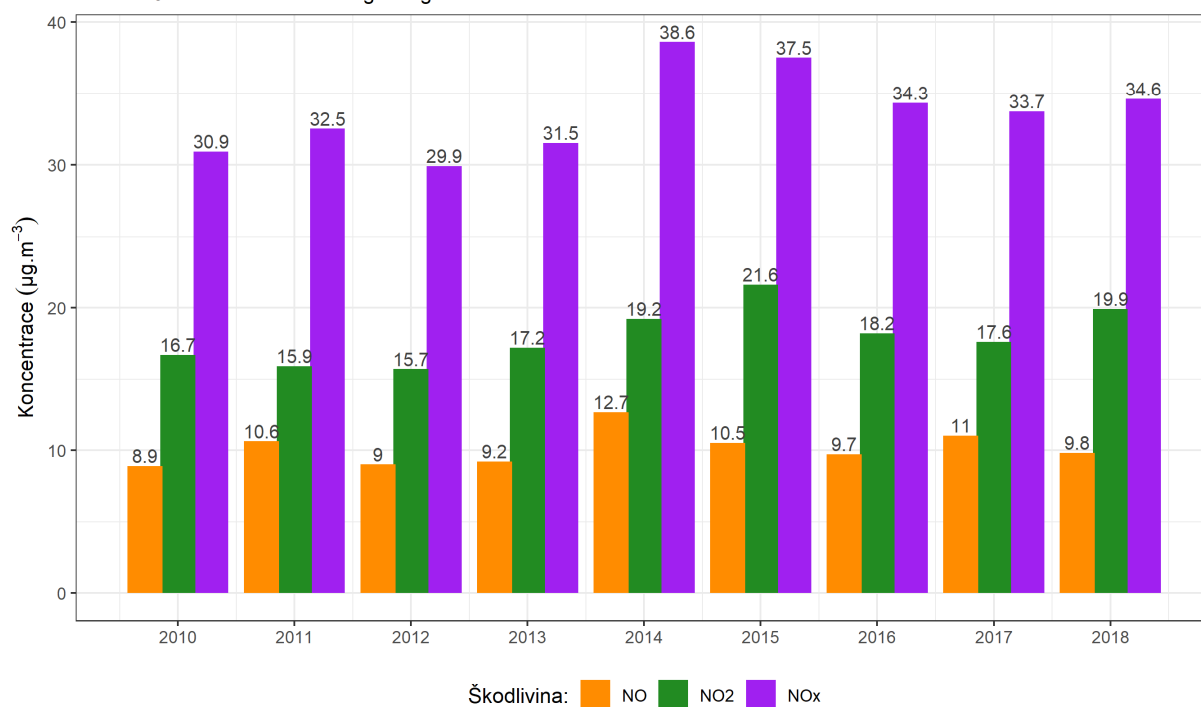


Obr. 5 – Vývoj průměrných ročních koncentrací PM₁₀ a PM_{2,5}, lokalita Automotive Lightning, 2010–2018

V případě koncentrací oxidů dusíku je tomu naopak. V roce 2015 byly naměřeny mírně vyšší hodnoty, než tomu bylo v ostatních letech. Koncentrace jsou v celém sledovaném období poměrně konstantní. Proti rokům 2016 a 2017 došlo v roce 2018 k mírnému nárůstu koncentrací legislativou sledovaného NO₂, avšak i tak se hodnoty stále pohybují kolem poloviny hodnoty imisního limitu. Grafické znázornění koncentrací oxidů dusíku je uvedeno na následujícím Obr. 6.

Vývoj průměrné roční koncentrace NO, NO₂ a NO_x

Lokalita Jihlava - Automotive Lightning



Obr. 6 – Vývoj průměrných ročních koncentrací NO, NO₂ a NO_x, lokalita Automotive Lightning, 2010–2018

3 VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH MĚSÍČNÍCH KONCENTRACÍ

Následující tabulka a grafy zobrazují vývoj průměrných měsíčních koncentrací jednotlivých škodlivin v roce 2018. Koncentrace suspendovaných částic i oxidů dusíku bývají zpravidla vyšší v zimních měsících, kdy jsou jednak zhoršené rozptylové podmínky a rovněž se na koncentracích podílí vytápění a lokální topeniště.

Tab. 3 – Vývoj průměrných měsíčních koncentrací škodlivin ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a meteorologických prvků – rychlosti větru w_s ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), relativní vlhkosti vzduchu h (%) a teploty vzduchu t ($^{\circ}\text{C}$). Průměry jsou vypočteny z hodinových hodnot.

MĚSÍC	PM10	PM25	NO	NO2	NOX	WS	H	T
LEDEN	32,8	27,9	6,3	15,7	24,9	1,5	82,2	-4,1
ÚNOR	43,1	33,5	10,7	24,8	40,5	1,2	81,5	-4,5
BŘEZEN	36,6	27,4	6,2	23,8	32,8	1,3	78,8	0,3
DUBEN	35,5	25,3	10,4	23,6	39,3	1,3	68,4	12,7
KVĚTEN	32,1	22,4	7,1	20,9	31,5	1,0	71,7	16,3
ČERVEN	28,0	19,0	5,3	16,0	24,1	1,1	76,1	17,6
ČERVENEC	18,7	11,3	7,0	18,8	29,3	0,9	66,5	19,7
SRPEN	20,2	12,2	10,2	20,4	35,9	0,7	64,6	21,0
ZÁŘÍ	19,8	11,9	13,5	21,0	41,5	0,8	78,1	14,6
ŘÍJEN	18,8	13,3	19,2	19,3	48,5	1,2	79,8	9,7
LISTOPAD	24,1	18,4	16,3	19,5	44,1	0,9	90,2	3,7
PROSINEC	31,7	26,1	5,8	14,9	23,3	1,5	91,0	0,2

Graficky jsou vývoje průměrných měsíčních koncentrací v roce 2018 zobrazeny na Obr. 7 pro suspendované částice PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$, a na Obr. 8 pro oxidy dusíku.

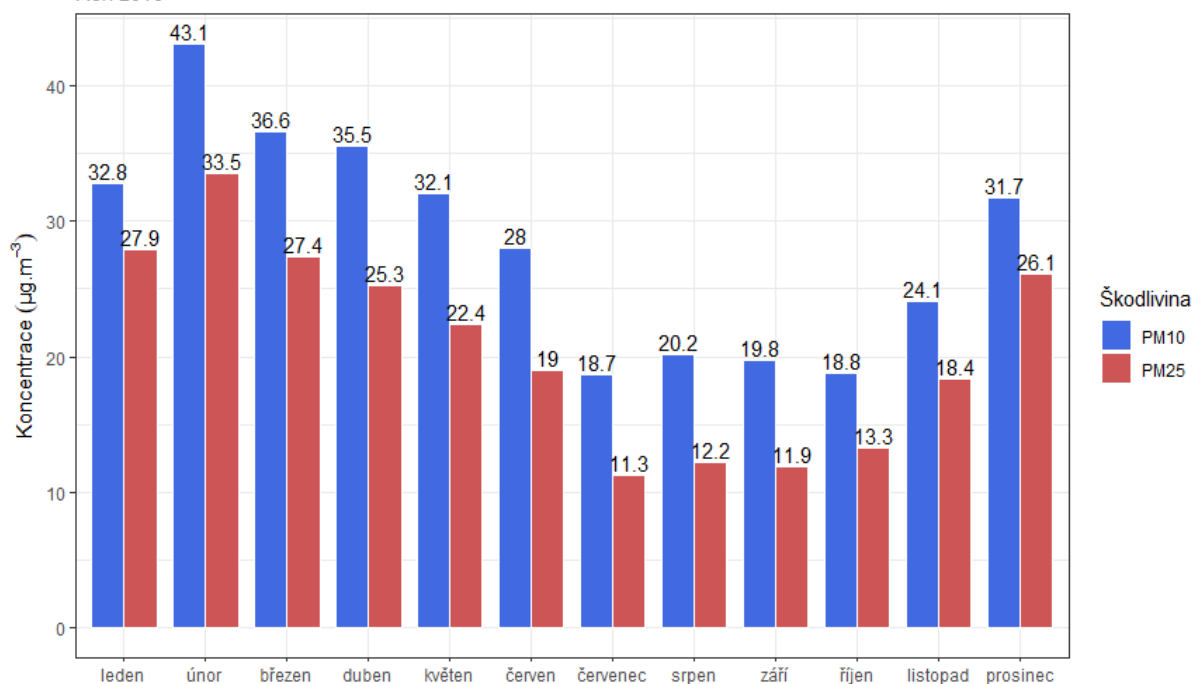
Z grafů je patrné, že vyšší koncentrace suspendovaných částic jsou měřeny především v topné sezóně, kdy se k ostatním zdrojům částic přidává ten nejvýznamnější – lokální topeniště. Naopak v letních měsících jsou koncentrace pouze nízké. Nejvyšší koncentrace PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$ byly naměřeny v únoru, nejnižší pak v červenci.

To v případě oxidů dusíku takto zřetelný vliv není, závisí spíše na lokálním ovlivnění dopravou, které se pak nejvíce odrazí v koncentracích NO. Nejvyšší koncentrace oxidů dusíku NO_x tak byly naměřeny v říjnu, kdy vzrostly právě koncentrace NO. Koncentrace NO_2 vznikají oxidací NO v atmosféře, jsou také připisovány vytápění. I proto jsou nejvyšší koncentrace NO_2 naměřeny v topné sezóně, konkrétně v únoru. V létě jsou koncentrace spíše nižší, na poklesu koncentrací NO_2 se podílí i fotochemické procesy v atmosféře vedoucí k tvorbě přízemního ozónu.

Vliv meteorologických podmínek (Obr. 9) na průměrné měsíční koncentrace pak dokumentují grafy na Obr. 10 - Obr. 15. Je patrné, že teplota a s ní spojené vytápění má výrazný vliv na koncentrace suspendovaných částic.

