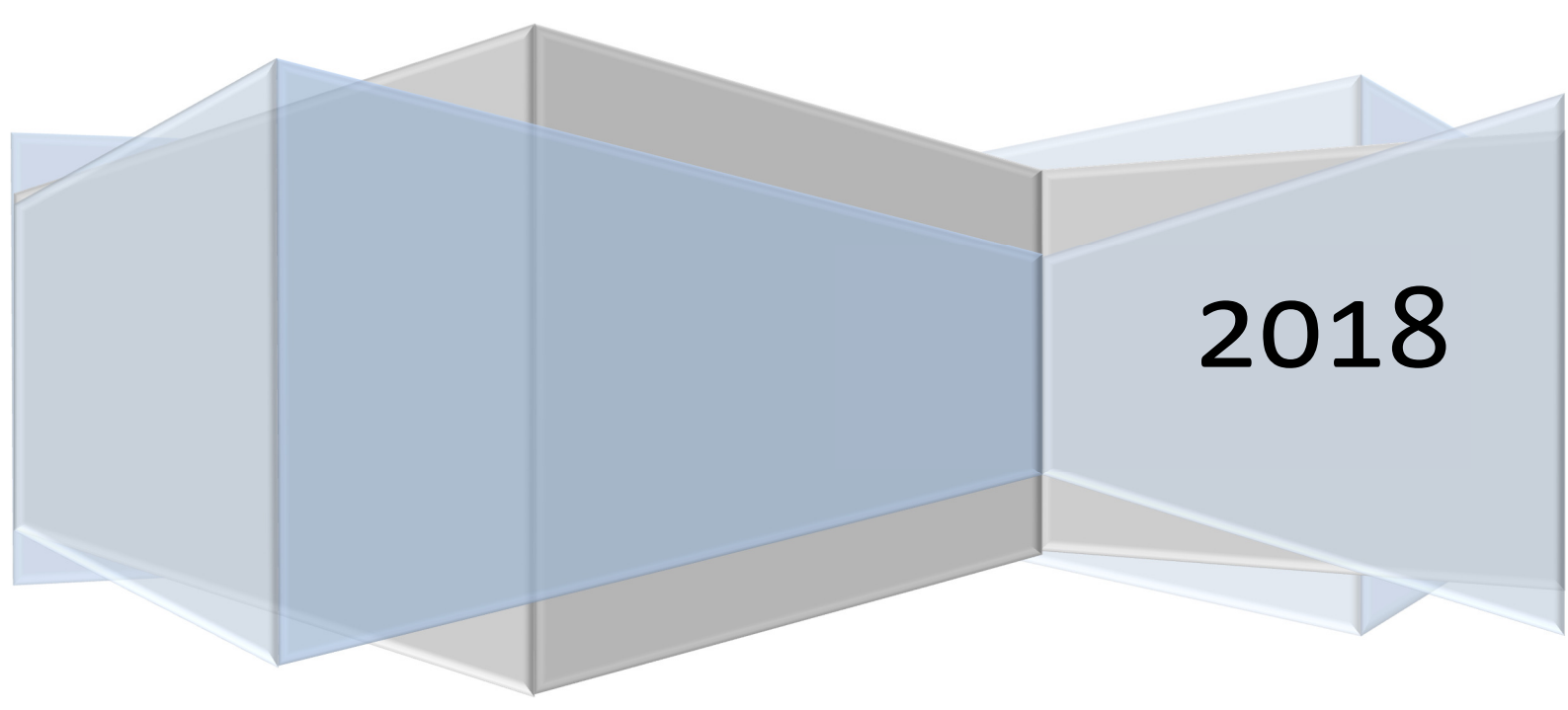


ENVltech Bohemia s.r.o.

Vyhodnocení kvality ovzduší v Otrokovicích v roce 2018



2018

OBSAH

1	ÚVOD	2
2	IMISNÍ LIMITY	3
3	METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY V ROCE 2018	4
3.1	METEOROLOGICKÁ SITUACE V ROCE 2018 A VLIV NA KVALITU OVZDUŠÍ	4
3.2	VĚTRNÁ RŮŽICE A RYCHLOST VĚTRU	5
3.3	TEPLOTA VZDUCHU	7
3.4	ÚHRN SRÁŽEK	8
4	VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V OTROKOVICÍCH	9
4.1	SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM₁₀, PM_{2,5} A PM₁	9
4.1.1	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ KONCENTRACE PM ₁₀ , PM _{2,5} A PM ₁	11
4.1.2	DENNÍ KONCENTRACE PM ₁₀	15
4.1.3	ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – KONCENTRAČNÍ RŮŽICE A DENNÍ CHOD	19
4.2	OXIDY DUSÍKU – NO, NO₂ A NO_x	22
4.2.1	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ KONCENTRACE NO, NO ₂ A NO _x	23
4.2.2	HODINOVÉ KONCENTRACE NO ₂	26
4.2.3	ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – KONCENTRAČNÍ RŮŽICE A DENNÍ CHOD	28
4.3	OXID UHELNATÝ	30
5	ZÁVĚR	31
6	CITOVANÁ LITERATURA	32

1 ÚVOD

V Otrokovicích probíhá měření kvality ovzduší na monitorovací stanici Otrokovice – město umístěnou na náměstí 3. května. Tato stanice je charakterizována jako dopravní městská stanice. Její reprezentativnost leží v oblastním měřítku (0,5 – 4 km). Měření zde započalo 1. 1. 2014.



Obr. 1 – Stanice Otrokovice – město

Tato studie slouží jako vyhodnocení měření za rok 2018 a srovnání s legislativou.

2 IMISNÍ LIMITY

V lokalitě Otrokovice jsou měřeny následující škodliviny:

- suspendované částice PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁
- oxidy dusíku – NO, NO₂ a NO_x
- oxid uhelnatý

Pro tyto škodliviny platí dle zákona 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší [1] následující imisní limity.

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

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit LV	UAT	LAT	pLV
Oxid uhelnatý CO	maximální denní osmihodinový klouzavý průměr	10 mg*m ⁻³	7 mg*m ⁻³	5 mg*m ⁻³	
Prašný aerosol PM₁₀	24 hodin	50 µg*m ⁻³	35 µg*m ⁻³	25 µg*m ⁻³	35
Prašný aerosol PM₁₀	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 NO₂	1 hodina	200 µg*m ⁻³	140 µg*m ⁻³	100 µg*m ⁻³	18
Oxid dusičitý NO₂	1 kalendářní rok	40 µg*m ⁻³	32 µg*m ⁻³	26 µg*m ⁻³	

Kromě samotných imisních limitů tabulky uvádí také přípustnou četnost překročení za kalendářní rok (pLV, 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. Poslední sloupec (pLV) v Tab. 1 zobrazuje maximální povolený počet překročení limitní hodnoty (LV) za kalendářní rok. To znamená, že například v případě denního limitu pro PM₁₀ může být za kalendářní rok hodnota 50 µg.m⁻³ 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.