Vývoj průměrných měsíčních koncentrací suspendovaných částic

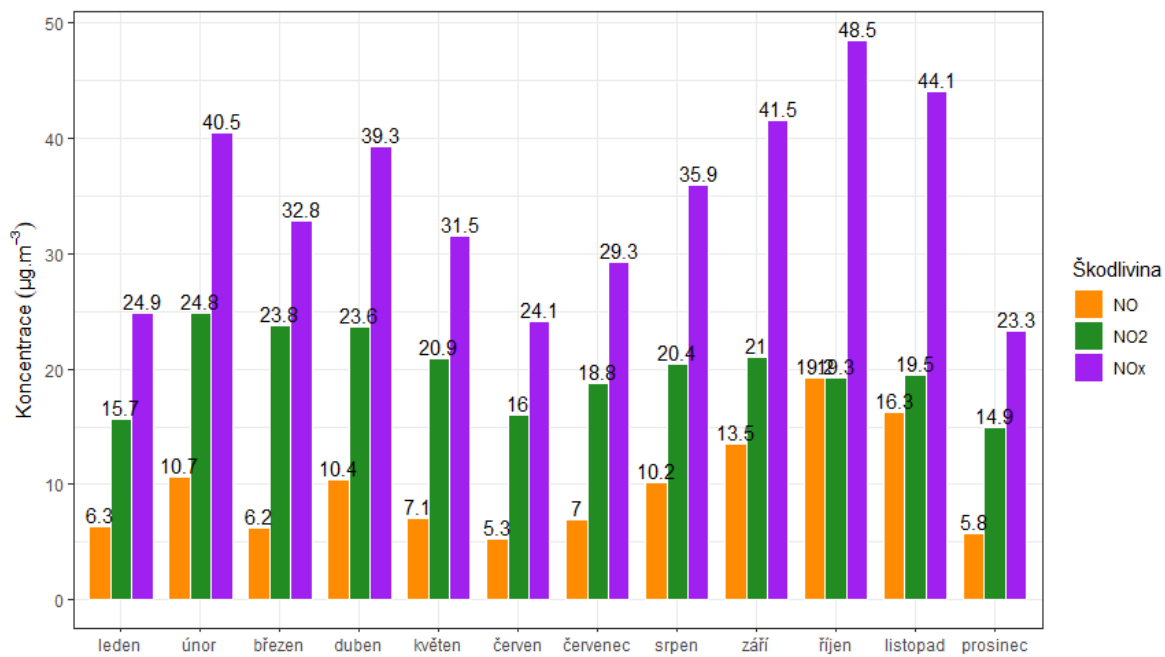
Rok 2018



Obr. 7 – Vývoj průměrných měsíčních koncentrací suspendovaných částic

Vývoj průměrných měsíčních koncentrací oxidů dusíku

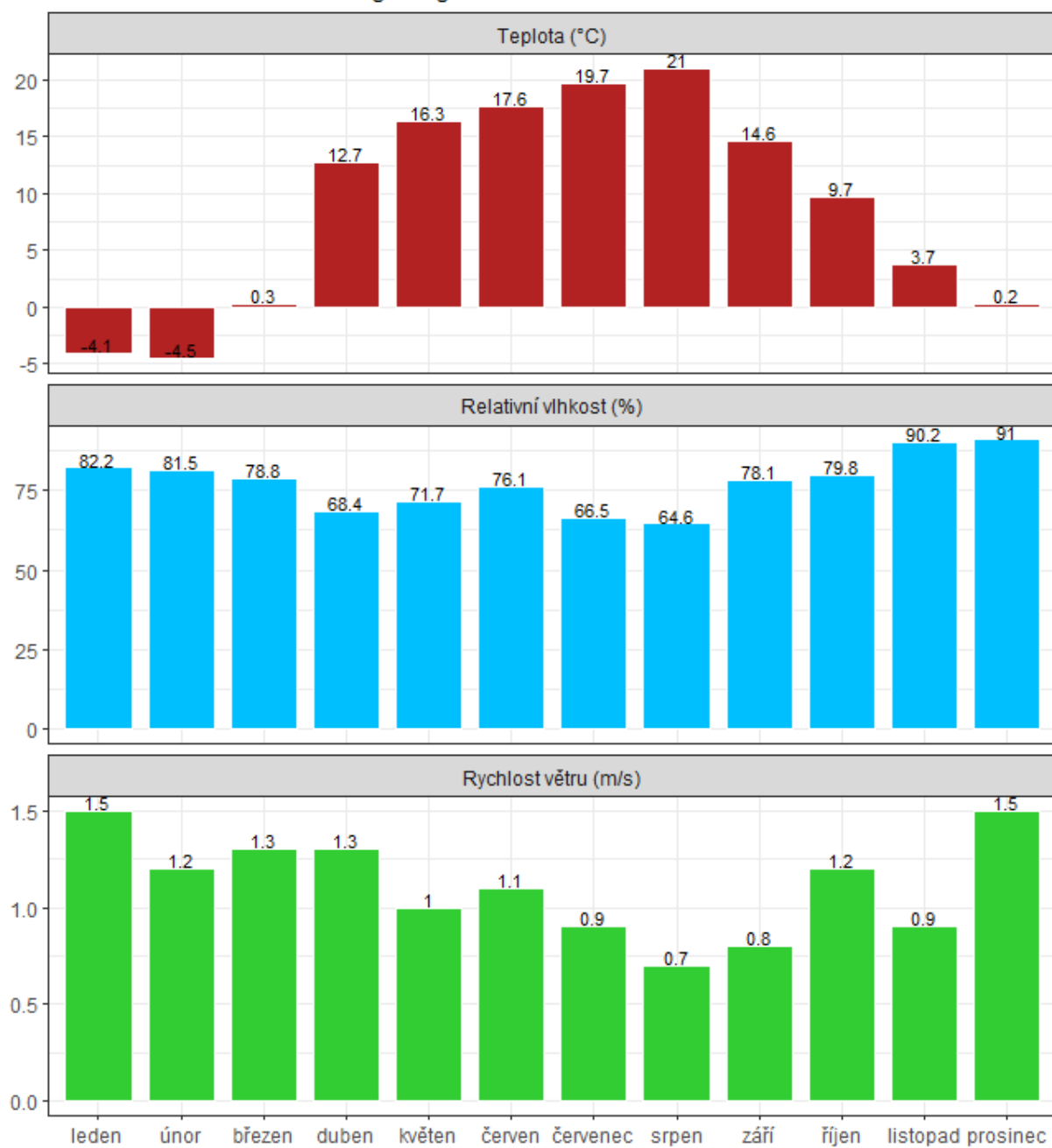
Rok 2018



Obr. 8 – Vývoj průměrných měsíčních koncentrací oxidů dusíku

Průměrné měsíční hodnoty meteorologických veličin

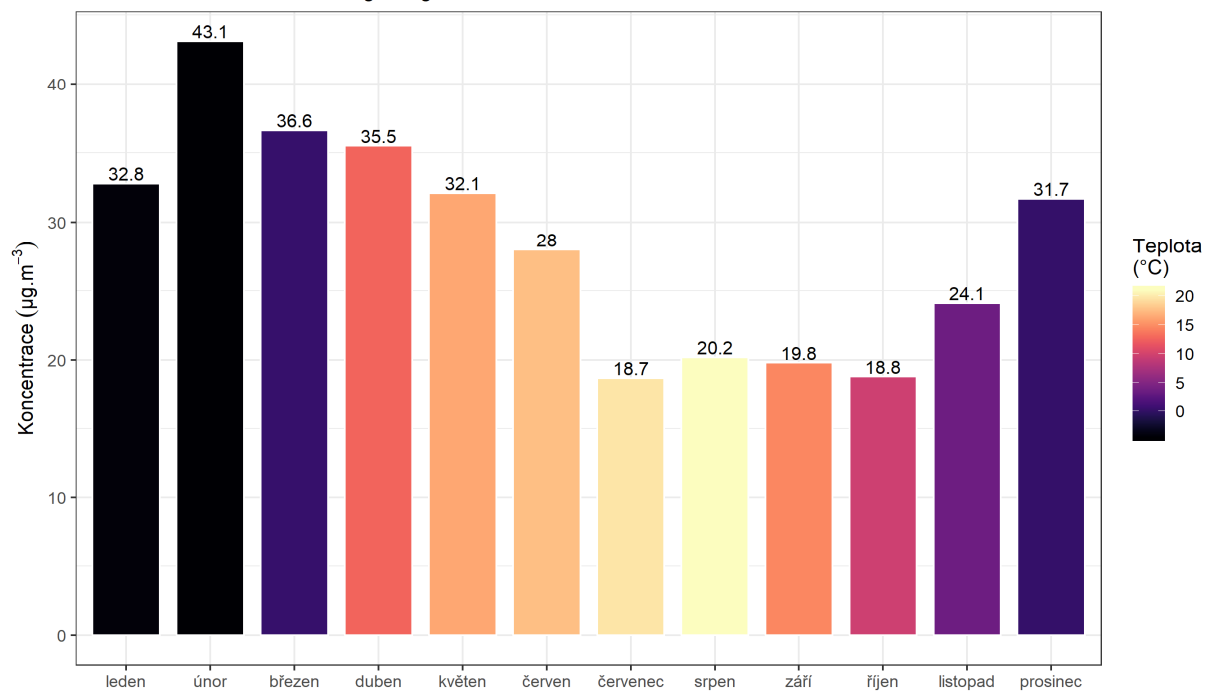
Lokalita Jihlava - Automotive Lightning



Obr. 9 – Průměrné měsíční hodnoty měřených meteorologických veličin, lokalita Automotive Lightning, rok 2018

Závislost průměrné měsíční koncentrace PM₁₀ na teplotě

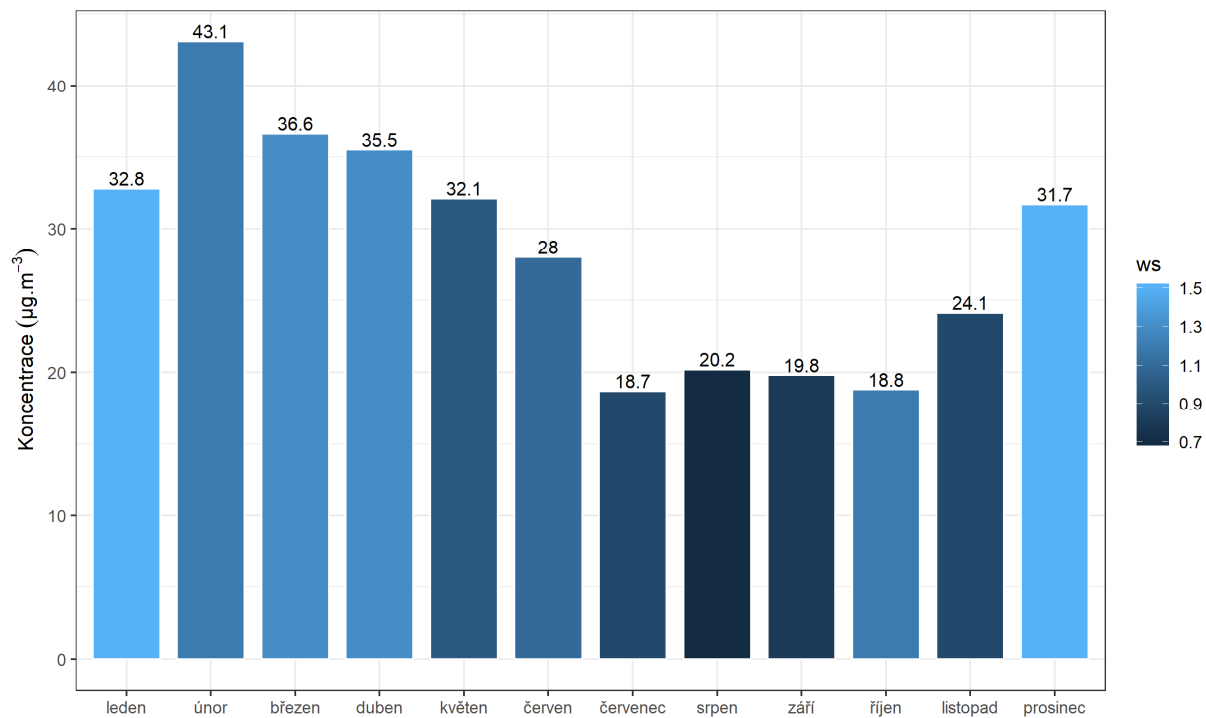
Lokalita Jihlava - Automotive Lighting



Obr. 10 – Vliv průměrné měsíční teploty na průměrné měsíční koncentrace PM₁₀, Automotive Lighting, 2018

Závislost průměrné měsíční koncentrace PM₁₀ na rychlosti větru

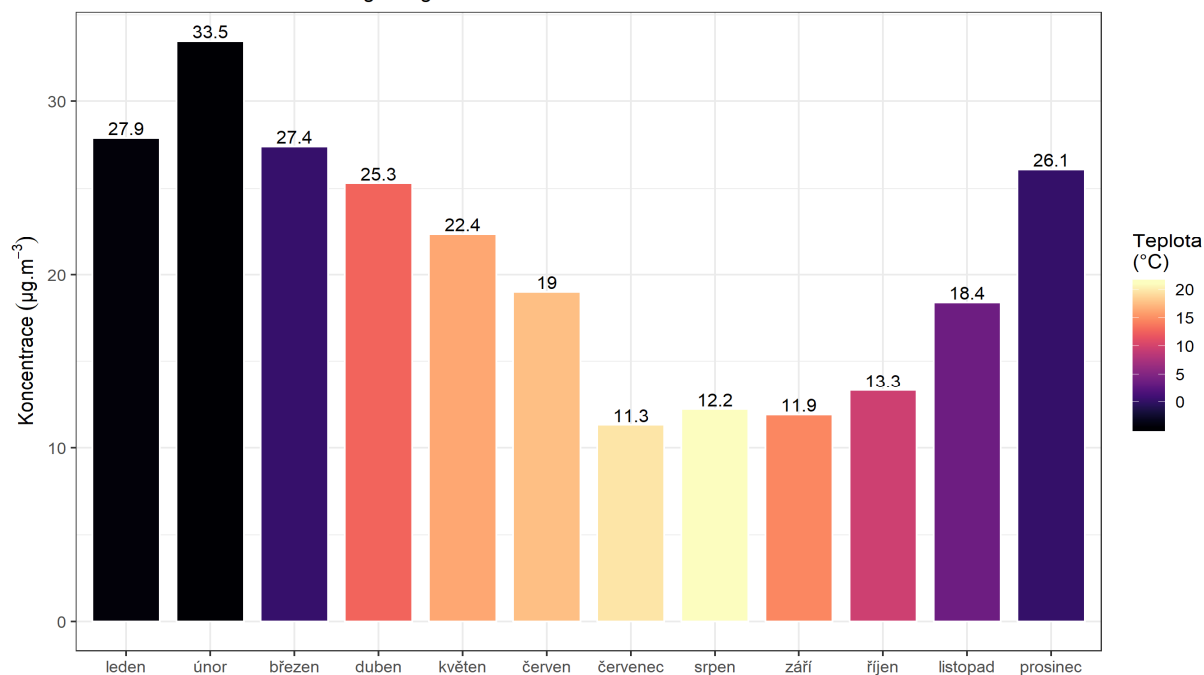
Lokalita Jihlava - Automotive Lighting



Obr. 11 – Vliv průměrné měsíční rychlosti větru na průměrné měsíční koncentrace PM₁₀, Automotive Lighting, 2018