3 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY V ROCE 2018

3.1 METEOROLOGICKÁ SITUACE V ROCE 2018 A VLIV NA KVALITU OVZDUŠÍ

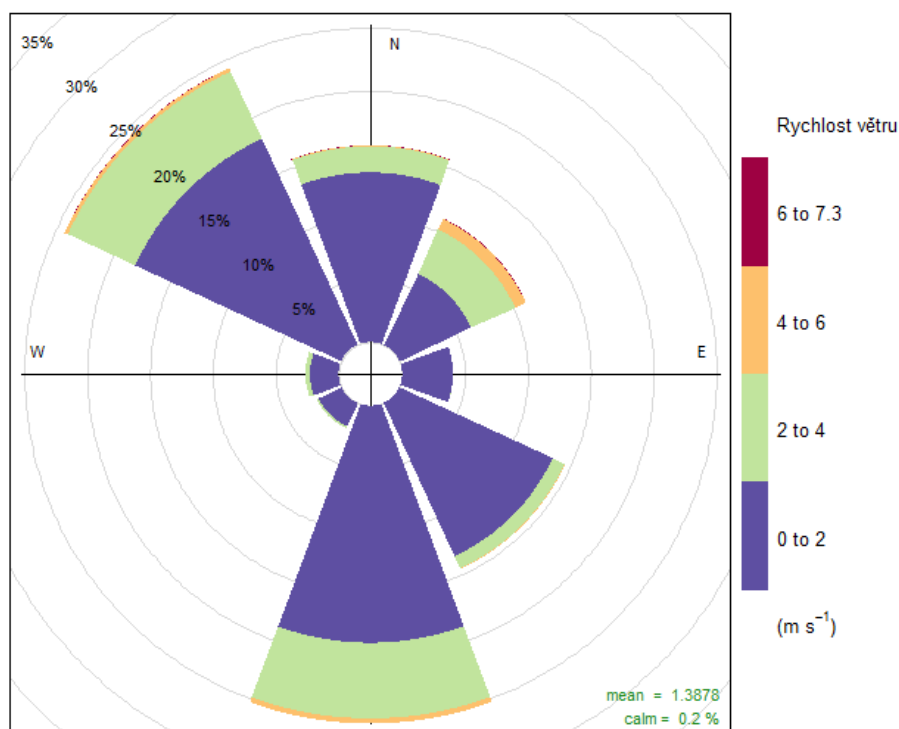
Rok 2018 byl s průměrnou **teplotou** 9,6 °C a s odchylkou +1,7 °C od normálu 1981–2010 (a +2,1 °C od normálu 1961–1990) **mimořádně nadnormální**, podobně jako předchozí roky 2014 a 2015, roky 2016 a 2017 byly jen silně nadnormální. Rok 2018 se v řadě teplotních průměrů pro území České republiky stal absolutně nejteplejším rokem. Teplotní odchylka od normálu 1981-2010 v jednotlivých měsících kolísala od +4,8 °C v dubnu, teplotně mimořádně nadnormální měsíc, až po –2,6 °C v únoru, který tak byl měsícem teplotně podnormálním. V průběhu roku byl pouze listopad měsíc teplotně normální. Únor a březen byly teplotně podnormální, červenec, září, říjen a prosinec byly nadnormální, leden, červen a srpen silně nadnormální a konečně duben a květen byly teplotně mimořádně nadnormální.

Roční **srážkový** úhrn 517 mm zařazuje rok mezi roky srážkově **silně podnormální** (normál za období 1981–2010 je v Česku 686 mm). Nejvíce srážek, v průměru 70 mm, což bylo 140 % normálu, napadlo v České republice v prosinci a nejméně, v průměru jen 14 mm, to je 37 % normálu, v únoru. Prosinec tak byly srážkově nadnormální a únor podnormální měsíc. Měsíce leden a září a říjen měly úhrn vyšší, než jsou průměrné hodnoty, zůstaly však v normálním intervalu, měsíc listopad byl s 37 % mimořádně podnormální, měsíce duben, červenec a srpen byly srážkově silně podnormální a měsíce březen, květen, červen a říjen měly úhrn nižší, než je normál, ale jsou klasifikovány jako měsíce srážkově normální.

Maximální povolený počet překročení (35 za kalendářní rok) hodnoty denního imisního limitu PM₁₀ (50 µg·m⁻³) byl v ČR v roce 2018 překročen na 42 stanicích AIM, přičemž na počtu překročení hodnoty imisního limitu se nejvíce podílel měsíc **březen**. Maximální povolený počet překročení (25 v průměru za tři roky) hodnoty imisního limitu pro maximální denní 8hodinovou koncentraci O₃ (120 µg·m⁻³) byl překročen na 34 stanicích. V roce 2018 bylo v ČR vyhlášeno 10 smogových situací a 4 regulace z důvodu vysokých koncentrací PM₁₀ a 12 smogových situací z důvodu vysokých koncentrací O₃ [2].

3.2 VĚTRNÁ RŮŽICE A RYCHLOST VĚTRU

Větrná růžice byla sestrojena z hodinových dat o rychlosti a směru větru. Z Obr. 2 je patrné, že v lokalitě převládají jižní a severozápadní směry, doplněné o jihovýchodní a severní směry proudění větru. Ostatní směry jsou zastoupeny podstatně méně. Tato situace vyplývá z orografie terénu a zástavby v místě měření. Bezvětrí panovalo v 0,2 % hodin roku 2018. Proudění větru většinou nepřesahovalo rychlost 2 m.s^{-1} , vyšší rychlosti větru jsou zastoupeny převážně při proudění ze severozápadu a jihu.

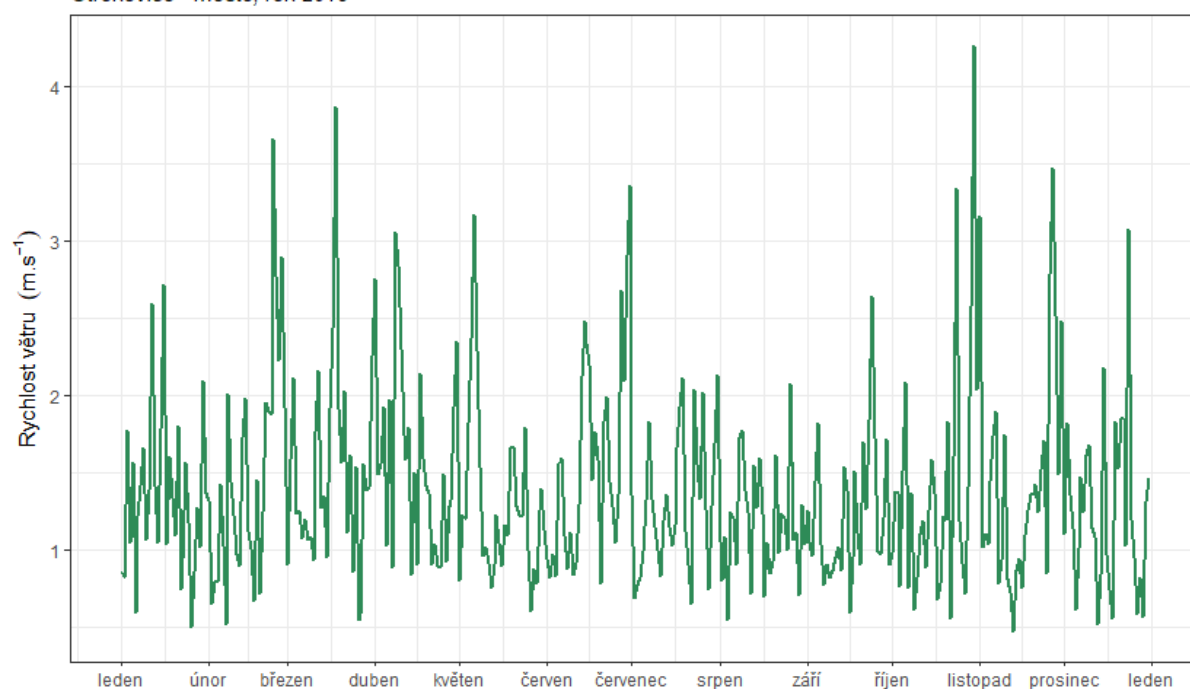


Obr. 2 – Větrná růžice, lokalita Otrokovice, rok 2018

Vývoj průměrných denních rychlostí větru pak zobrazuje Obr. 3. Je patrné, že průměrné denní rychlosti větru vyšší než $2,5 \text{ m.s}^{-1}$ se vyskytují spíše výjimečně, nejčastěji proudí vítr rychlostí $1\text{--}2 \text{ m.s}^{-1}$. Z hlediska průměrných měsíčních rychlostí větru je patrné, že nejvyšší hodnoty byly naměřeny v dubnu a červnu, naopak nejnižší rychlosti větru byly měřeny v srpnu.