Závislost průměrné měsíční koncentrace PM_{2,5} na teplotě

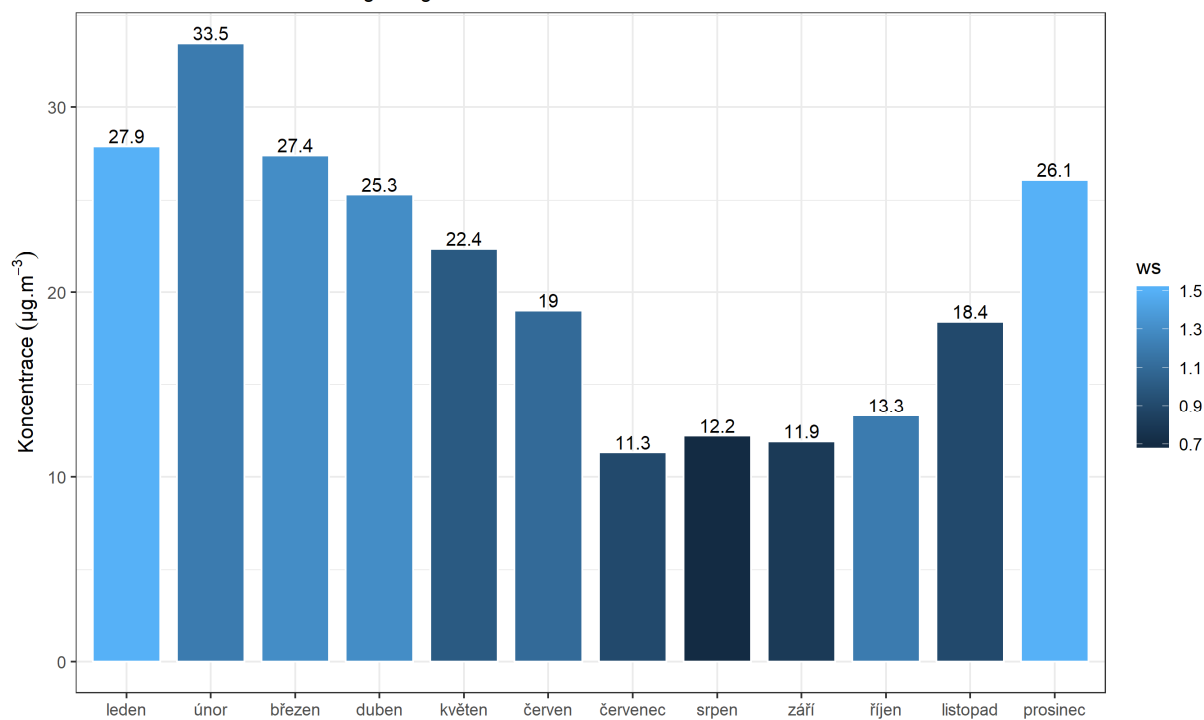
Lokalita Jihlava - Automotive Lighting



Obr. 12 – Vliv průměrné měsíční teploty na průměrné měsíční koncentrace PM_{2,5}, Automotive Lighting, 2018

Závislost průměrné měsíční koncentrace PM_{2,5} na rychlosti větru

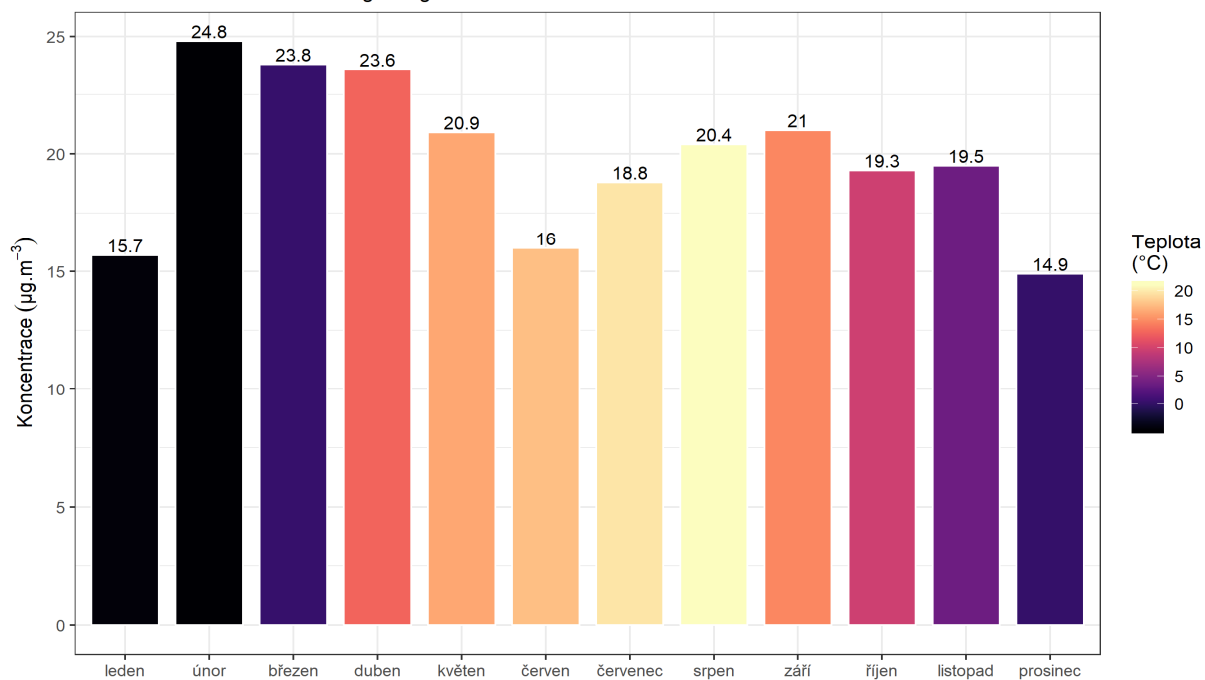
Lokalita Jihlava - Automotive Lighting



Obr. 13 – Vliv průměrné měsíční rychlosti větru na průměrné měsíční koncentrace PM_{2,5}, Automotive Lighting, 2018

Závislost průměrné měsíční koncentrace NO₂ na teplotě

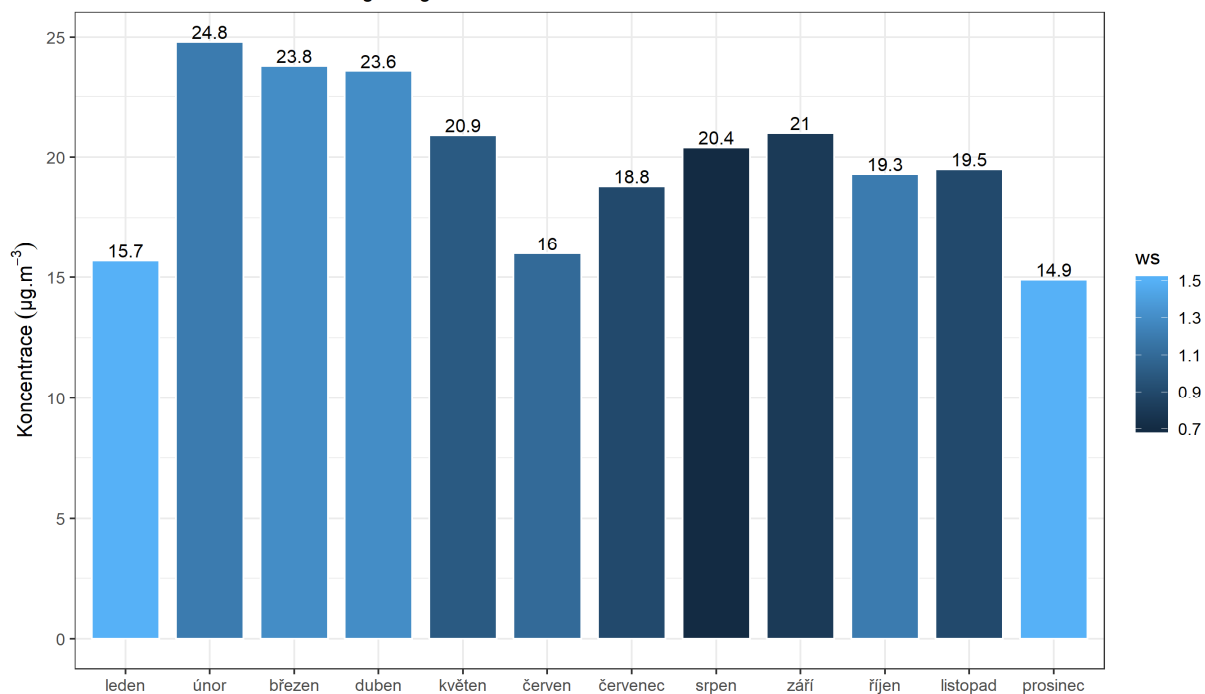
Lokalita Jihlava - Automotive Lightning



Obr. 14 – Vliv průměrné měsíční teploty na průměrné měsíční koncentrace NO₂, Automotive Lightning, 2018

Závislost průměrné měsíční koncentrace NO₂ na rychlosti větru

Lokalita Jihlava - Automotive Lightning



Obr. 15 – Vliv průměrné měsíční rychlosti větru na průměrné měsíční koncentrace NO₂, Automotive Lightning, 2018

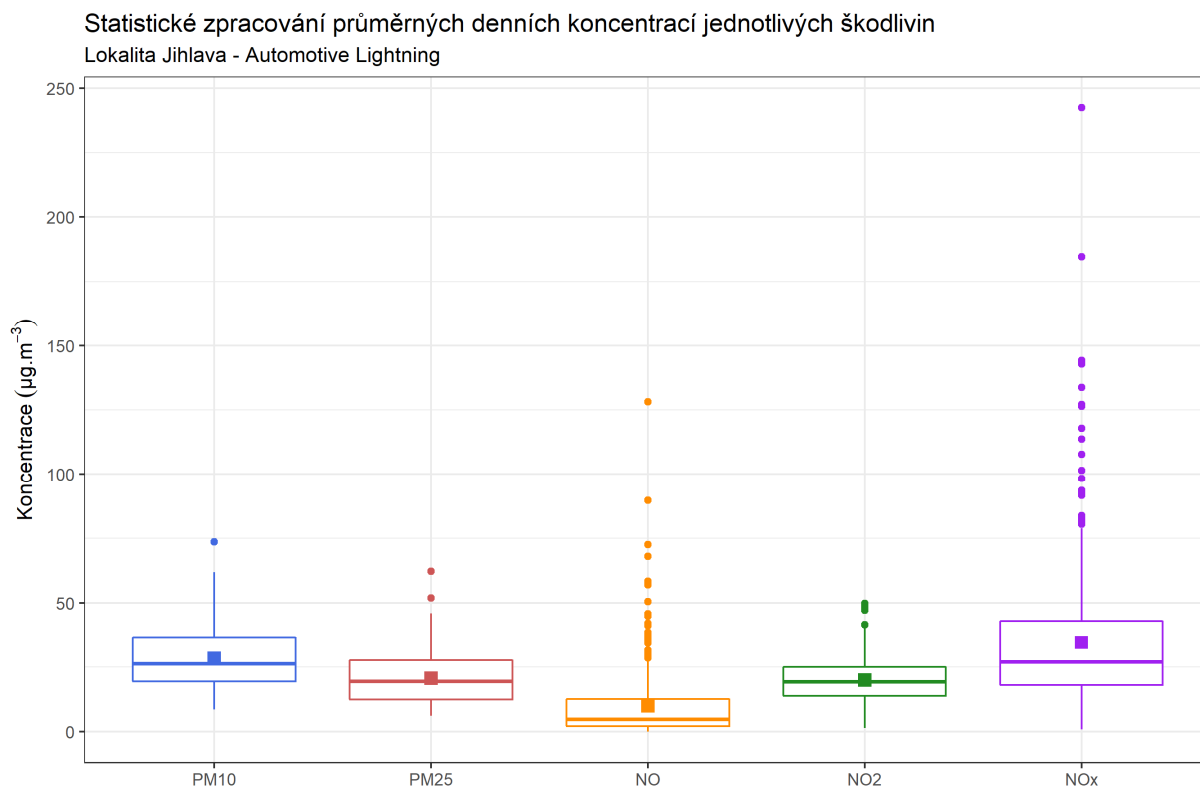
4 PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE V ROCE 2018

Průměrné denní koncentrace byly uváděny v jednotlivých měsíčních zprávách. V následující Tab. 4 jsou uvedeny statistické údaje vztažené k průměrným denním hodnotám. Ty jsou důležité zejména pro koncentrace PM₁₀, protože pro 36. nejvyšší denní koncentraci za kalendářní rok platí imisní limit (50 μg·m⁻³).

Tab. 4 - Statistické zpracování průměrných denních koncentrací jednotlivých škodlivin, rok 2018

STATISTIKA	PM10	PM25	NO	NO2	NOX	WS	H	T
PRŮMĚR	28,3	20,6	9,8	19,8	34,6	1,1	77,4	9
MEDIÁN	26,2	19,4	4,7	19,2	26,9	0,9	77,6	10,6
MINIMUM	8,5	6	0	1,3	0,9	0,2	49,1	-13,8
MAXIMUM	73,6	62,1	128,1	49,8	242,5	3,7	97,8	27

Graficky pak statistiku hodinových koncentrací jednotlivých škodlivin zobrazují tzv. krabicové grafy. Ona krabice (obdélník) zobrazuje rozpětí mezi dolním a horním kvantilem (25. percentil - 75. percentil). V tomto rozhraní se tedy vyskytuje 50 % všech naměřených hodinových hodnot koncentrací. Střední čára v obdélníku vyjadřuje medián, tedy střední hodnotu koncentrací. Čtverečky zobrazují průměrnou hodnotu, která se někdy může od mediánu dosti lišit. Bodově jsou pak zobrazeny *odlehle hodnoty*, které mají vyšší (nebo nižší) hodnotu, než je jeden a půl násobek mezikvartilového rozmezí. Z grafu je patrné, že některé hodnoty jsou odlehle zejména v případě oxidů dusíku.

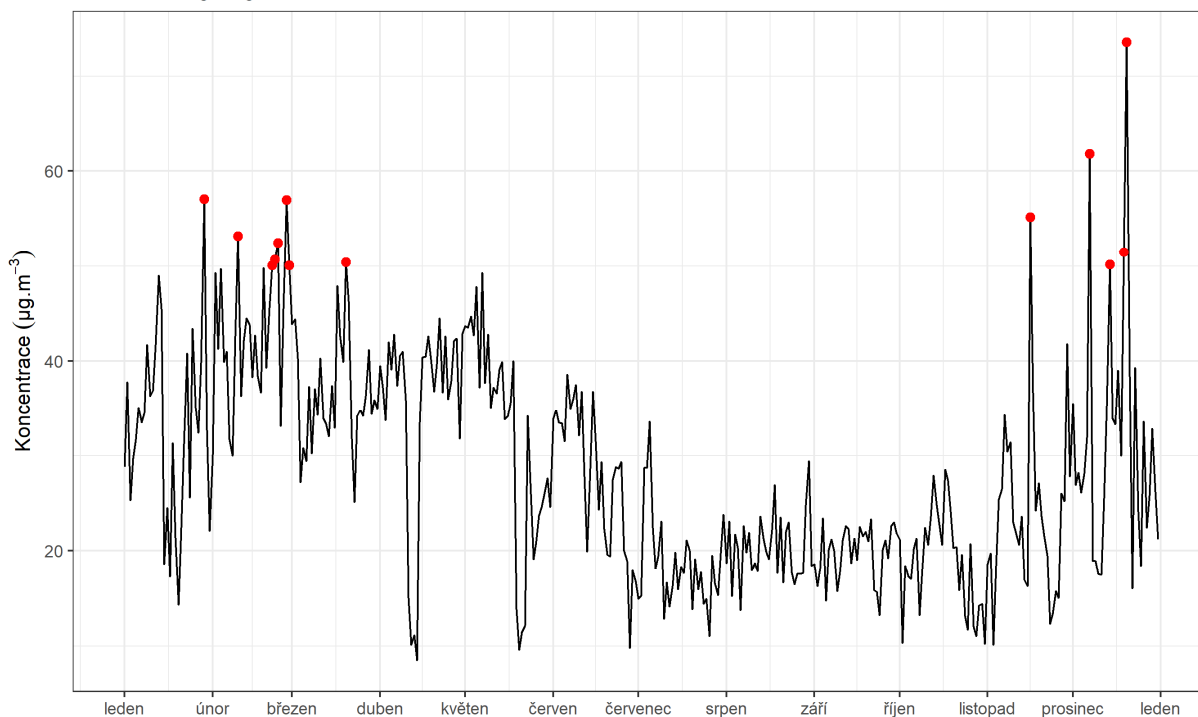


Obr. 16 – Statistické zpracování průměrných denních koncentrací jednotlivých škodlivin

4.1 POČET PŘEKROČENÍ HODNOTY IMISNÍHO LIMITU PRO DENNÍ KONCENTRACI PM₁₀

Jak již bylo uvedeno dříve, zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. stanovuje imisní limit pro denní koncentrace PM₁₀. Hodnota imisního limitu je 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a může být za kalendářní rok 35x překročen (zhruba 10 % dní). Proto se sleduje počet dní s hodnotou průměrné denní koncentrace PM₁₀ vyšší než 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Výskyt dní s koncentracemi vyššími než 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v průběhu roku zobrazuje následující Obr. 17.

Výskyt dní s překročenou hodnotou denního imisního limitu pro PM₁₀
Automotive Lighting, rok 2018



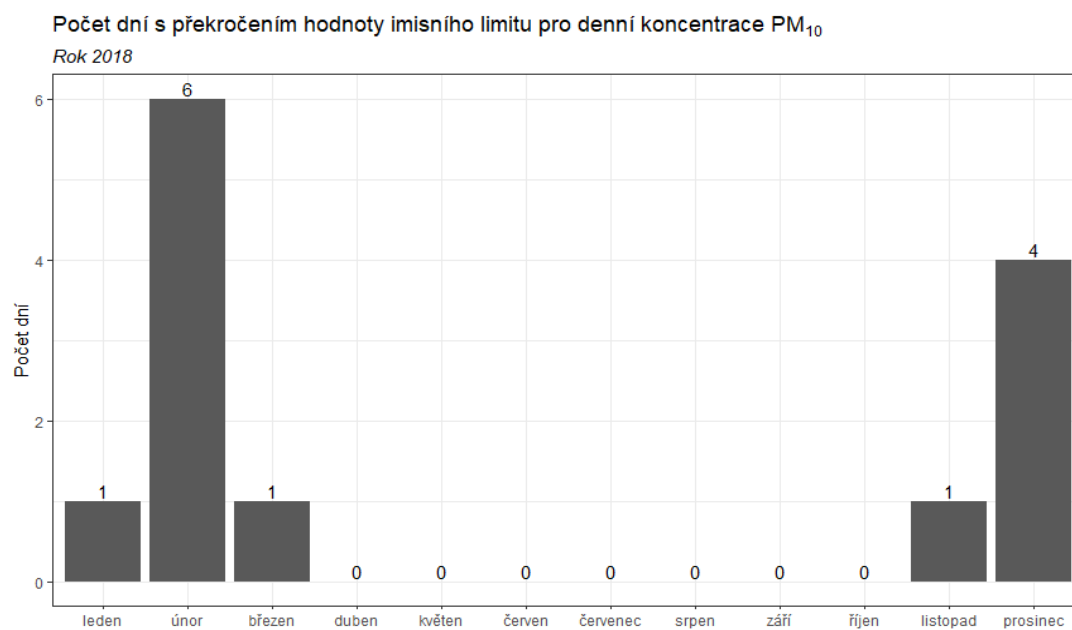
Obr. 17 – Výskyt dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro denní koncentraci PM₁₀, Automotive Lighting, 2018

Přehled počtu dní s překročením hodnoty imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ v jednotlivých měsících roku 2018 uvádí následující Tab. 5 a Obr. 18. Opět je patrné, že nejvyšší počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu se vyskytuje v topné sezóně, konkrétně pak v únoru a prosinci. Mimo topnou sezónu k překračování hodnoty imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ nedochází.

V kalendářním roce 2018 došlo ke 13 dnům s překročenou hodnotou imisního limitu. **Imisní limit tedy překročen nebyl.**

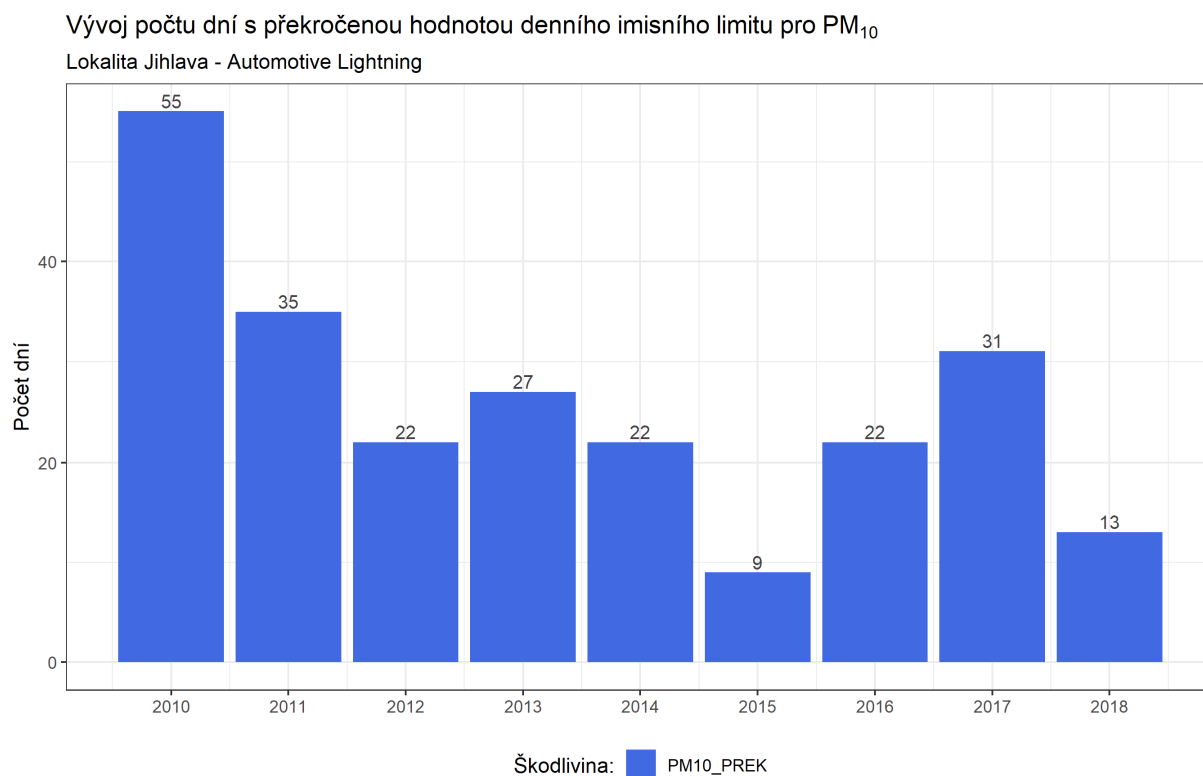
Tab. 5 – Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ v jednotlivých měsících roku 2018

MĚSÍC	POČET PŘEKROČENÍ
LEDEN	1
ÚNOR	6
BŘEZEN	1
DUBEN	0
KVĚTEN	0
ČERVEN	0
ČERVENEC	0
SRPEN	0
ZÁŘÍ	0
ŘÍJEN	0
LISTOPAD	1
PROSINEC	4



Obr. 18 – Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ v jednotlivých měsících roku 2018

Vývoj počtů dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ zobrazuje následující Obr. 19