Vývoj průměrných denních rychlostí větru

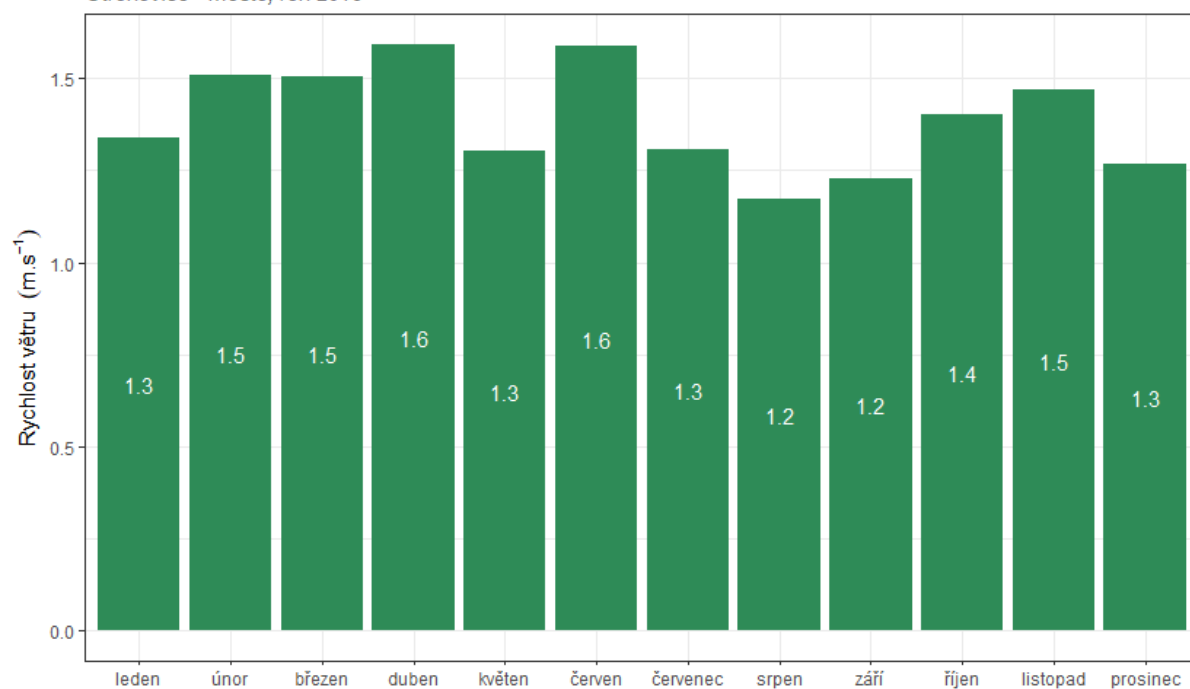
Otrokovice - město, rok 2018



Obr. 3 – Průměrné denní rychlosti větru, Otrokovice, rok 2018

Vývoj průměrných měsíčních rychlostí větru

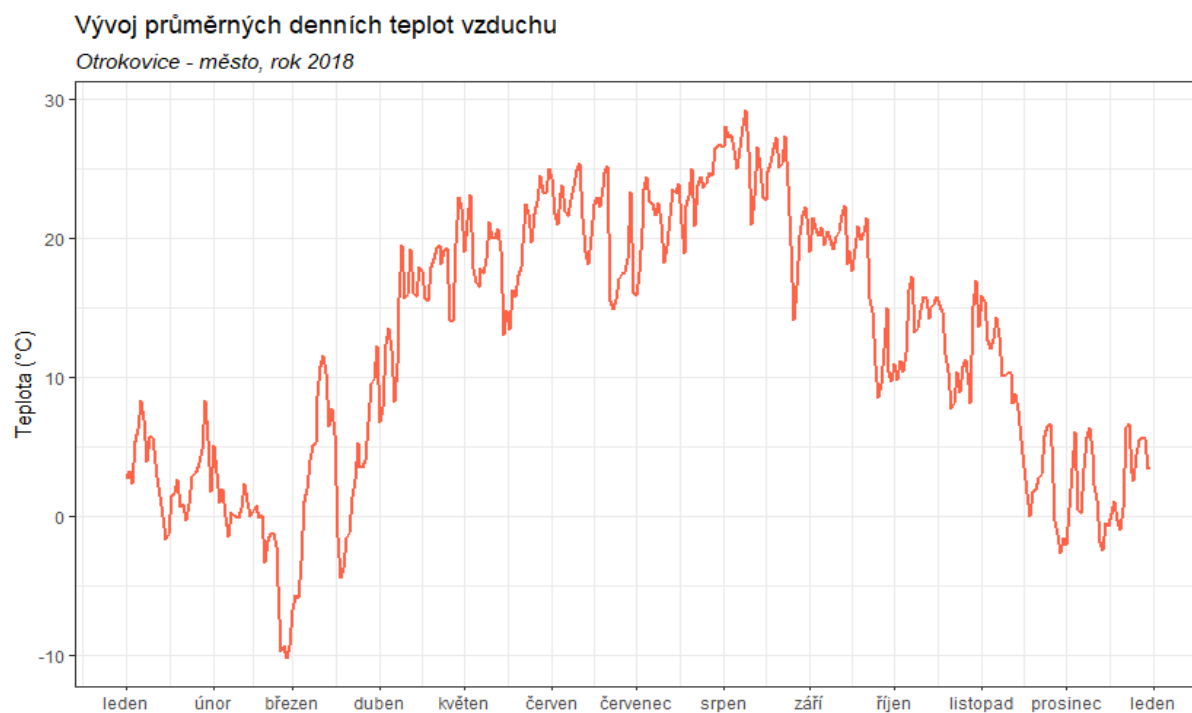
Otrokovice - město, rok 2018



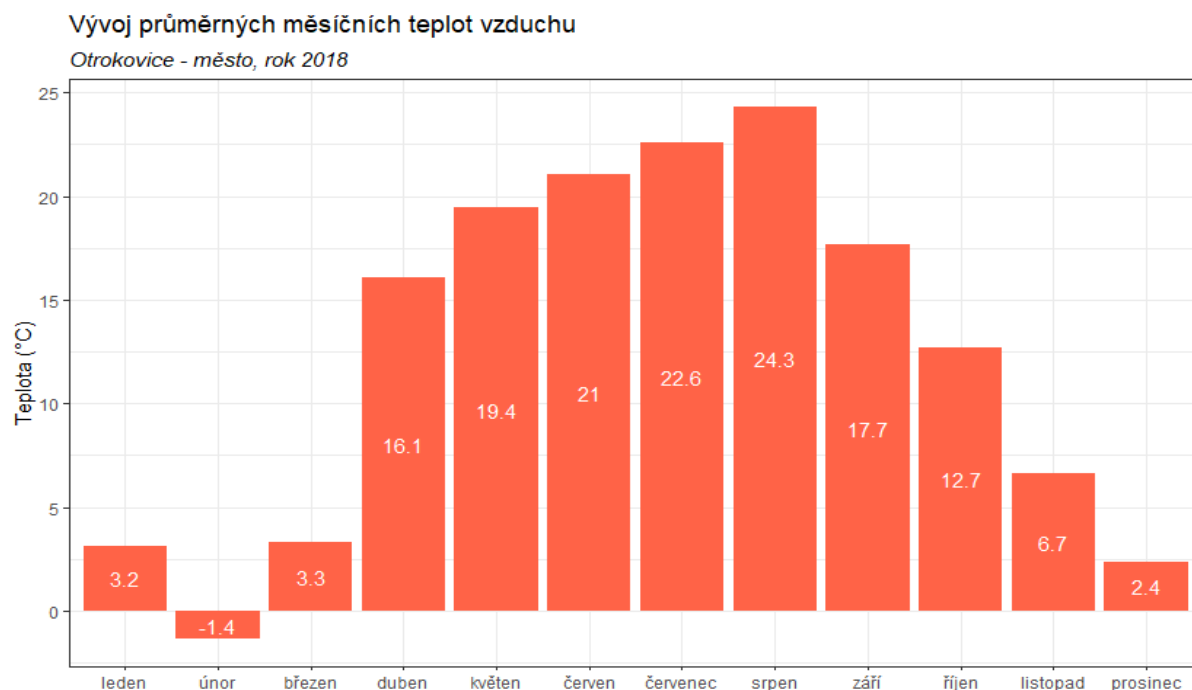
Obr. 4 - Průměrné měsíční rychlosti větru, Otrokovice, rok 2018

3.3 TEPLOTA VZDUCHU

Trend vývoje průměrných denních teplot je zobrazen v grafu na Obr. 5. Jsou zde patrné nejnižší denní teploty v lednu (minimální průměrná denní teplota naměřena dne 27. 2., $-10,3^{\circ}\text{C}$). Přelom února a března byl nejchladnějším obdobím roku. Nejvyšší teploty pak panovaly v srpnu (Obr. 6), kdy průměrné měsíční teploty přesáhly 24°C (maximální průměrná denní teplota dosažena 9. 8., $29,3^{\circ}\text{C}$). Naopak únor se v průměrných měsíčních teplotách pohyboval okolo $-1,4^{\circ}\text{C}$.