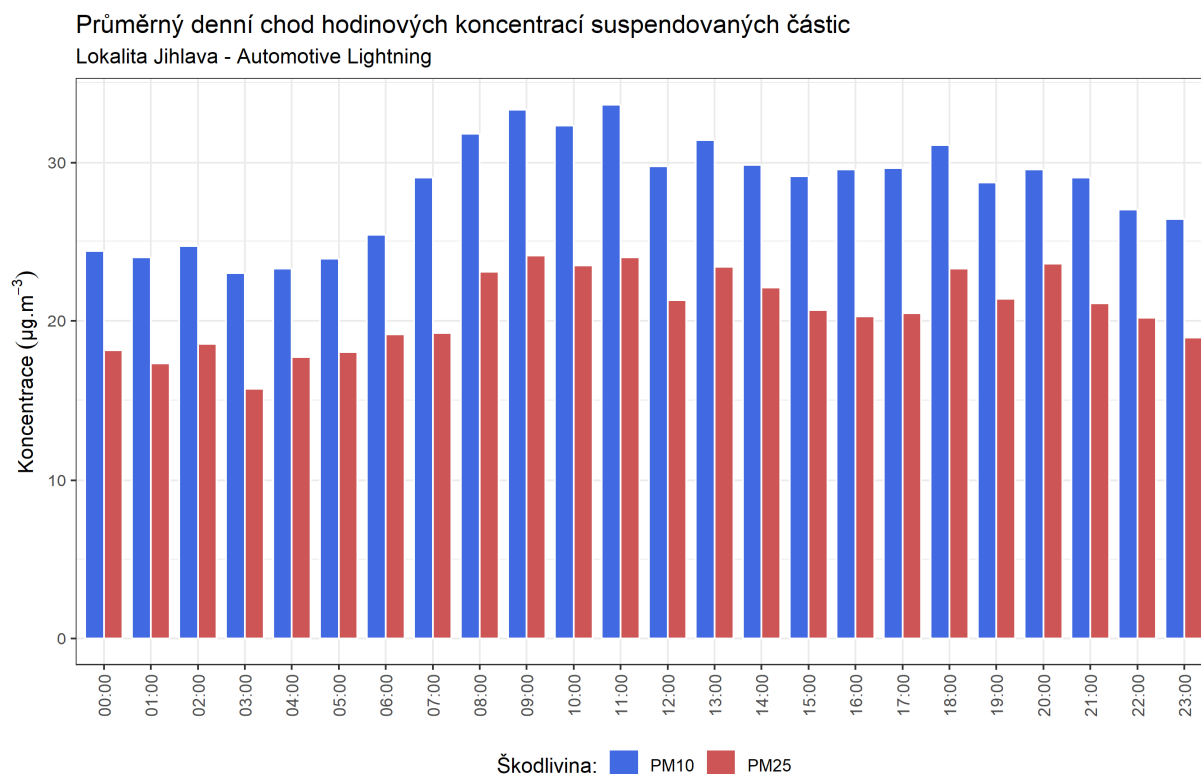
Obr. 19 – Vývoj počtů dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentrací PM₁₀, lokalita Automotive Lightning, 2010–2018

Z grafu je patrné, že od roku 2011 nebyl v lokalitě Automotive Lightning překročen imisní limit. Nejnižší počet dní s překročenou hodnotou tohoto limitu bylo naměřeno v teplém a příznivém roku 2015. Rok 2018 se mu přiblížil, zejména ve srovnání s předchozím rokem 2017 jde o poměrně významný pokles. Tento rozdíl byl způsoben velmi nepříznivými rozptylovými podmínkami v lednu a únoru 2017 v celé střední Evropě, kdy významně narostla právě tato charakteristika.

4.2 PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD HODINOVÝCH KONCENTRACÍ JEDNOTLIVÝCH ŠKODLIVIN

Následující grafy zobrazují průměrný denní chod hodinových koncentrací v lokalitě Automotive Lighting v roce 2018. Čas je vždy uváděn v UTC. V případě suspendovaných částic PM₁₀ a PM_{2,5} (Obr. 20) je patrný nárůst koncentrací v průběhu dopoledne – zhruba mezi 7. – 10. hodinou UTC (tedy mezi 8. – 11. hodinou SEČ). To může souviset s provozem v průmyslové zóně, popř. s ranním zatápním. Druhý nárůst je pozorovatelná kolem 17. – 18. hodiny, což opět může souviset se zatápním po návratu ze zaměstnání.

Svůj vliv mohou mít také dopravní špičky. V průměru se nejvyšší hodinové koncentrace v dopoledních hodinách pohybují mírně nad $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Obr. 20 – Průměrný denní chod hodinových koncentrací suspendovaných částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$, lokalita Automotive Lighting, rok 2018

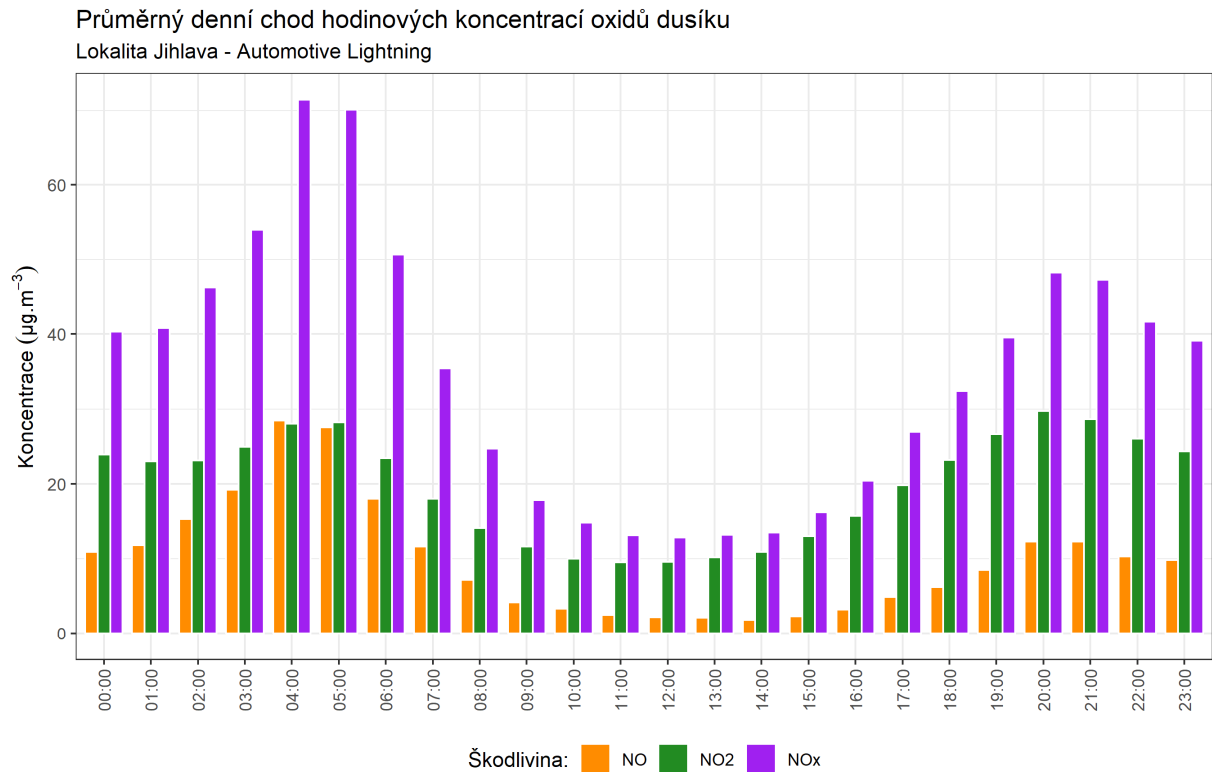
V případě denního chodu koncentrací oxidů dusíku jsou patrné dvě výrazné špičky. První kulminuje okolo 5. – 6. hodiny ránní a zřejmě souvisí s dopravní špičkou a příjezdem do zaměstnání. Koncentrace NO jsou v tuto dobu téměř totožné s koncentracemi NO_2 , což naznačuje silné ovlivnění dopravou. Doprava primárně emituje NO , který je následně v atmosféře oxidován na NO_2 . Pokud je však měření v blízkosti dopravního zatížení, nestihne se NO oxidovat a poměr NO / NO_2 nabývá vyšších hodnot. V lokalitě Automotive Lighting je průměrná hodnota poměru $\text{NO} / \text{NO}_2 = 0,5$, což naznačuje jisté zatížení dopravou. Avšak v ranní špičce je tento poměr v podstatě 1 a dopravní zatížení je tedy silnější.

V dopoledních hodinách, kdy dochází k nárůstu koncentrací PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ naopak dochází k poměrně výraznému poklesu koncentrací oxidů dusíků. To by mohlo poukazovat na to, že vyšší koncentrace PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ v dopoledních hodinách nesouvisí přímo s dopravou, resp. s exhalacemi z výfuků, ale spíše s otěry, fugitivními emisemi či v topné sezóně s vytápěním.

K nárůstu koncentrací oxidů dusíku pak dochází opět v odpoledních a večerních hodinách. Tato špička již není tak výrazná jako ranní, navíc se značně liší složením oxidů dusíku. V odpoledních a večerních hodinách

významněji narůstají koncentrace NO_2 , koncentrace NO se pohybují zhruba na čtvrtinových až třetinových hodnotách. To by naznačovalo, že do odpolední a večerní špičky významněji promlouvá vytápění, odpolední dopravní špička má menší vliv.

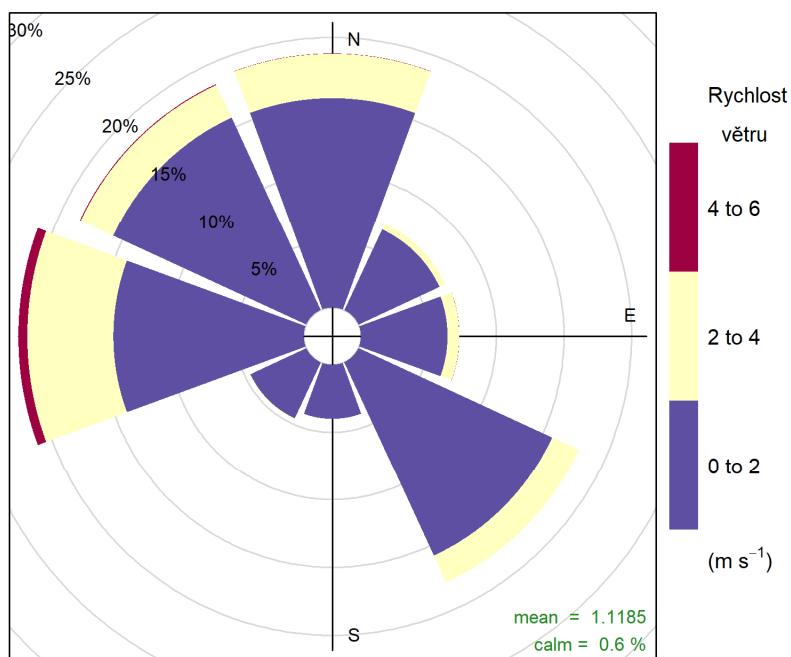
Svůj vliv samozřejmě sehrávají také meteorologické podmínky, které mohou poměr NO / NO_2 v ranních a odpoledních hodinách ovlivnit (vyšší teplota, sluneční svit -> lepší oxidace na NO_2).



Obr. 21 – Průměrný denní chod hodinových koncentrací oxidů dusíku, lokalita Automotive Lightning, rok 2018

5 VĚTRNÉ A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE

Na následujícím obrázku je zobrazena větrná růžice za rok 2018 v lokalitě Jihlava – Automotive Lighting, která je dále členěná dle rychlostí větru. Bezvětří panovalo v 0,6 % času. Převažovalo proudění ze západu (22 %), severozápadu a severu (18 %). Ze západu proudil vítr také nejrychleji – i nad $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



Frequency of counts by wind direction (%)

Obr. 22 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru v lokalitě Jihlava – Automotive Lighting prosinec 2018

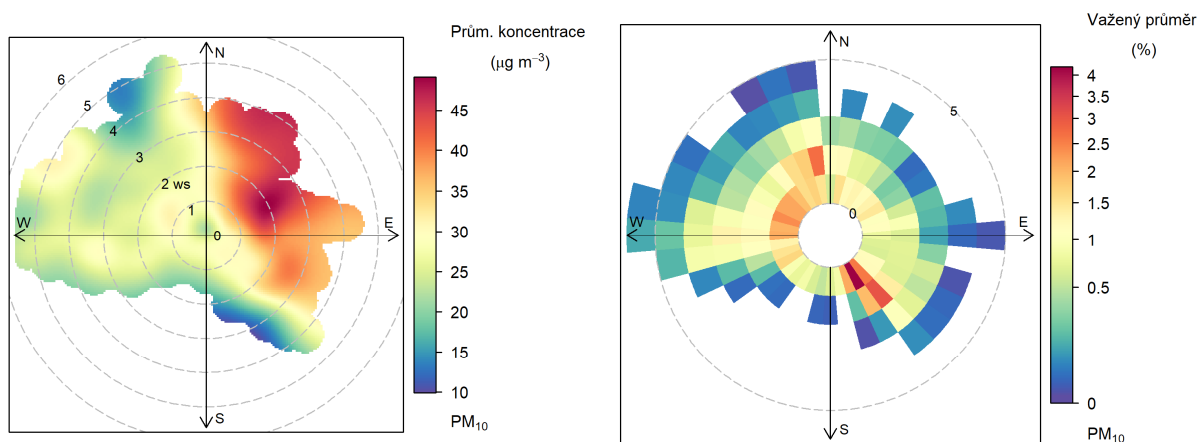
Koncentrační růžice jsou nástroj pro analýzu znečištění ovzduší na základě meteorologických charakteristik. Pro jejich konstrukci jsou použita hodinová data meteorologických prvků a koncentrací škodlivin – pro výpočet koncentračních růžic v lokalitě Jihlava – Automotive Lighting za rok 2018 tak bylo použito zhruba 8760 údajů. Koncentrační růžice vychází 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. 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.