Obr. 5 – Průměrné denní teploty vzduchu, Otrokovice, rok 2018



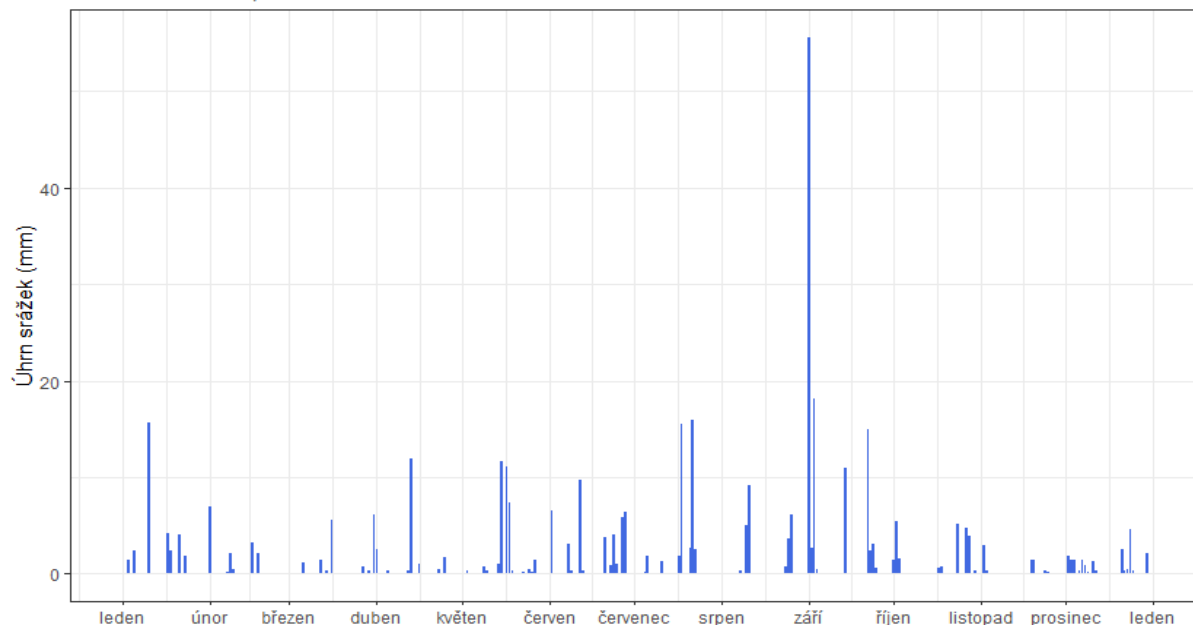
Obr. 6 - Průměrné měsíční teploty vzduchu, Otrokovice, rok 2018

3.4 ÚHRN SRÁŽEK

Denní úhrny srážek zobrazuje následující Obr. 7. Z grafu je patrné maximum dne 1. 9. 2018 (55,6 mm), což je vyšší úhrn srážek za jediný den, než ve zbylých měsících (Obr. 8). Nejnížší úhrny srážek byly naměřeny v listopadu, únoru a březnu, což se projevilo zejména na koncentracích suspendovaných částic v ovzduší – nedocházelo k vymývání atmosféry a koncentrace tak byly vyšší.

Vývoj denních úhrnů srážek

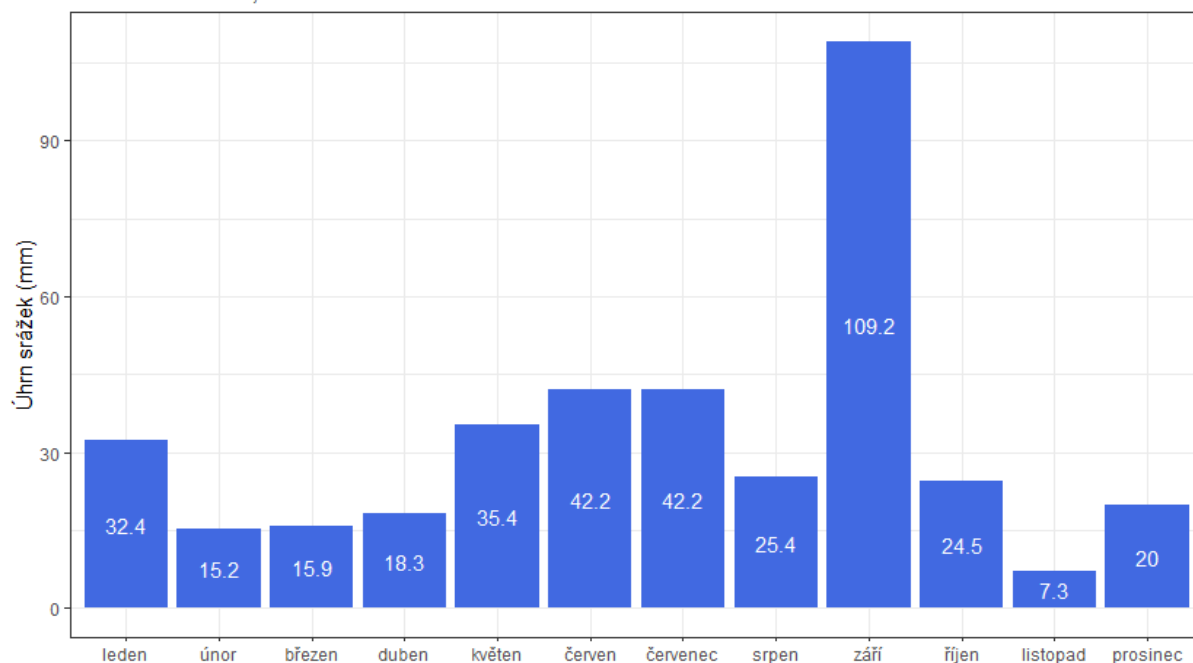
Otrokovice - město, rok 2018



Obr. 7 – Denní úhrn srážek, Otrokovice, rok 2018

Vývoj měsíčních úhrnů srážek

Otrokovice - město, rok 2018



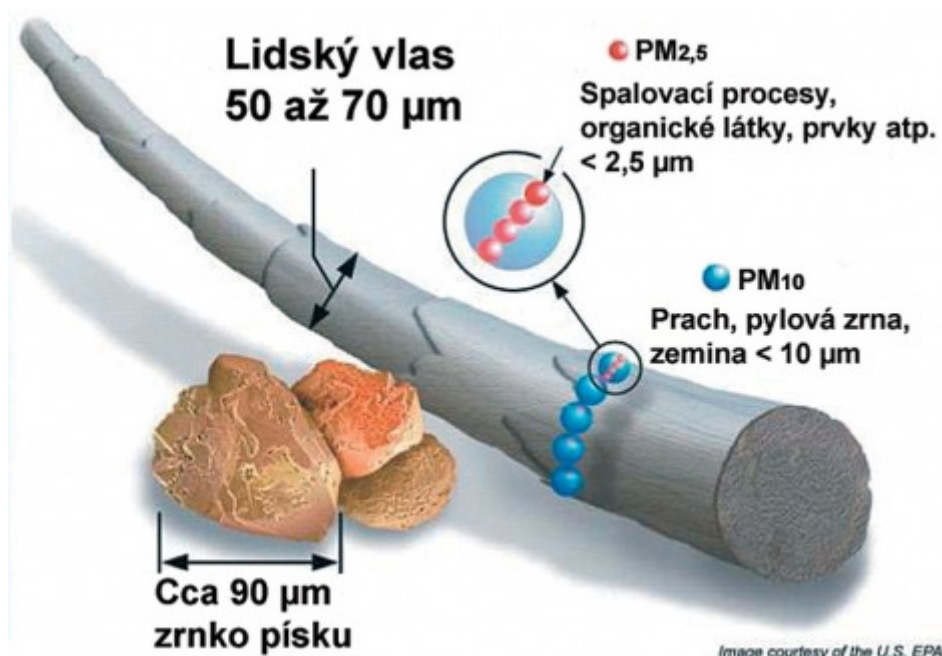
Obr. 8 – Měsíční úhrn srážek, Otrokovice, rok 2018

4 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V OTROKOVICÍCH

4.1 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM₁₀, PM_{2,5} A PM₁

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

Z hlediska platné legislativy [3] 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. 9.

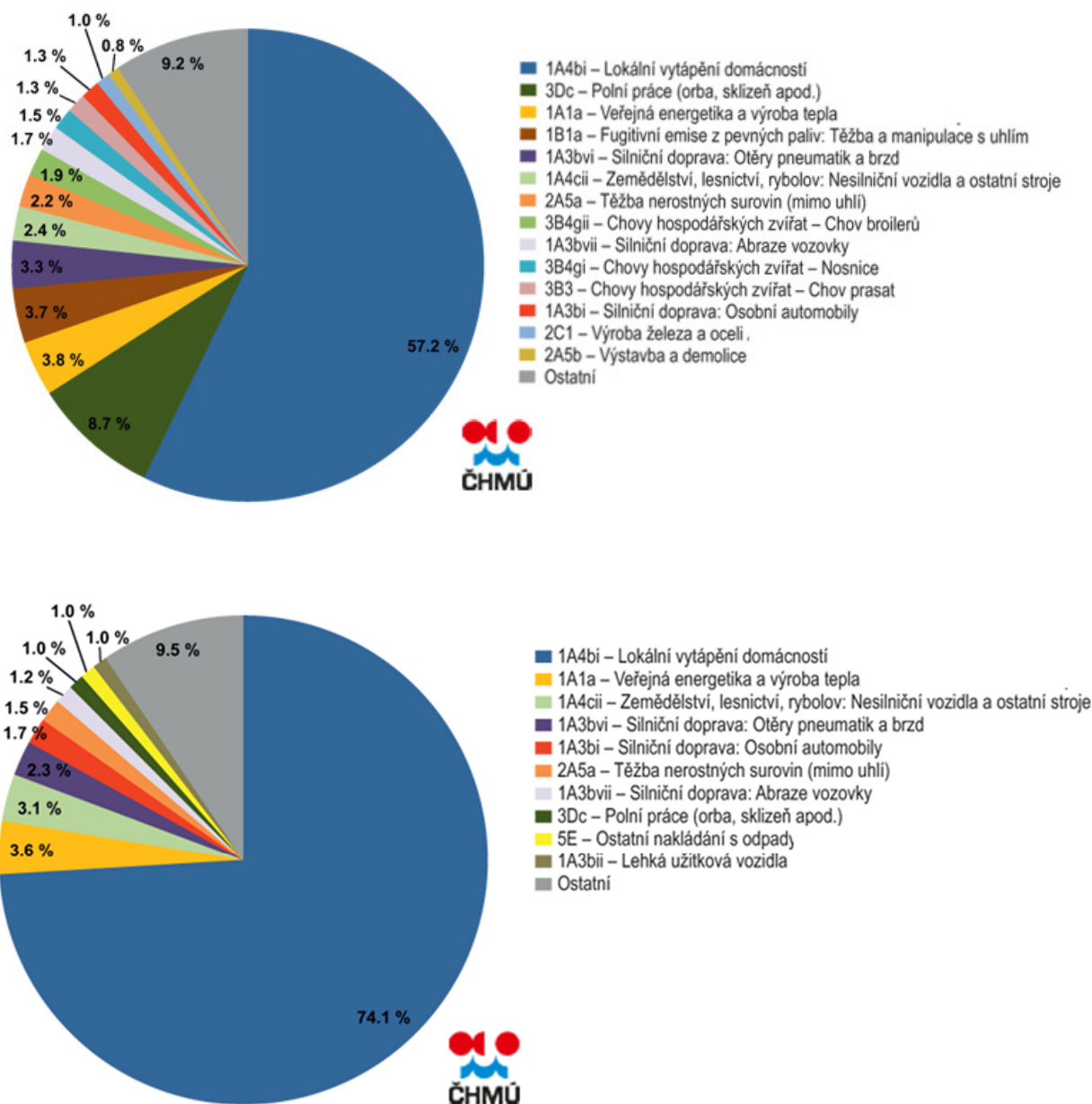


Obr. 9 – Srovnání velikostí částic PM₁₀ a PM_{2,5} s lidským vlasem a zrnkem písku. Zdroj: US EPA

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 (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 PM₁₀ 57,2 % a PM_{2,5} 74,1 %. Mezi další významné zdroje emisí PM₁₀ patří 3Dc-Polní práce, kde tyto emise vznikají při zpracování půdy, sklizni a čištění zemědělských plodin. Tento sektor představoval 8,7 % emisí PM₁₀. 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 [4]. 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 $PM_{2,5}$ 10,9 %. (Obr. 10) [5].



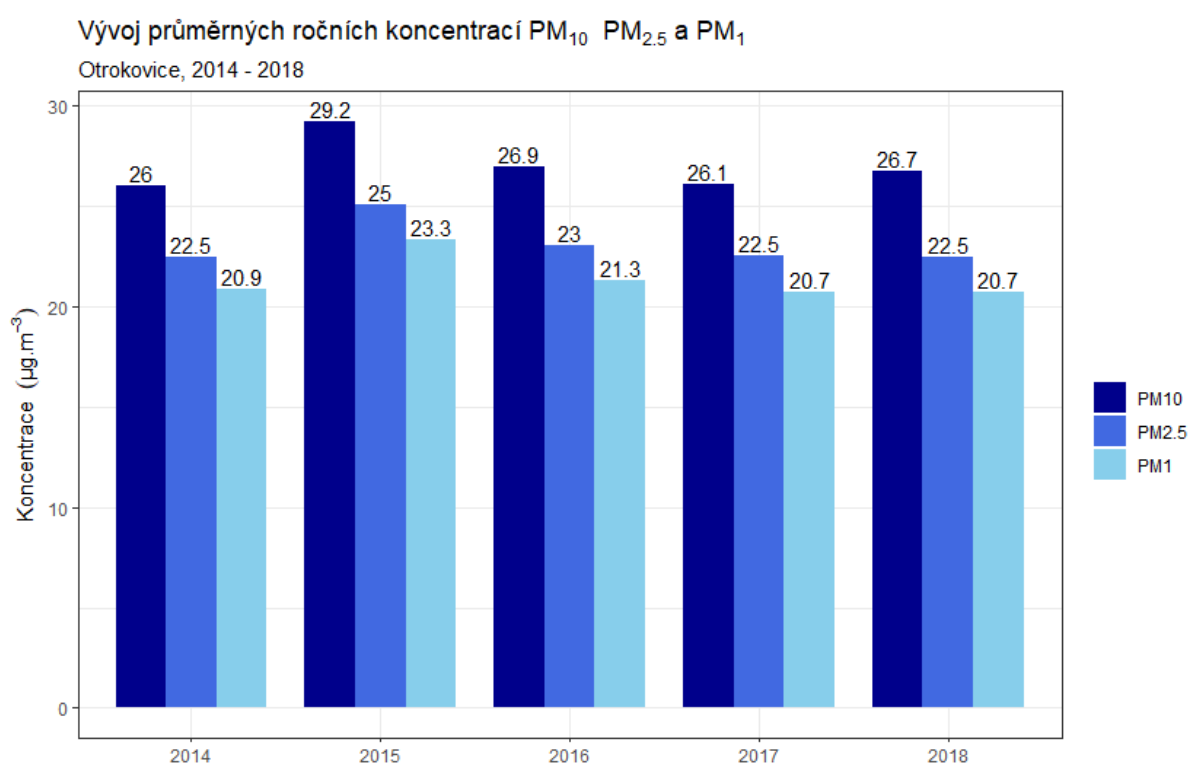
Obr. 10 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM_{10} (nahore) a $PM_{2,5}$ (dole) v ČR v roce 2016 [5]

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 $1\text{ }\mu\text{m}$ [6], [7].

4.1.1 Průměrná roční koncentrace PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a PM_1

Průměrná roční koncentrace je pro PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ ukazatelem ukotveným v legislativě pomocí imisního limitu pro tuto hodnotu. Jedná se o dlouhodobou charakteristiku kvality ovzduší v daném roce a lokalitě. Následující Obr. 11 zobrazuje vývoj průměrných ročních charakteristik jednotlivých frakcí částic v lokalitě Otrokovice-město od počátku měření v roce 2014.