Koncentrační a vážené koncentrační růžice pro PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a NO_2 jsou zobrazeny v následujících podkapitolách.

5.1 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM₁₀

Z koncentrační růžice pro PM₁₀ v lokalitě Automotive Lighting za rok 2018 vyplývá, že nejvyšší koncentrace byly v průměru měřeny při severovýchodním až severním proudění a rychlostech větru nad 1 m·s⁻¹. Z těchto směrů nefouká příliš často (viz větrná růžice na Obr. 22), avšak pokud tomu tak bylo, byly koncentrace zvýšené. Z vážené koncentrační růžice pak vyplývá, že nejvíce se na znečištění v lokalitě Automotive Lighting podílely jihovýchodní směry a nízké rychlosti větru, významný byl také severozápadní směr. Z těchto směrů foukalo nejčastěji, znečištění se tudíž nasčítalo, přestože koncentrace nemusel být tak vysoké. Procentuální podíl na celkové prašnosti z jednotlivých směrů ukazuje vážená koncentrační růžice (vpravo na Obr. 23).

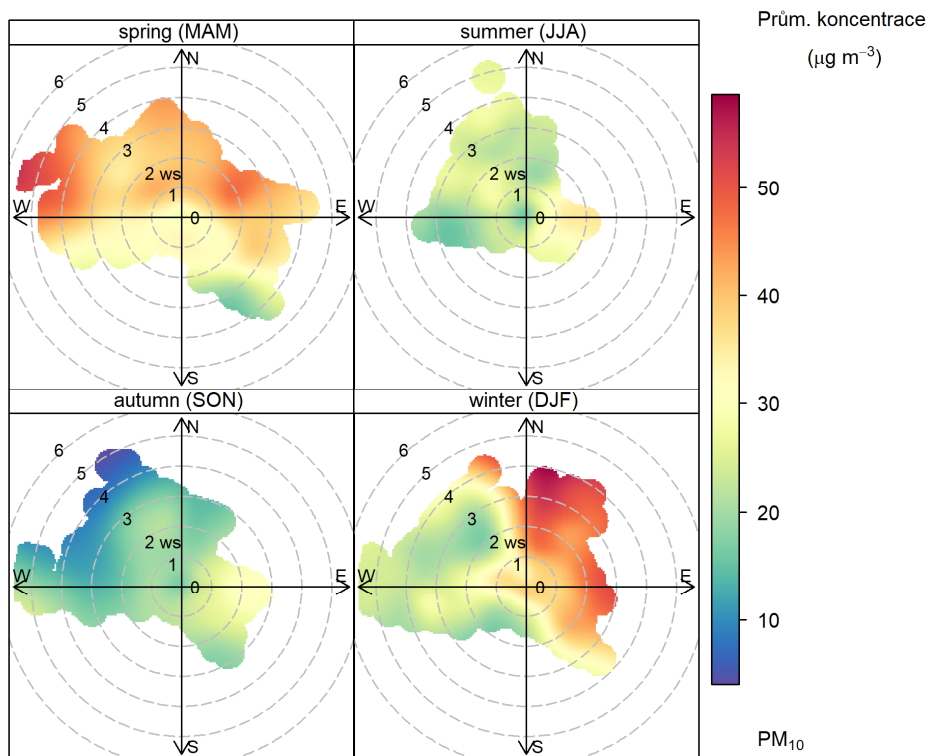


Obr. 23 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro PM₁₀ v lokalitě Jihlava – Automotive Lighting, rok 2018

Koncentrační růžice lze dále dělit na základě různých parametrů, jako jsou roční období, teplota, denní doba atp. Tyto podrobnější analýzy pak mohou napomoci k identifikaci pravděpodobných zdrojů znečištění.

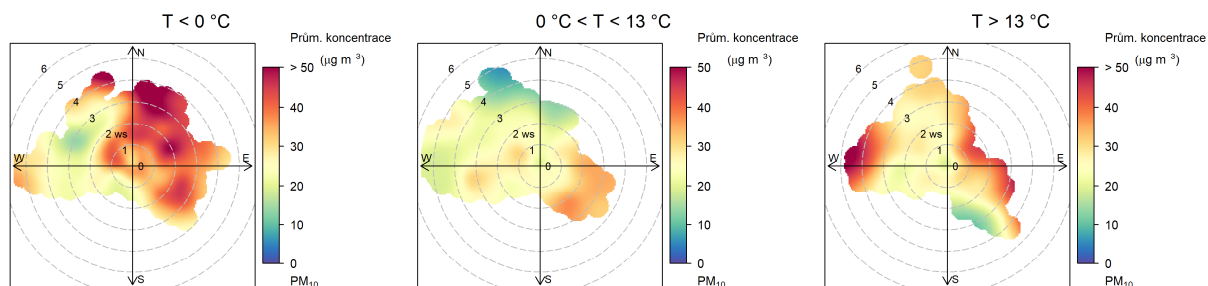
Následující koncentrační růžice na Obr. 24 je členěna dle ročních období na jaro (spring, měsíce březen–květen), léto (summer, měsíce červen–srpen), podzim (autumn, měsíce září–listopad) a zimu (winter, měsíce leden, únor a prosinec).

Z koncentračních růžic je patrné, že zvýšené koncentrace jsou měřeny převážně v zimě a také v jarních měsících, převážně v březnu. V zimě převažují vysoké koncentrace při proudění ze severu až severovýchodu. Tato situace je typická i pro další lokality zóny jihovýchod a může souviset i s dálkovým transportem znečištění. Naopak v letních a podzimních měsících byly měřeny poměrně nízké koncentrace, mírně zvýšené byly z východních směrů.



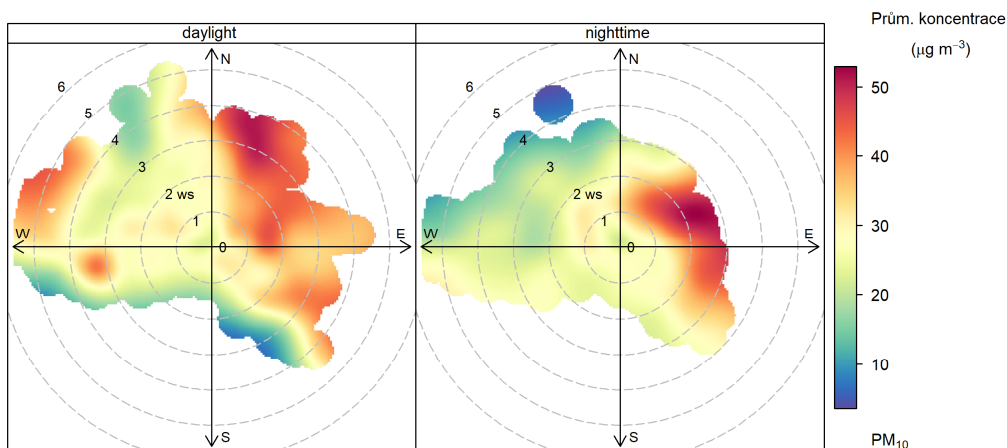
Obr. 24 – Koncentrační růžice pro PM_{10} , členěná dle ročních období, Automotive Lighting, rok 2018

Vliv teploty konkrétně pak dokumentují následující 3 růžice na Obr. 25. Z té vyplývá, že vysoké koncentrace ze severovýchodního až severního směru jsou měřeny zejména při teplotách pod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Naopak při teplotách vyšších než $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ jsou vyšší koncentrace měřeny zejména při západním proudění a vyšších rychlostech větru, což může znamenat např. i větrnou erozi.



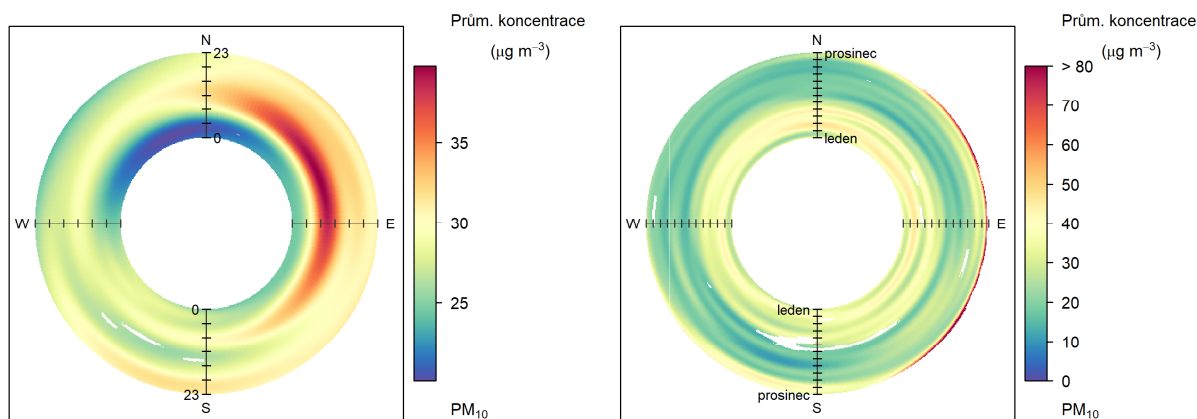
Obr. 25 – Teplotně členěná koncentrační růžice PM_{10} , lokalita Automotive Lighting, rok 2018

Další možností zobrazení koncentrací je rozdělit koncentrační růžici na denní a noční hodiny (Obr. 26). Z něj vyplývá, ony zvýšené koncentrace jsou přes den spíše ze severních směrů a v noci spíše z východních.



Obr. 26 – Koncentrační růžice PM₁₀ rozdělená na denní a noční hodiny, Automotive Lighting, rok 2018

Dalším užitečným nástrojem pro analýzu dat o kvalitě ovzduší je zobrazení denního a ročního chodu. Ten je zobrazen spolu se směrem větru opět v polárních souřadnicích, takže podobně jako u koncentrační růžice bylo možné analyzovat rychlost a směr větru spolu se znečištěním, z následujících obrázků bude možné vyčíst znečištění v závislosti na směru větru a denní době. A obdobně jako bylo ve středu koncentrační růžice bezvětří a směrem od středu rostla rychlost větru, tak je v případě denního chodu uvnitř půlnoc a směrem od středu rostou hodiny až k 23. hodině na okraji kruhu. V případě ročního chodu identicky narůstá čas od ledna uprostřed až k prosinci na kraji.

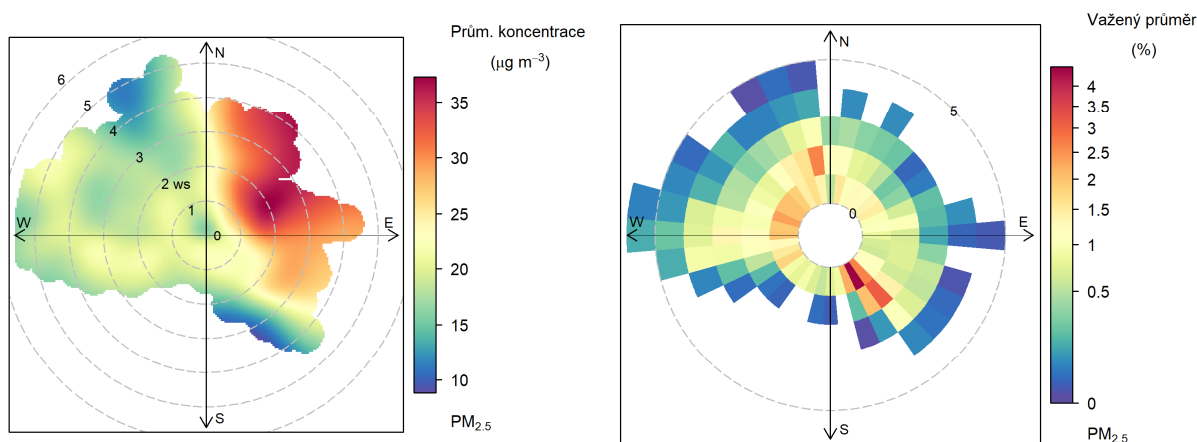


Obr. 27 – Denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací PM₁₀ dle směru větru, lokalita Automotive Lighting, rok 2018

Z chodů uvedených na Obr. 27 vyplývá, že zvýšené koncentrace ze severovýchodního až východního směru se vyskytují v brzkých ranních a dopoledních hodinách. Z hlediska ročního chodu se jedná zejména o chladné období roku, maxima byla naměřena v prosinci.

5.2 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM_{2,5}

Z koncentrační růžice pro PM_{2,5} v lokalitě Automotive Lighting za rok 2018 vyplývá, že nejvyšší koncentrace byly v průměru měřeny při severovýchodním až severním proudění a rychlostech větru nad 1 m·s⁻¹. Z těchto směrů nefouká příliš často (viz větrná růžice na Obr. 22), avšak pokud tomu tak bylo, byly koncentrace zvýšené. Z vážené koncentrační růžice pak vyplývá, že nejvíce se na znečištění v lokalitě Automotive Lighting podílely jihovýchodní směry a nízké rychlosti větru, významný byl také severozápadní směr. Z těchto směrů foukalo nejčastěji, znečištění se tudíž nasčítalo, přestože koncentrace nemusel být tak vysoké. Procentuální podíl na celkové prašnosti z jednotlivých směrů ukazuje vážená koncentrační růžice (vpravo na Obr. 28).

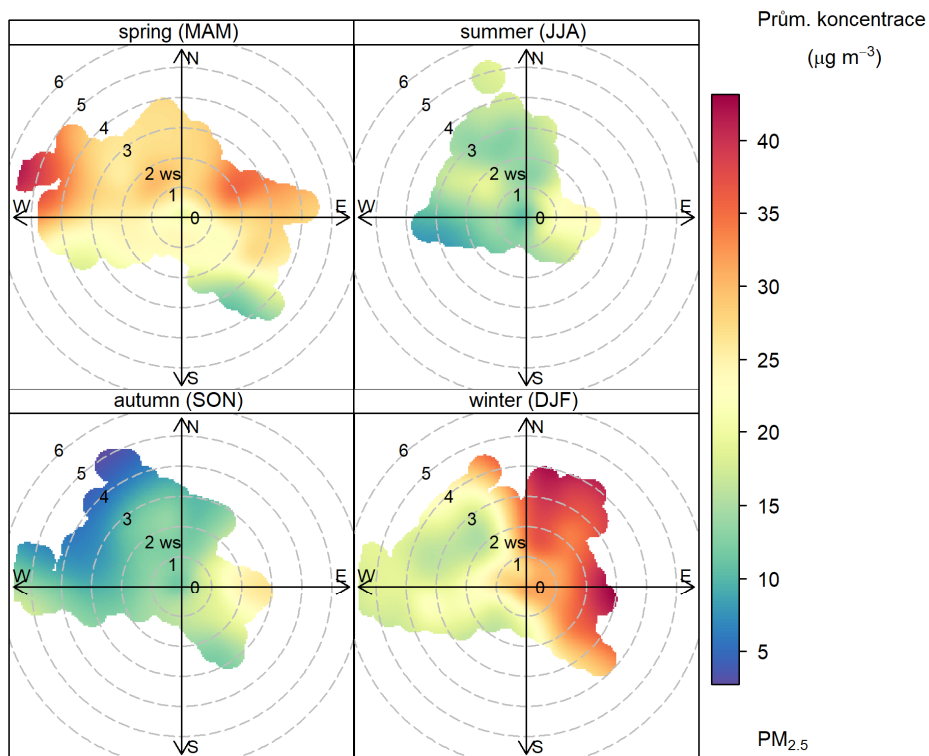


Obr. 28 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro PM_{2,5} v lokalitě Jihlava – Automotive Lighting, rok 2018

Koncentrační růžice lze dále dělit na základě různých parametrů, jako jsou roční období, teplota, denní doba atp. Tyto podrobnější analýzy pak mohou napomoci k identifikaci pravděpodobných zdrojů znečištění.

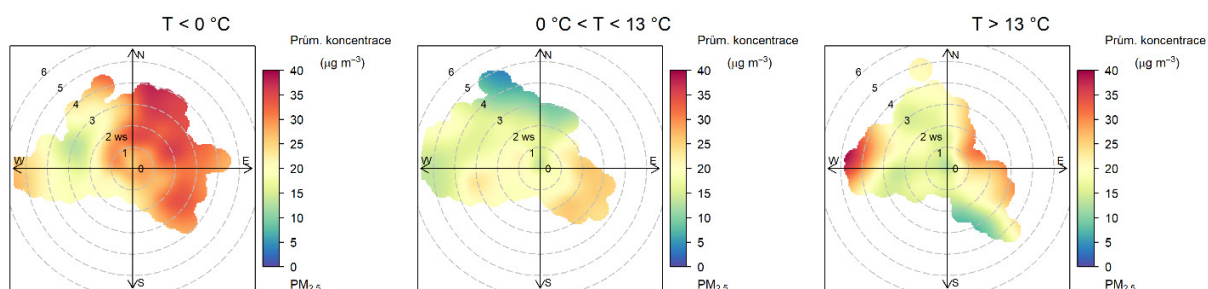
Následující koncentrační růžice na Obr. 29 je členěna dle ročních období na jaro (spring, měsíce březen–květen), léto (summer, měsíce červen–srpen), podzim (autumn, měsíce září–listopad) a zimu (winter, měsíce leden, únor a prosinec).

Z koncentračních růžic je patrné, že zvýšené koncentrace jsou měřeny převážně v zimě a také v jarních měsících, převážně v březnu. V zimě převažují vysoké koncentrace při proudění ze severu až východu. Tato situace je typická i pro další lokality zóny jihovýchod a může souviset i s dálkovým transportem znečištění. Naopak v letních a podzimních měsících byly měřeny poměrně nízké koncentrace, mírně zvýšené byly z východních směrů.



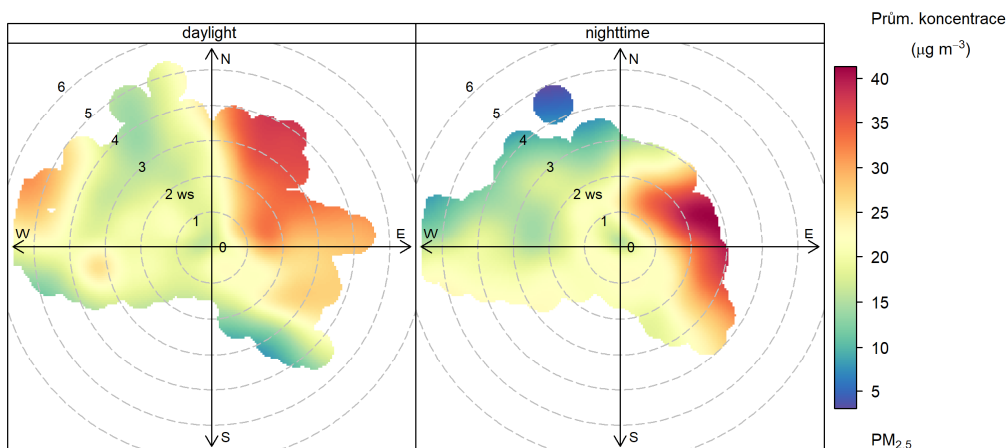
Obr. 29 – Koncentrační růžice pro PM_{2,5}, členěná dle ročních období, Automotive Lighting, rok 2018

Vliv teploty konkrétně pak dokumentují následující 3 růžice na Obr. 30. Z té vyplývá, že vysoké koncentrace ze severovýchodního až severního směru jsou měřeny zejména při teplotách pod 0 °C. Naopak při teplotách vyšších než 13 °C jsou vyšší koncentrace měřeny zejména při západním proudění a vyšších rychlostech větru, což může znamenat např. i větrnou erozi.



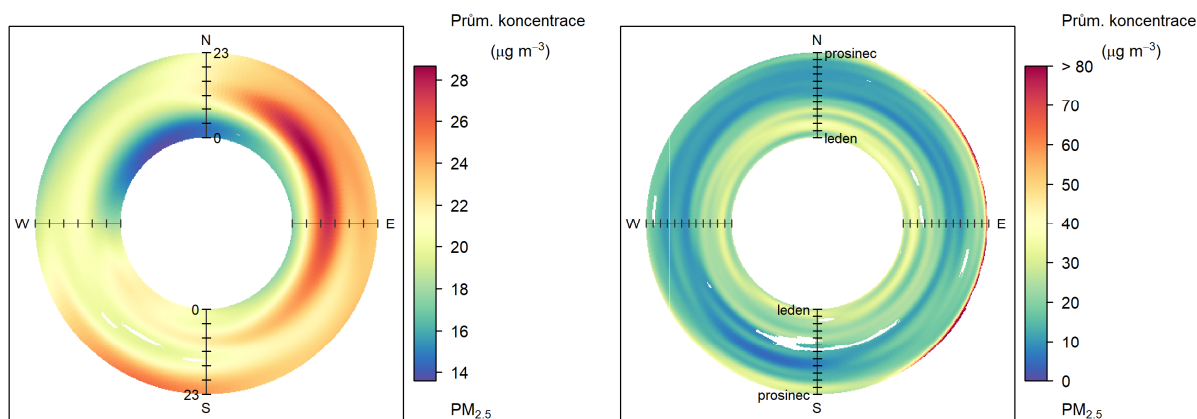
Obr. 30 – Teplotně členěná koncentrační růžice PM_{2,5}, lokalita Automotive Lighting, rok 2018

Další možností zobrazení koncentrací je rozdělit koncentrační růžici na denní a noční hodiny (Obr. 31). Z něj vyplývá, ony zvýšené koncentrace jsou přes den spíše ze severních směrů a v noci spíše z východních.



Obr. 31 – Koncentrační růžice $PM_{2,5}$ rozdělená na denní a noční hodiny, Automotive Lighting, rok 2018

Dalším užitečným nástrojem pro analýzu dat o kvalitě ovzduší je zobrazení denního a ročního chodu. Ten je zobrazen spolu se směrem větru opět v polárních souřadnicích, takže podobně jako u koncentrační růžice bylo možné analyzovat rychlost a směr větru spolu se znečištěním, z následujících obrázků bude možné vyčíst znečištění v závislosti na směru větru a denní době. A obdobně jako bylo ve středu koncentrační růžice bezvětří a směrem od středu rostla rychlost větru, tak je v případě denního chodu uvnitř půlnoc a směrem od středu rostou hodiny až k 23. hodině na okraji kruhu. V případě ročního chodu identicky narůstá čas od ledna uprostřed až k prosinci na kraji.

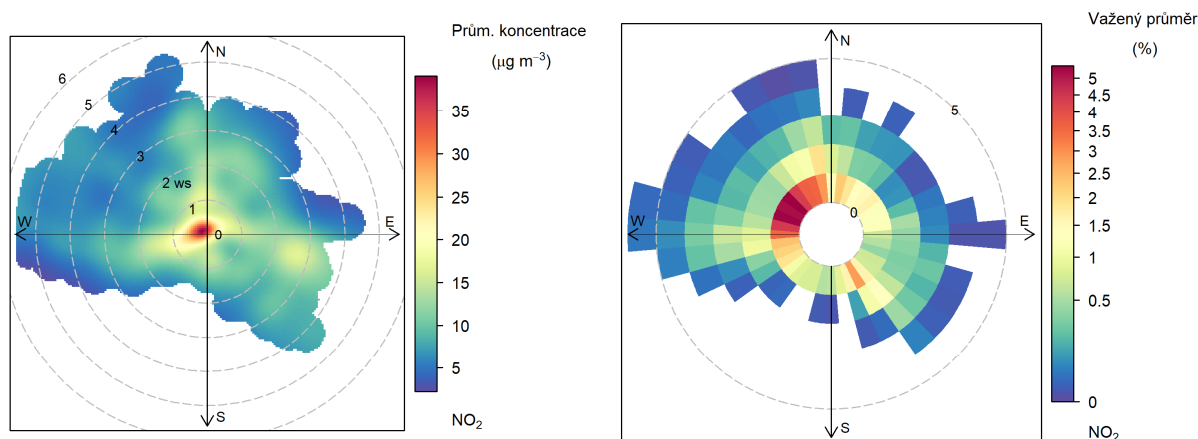


Obr. 32 – Denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací $PM_{2,5}$ dle směru větru, lokalita Automotive Lighting, rok 2018

Z chodů uvedených na Obr. 32 vyplývá, že zvýšené koncentrace ze severovýchodního až východního směru se vyskytují v brzkých ranních a dopoledních hodinách. Z hlediska ročního chodu se jedná zejména o chladné období roku, maxima byla naměřena v prosinci.