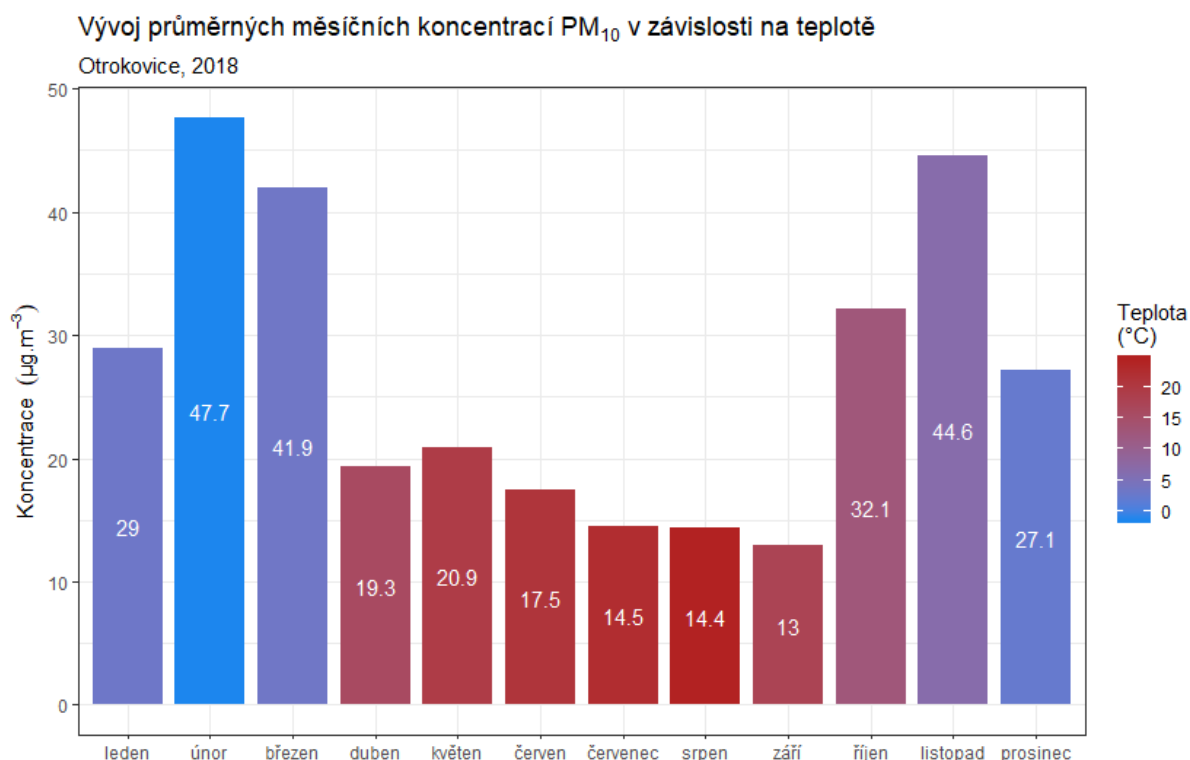
Obr. 11 – Průměrná roční koncentrace PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a PM_1 , lokalita Otrokovice-město, 2014-2018

Z grafu je patrné, že nejvyšších hodnot bylo dosaženo v roce 2015. V ostatních letech jsou koncentrace poměrně vyrovnané. Průměrná roční koncentrace PM_{10} se pohybuje mezi 26 a 27 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, k překročení imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci PM_{10} ($40\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) tedy dlouhodobě nedochází.

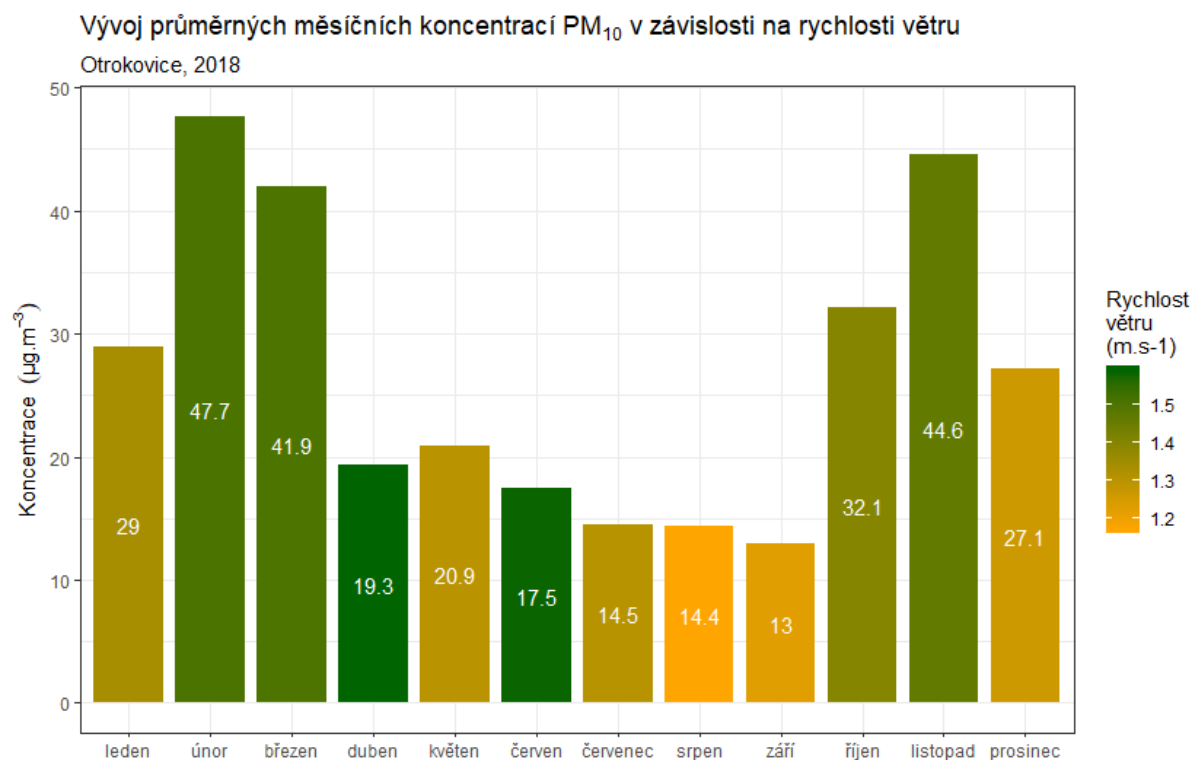
Z hlediska průměrných ročních koncentrací jemnější frakce $\text{PM}_{2,5}$ je situace mírně odlišná. V roce 2015 došlo přesně k vyrovnání hodnoty imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci $\text{PM}_{2,5}$ ($25\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). V ostatních letech k překračování této hodnoty nedochází. Avšak od roku 2020 dojde ke zpřísnění imisního limitu z $25\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na $20\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ [8]. Při zachování současných hodnot $\text{PM}_{2,5}$ by tedy docházelo k překračování tohoto imisního limitu. V případě jemnějších částic $\text{PM}_{2,5}$ a PM_1 jsou roky 2017 a 2018 naprosto vyrovnané, rovněž v případě hrubší frakce PM_{10} jsou si velmi podobné.

Z následujících Obr. 12 - Obr. 15 je patrné, že nejvyšších koncentrací je dosahováno v zimním období. Důvodem je zejména topná sezóna (lokální topeniště vyprodukují za celý rok zhruba 57 % částic PM_{10} a více než 75 % všech emisí jemnější frakce $PM_{2,5}$, přitom jsou v provozu převážně pouze v topné sezóně). Velmi významným faktorem jsou však také meteorologické podmínky. Důležité je, zdali panuje inverzní charakter počasí (zejména zimní období), na koncentrace částic mají významný vliv teplota vzduchu, rychlost větru, vlhkost či srážky.

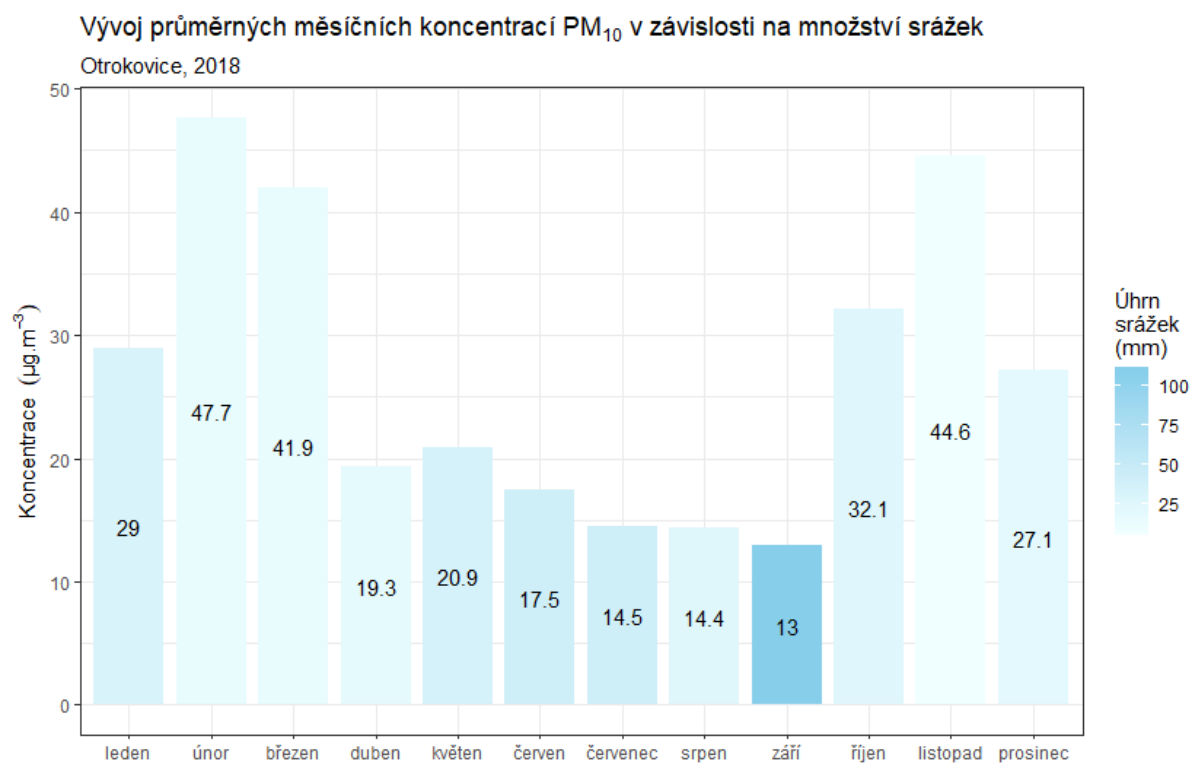
Z následujících obrázků je dále patrný vliv zmiňovaných meteorologických prvků na koncentrace suspendovaných částic. S klesající teplotou či rychlostí větru rostou koncentrace částic a naopak. Významné jsou rovněž srážky. Pokud prší málo, nedochází k dostatečnému pročišťování atmosféry a koncentrace rostou. V případě vlhkosti koncentrace rostou s rostoucí vlhkostí. Nejvyšší průměrné měsíční koncentrace PM_{10} byly měřeny v lednu a únoru, kdy panovaly v celé střední Evropě velmi špatné rozptylové podmínky, které vedly k vyhlášení četných smogových situací a regulací.



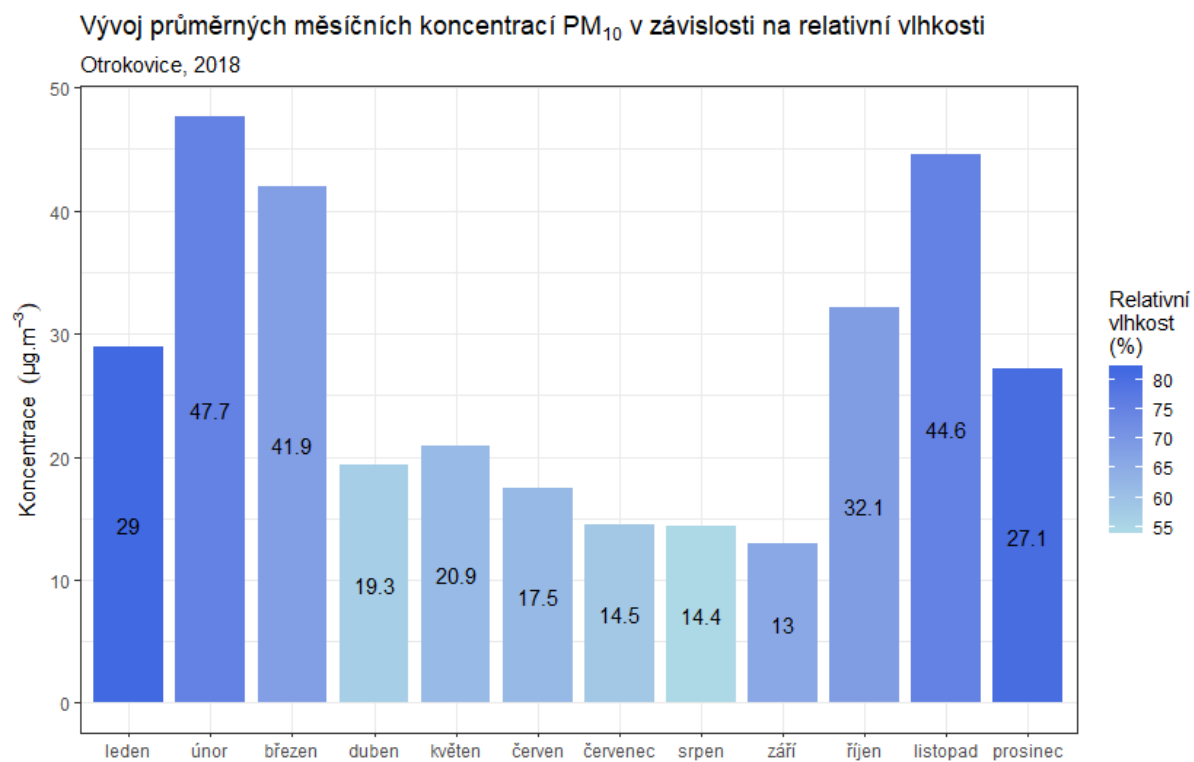
Obr. 12 – Průměrné měsíční koncentrace PM_{10} v závislosti na průměrné teplotě vzduchu, Otrokovice, 2018



Obr. 13 - Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀ v závislosti na průměrné rychlosti větru, Otrokovice, 2018



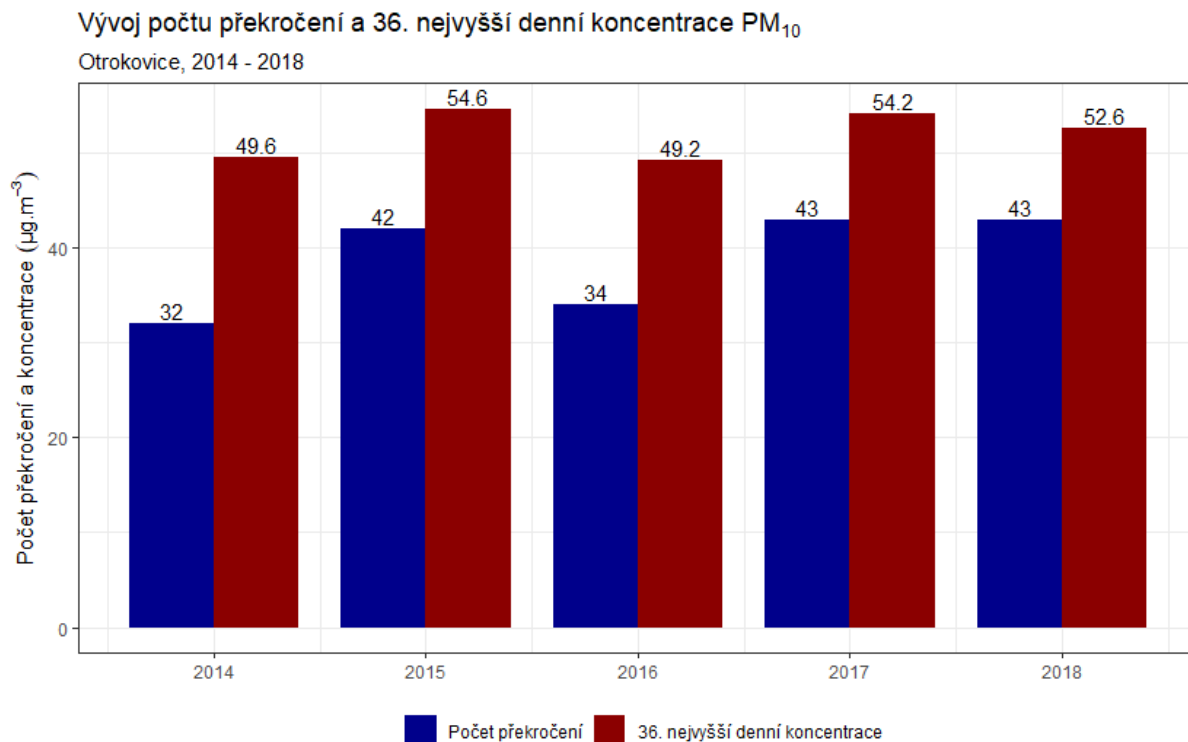
Obr. 14 – Průměrné měsíční koncentrace PM v závislosti na úhrnu srážek, Otrokovice, 2018