5.3 OXID DUSIČITÝ NO₂

Z koncentrační růžice pro NO₂ v lokalitě Automotive Lighting za rok 2018 vyplývá, že nejvyšší koncentrace byly v průměru měřeny při bezvětří nebo nízkých rychlostech větru ze severozápadních směrů. Z vážené koncentrační růžice pak vyplývá, že nejvíce se na znečištění v lokalitě Automotive Lighting podílely právě tyto severozápadní směry a nízké rychlosti větru. Procentuální podíl na celkové znečištění NO₂ v lokalitě z jednotlivých směrů ukazuje vážená koncentrační růžice (vpravo na Obr. 33).

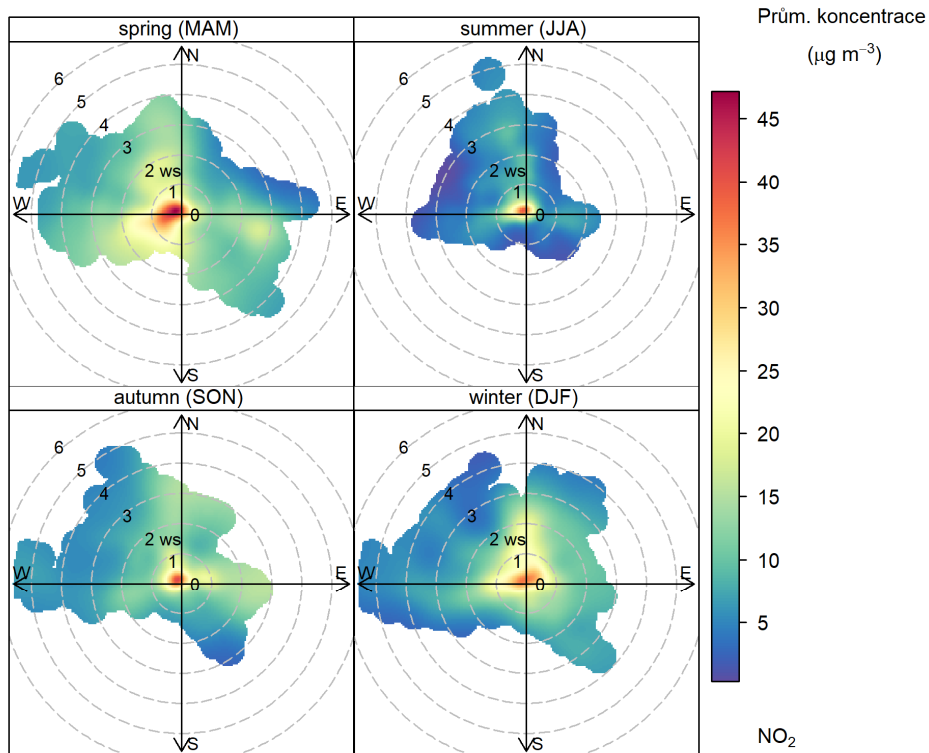


Obr. 33 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro NO₂ v lokalitě Jihlava – Automotive Lighting, rok 2018

Koncentrační růžice lze dále dělit na základě různých parametrů, jako jsou roční období, teplota, denní doba atp. Tyto podrobnější analýzy pak mohou napomoci k identifikaci pravděpodobných zdrojů znečištění.

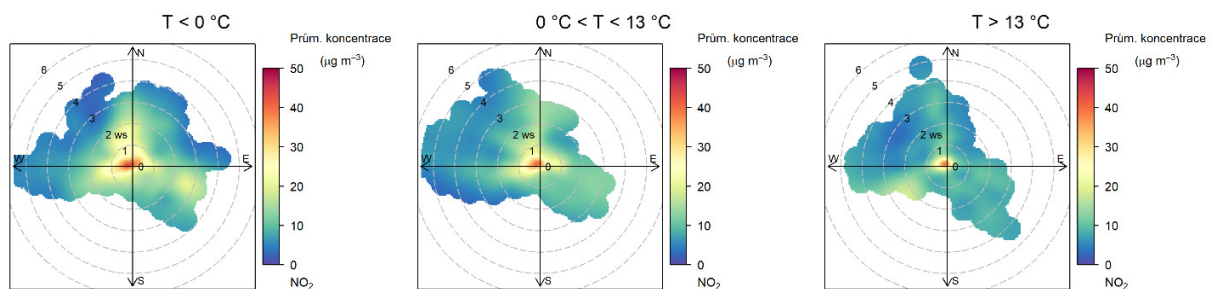
Následující koncentrační růžice na Obr. 34 je členěna dle ročních období na jaro (spring, měsíce březen–květen), léto (summer, měsíce červen–srpen), podzim (autumn, měsíce září–listopad) a zimu (winter, měsíce leden, únor a prosinec).

Z koncentračních růžic je patrné, že zvýšené koncentrace jsou měřeny převážně na jaře a v zimě. Vždy však platí, že musí být bezvětří nebo téměř bezvětří. Při vyšších rychlostech větru koncentrace NO₂ poklesnou.



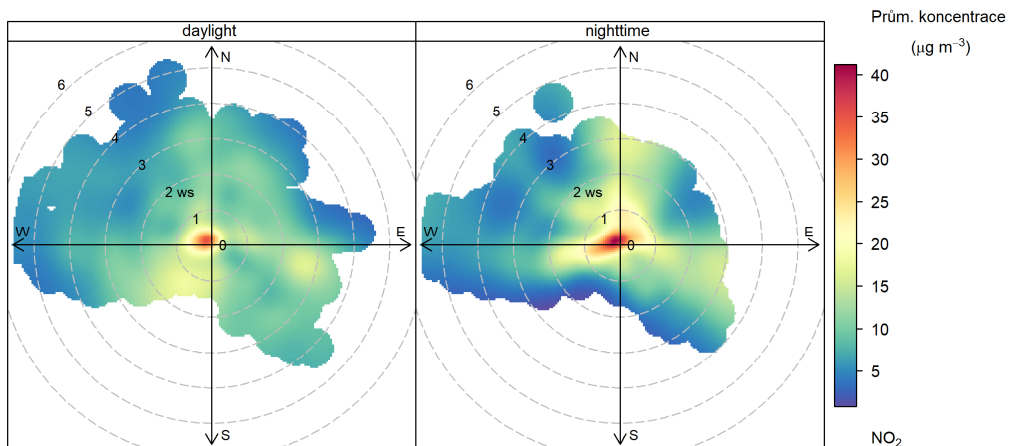
Obr. 34 – Koncentrační růžice pro NO₂, členěná dle ročních období, Automotive Lighting, rok 2018

Vliv teploty konkrétně pak dokumentují následující 3 růžice na Obr. 35. Z té vyplývá, že teplota nehraje až tak zásadní roli, důležité jsou pouze nízké rychlosti větru.



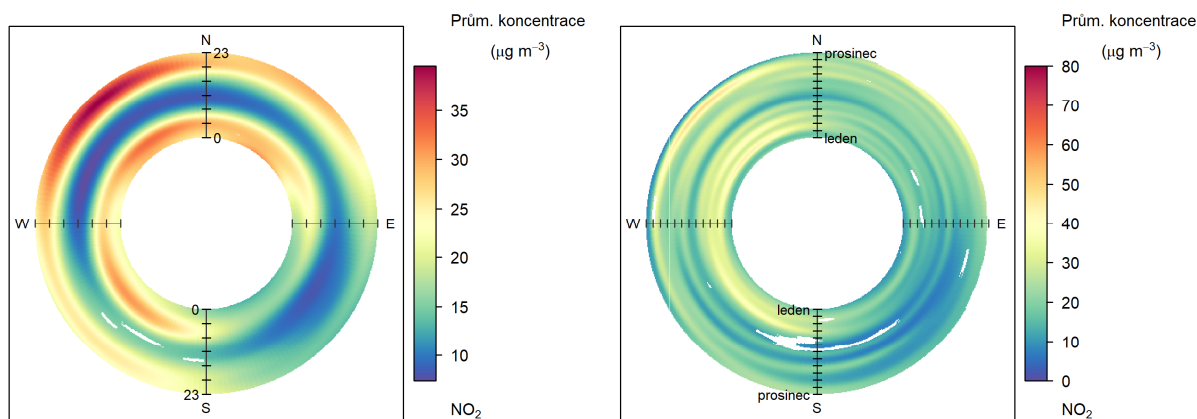
Obr. 35 – Teplotně členěná koncentrační růžice NO₂, lokalita Automotive Lighting, rok 2018

Další možností zobrazení koncentrací je rozdělit koncentrační růžici na denní a noční hodiny (Obr. 36). Z něj vyplývá, že mírně více jsou zastoupeny noční hodiny, což může souviset s klidnější atmosférou, ale v topné sezóně také s vytápěním coby zdrojem oxidů dusíku.



Obr. 36 – Koncentrační růžice NO₂ rozdělená na denní a noční hodiny, Automotive Lighting, rok 2018

Dalším užitečným nástrojem pro analýzu dat o kvalitě ovzduší je zobrazení denního a ročního chodu. Ten je zobrazen spolu se směrem větru opět v polárních souřadnicích, takže podobně jako u koncentrační růžice bylo možné analyzovat rychlost a směr větru spolu se znečištěním, z následujících obrázků bude možné vyčíst znečištění v závislosti na směru větru a denní době. A obdobně jako bylo ve středu koncentrační růžice bezvětří a směrem od středu rostla rychlost větru, tak je v případě denního chodu uvnitř půlnoc a směrem od středu rostou hodiny až k 23. hodině na okraji kruhu. V případě ročního chodu identicky narůstá čas od ledna uprostřed až k prosinci na kraji.



Obr. 37 – Denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací NO₂ dle směru větru, lokalita Automotive Lighting, rok 2018

Z chodů uvedených na Obr. 37 vyplývá, že zvýšené koncentrace ze severozápadního směru se vyskytují ve večerních, nočních a brzkých ranních hodinách. Přes den jsou koncentrace NO₂ nízké při proudění z jakéhokoliv směru.

6 ZÁVĚRY

- V lokalitě Automotive Lighting nebyl v roce 2018 překročen žádný imisní limit pro měřené škodliviny.
- Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci **PM₁₀** má hodnotu $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, naměřená hodnota se tak pohybuje na úrovni 70 % hodnoty imisního limitu. Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci **PM_{2,5}** má hodnotu $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, naměřená hodnota se tak pohybuje na úrovni 82 % hodnoty imisního limitu. Avšak od roku 2020 bude platit zpřísněný imisní limit pro tuto škodlivinu, který by vzhledem k naměřené hodnotě mohl být v této lokalitě překračován. Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci **NO₂** má hodnotu $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, naměřená hodnota se tak pohybuje na úrovni 50 % hodnoty imisního limitu.
- Hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci **PM₁₀** byla v této lokalitě překročena 13x. Legislativa umožňuje 35 překročení za kalendářní rok.
- Vyšší koncentrace suspendovaných částic **PM₁₀** a **PM_{2,5}** jsou měřeny především v topné sezóně. V tomto období dochází prakticky výhradně k překračování hodnoty imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci **PM₁₀**. To může být způsobeno vytápěním (zejména lokální topeniště, nejvýznamnější zdroj **PM₁₀** a **PM_{2,5}** v ČR) a také zhoršenými rozptylovými podmínkami.
- Vyšší koncentrace oxidů dusíku jsou měřeny při nízkých rychlostech větru až bezvětří. Mírně vyšší hodnoty jsou měřeny v chladné části roku, rozdíl však není tak významný, jako v případě **PM₁₀** a **PM_{2,5}**.

7 CITOVANÁ LITERATURA

- [1] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky,“ 1996 - 2017. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html. [Přístup získán 2019].
- [2] *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší*, 2012.
- [3] *Vyhláška č. 330/2012 Sb. o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích*, Praha, 2012.
- [4] MŽP, „Zákon č. 369/2016 Sb., kterým se mění zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů,“ 2016. [Online]. Available: <https://www.sbirka.cz/POSL4TYD/NOVE/16-369.htm>.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] P. WARNECK, *Chemistry of the natural atmosphere*, San Diego: Academic Press: ISBN 0-12-735632-0, 2000.
- [8] European Commission, „Position paper on air quality: nitrogen dioxide,“ 1997.