Obr. 15 - Průměrné měsíční koncentrace PM_{10} v závislosti na průměrné relativní vlhkosti vzduchu, Otrokovice, 2018

4.1.2 Denní koncentrace PM₁₀

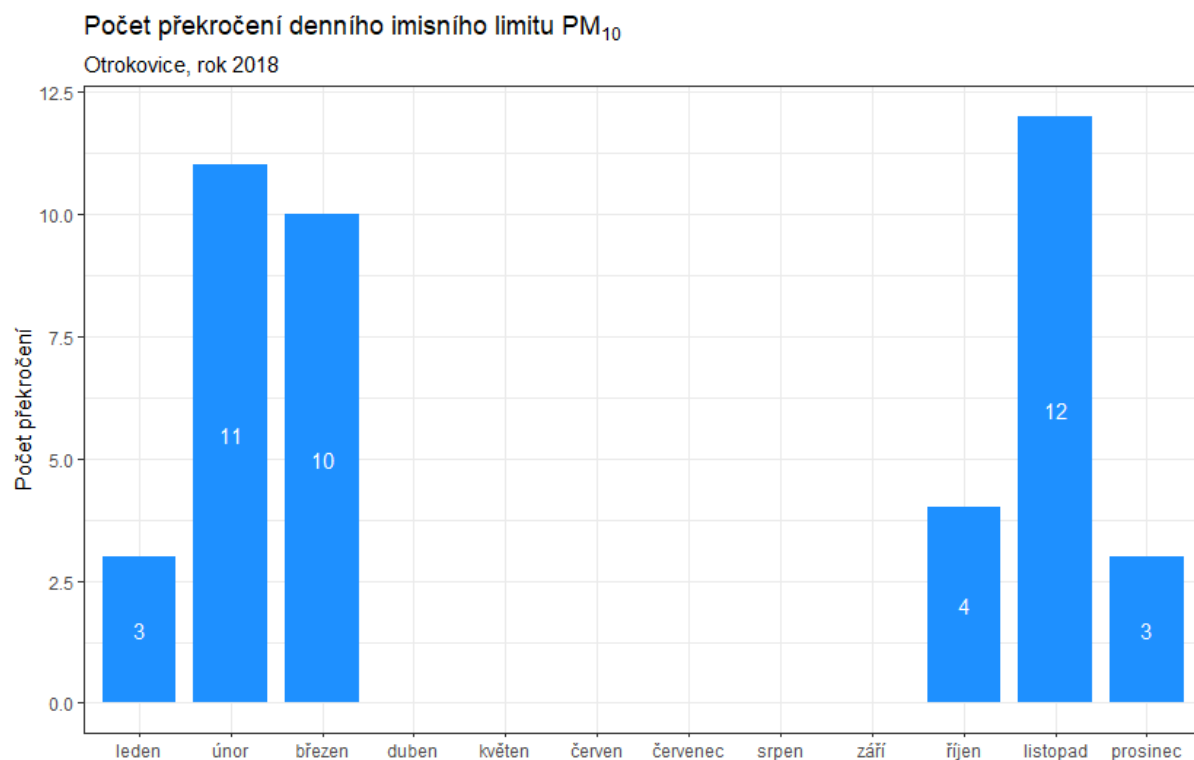
V případě denního imisního limitu pro PM₁₀ je sledována 36. nejvyšší průměrná denní koncentrace nebo počet dní s průměrnými denními koncentracemi PM₁₀ > 50 µg.m⁻³ za kalendářní rok (legislativa povoluje nejvýše 35). Vývoj těchto charakteristik v lokalitě Otrokovice-město zobrazuje následující graf na Obr. 16.



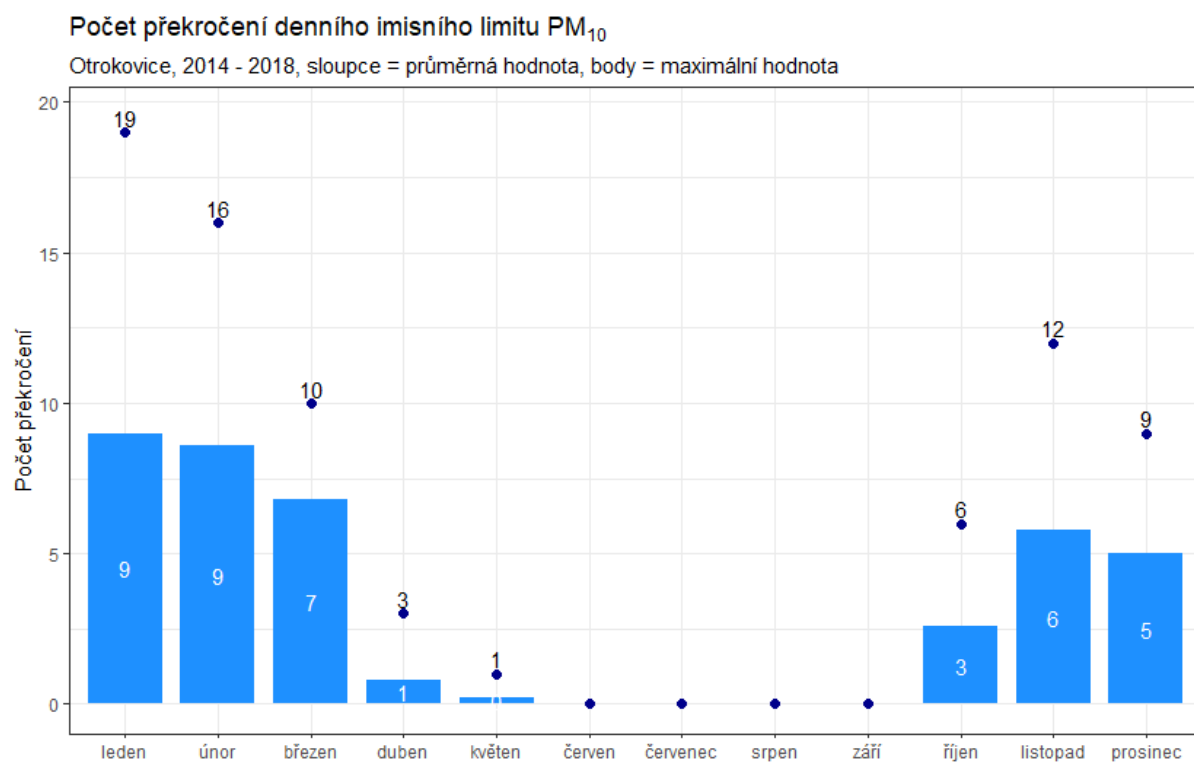
Obr. 16 - 36. nejvyšší průměrná denní koncentrace a počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro denní koncentrace PM₁₀, Otrokovice, 2014–2018

Z grafu vyplývá, že v letech 2015, 2017 a 2018 došlo v lokalitě Otrokovice-město k překročení denního imisního limitu pro PM₁₀. Hodnoty z roku 2018 jsou opět velmi podobné těm z roku 2017. Naměřené hodnoty jsou v obou zmíněných letech podobné. Tato charakteristika nemá dlouhodobou vypovídací hodnotu (jako v případě průměrné roční koncentrace), spíše charakterizuje zimní období, kdy jsou měřeny nejvyšší koncentrace (Obr. 12) a také téměř výhradně v chladné části roku dochází k překročení hodnoty imisního limitu (50 µg.m⁻³). V roce 2018 se jednalo zejména o nejchladnější měsíce únor, březen a listopad, jak ukazuje Obr. 17.

Následující graf na Obr. 18 pak zobrazuje průměrný počet překročení v jednotlivých měsících (sloupce) za období 2014–2018. Body pak zobrazují maximální počty překročení v tomto období. Z grafu je velmi dobře patrné, že od května do září nedošlo ani k jednomu překročení, v dubnu jsou překročení ojedinělá. Avšak zejména v lednu a únoru dochází k překračování často. Maximální hodnoty 19 (leden) a 16 (únor) byly naměřeny z důvodu velmi nepříznivých rozptylových podmínek v celé střední Evropě v roce 2017.

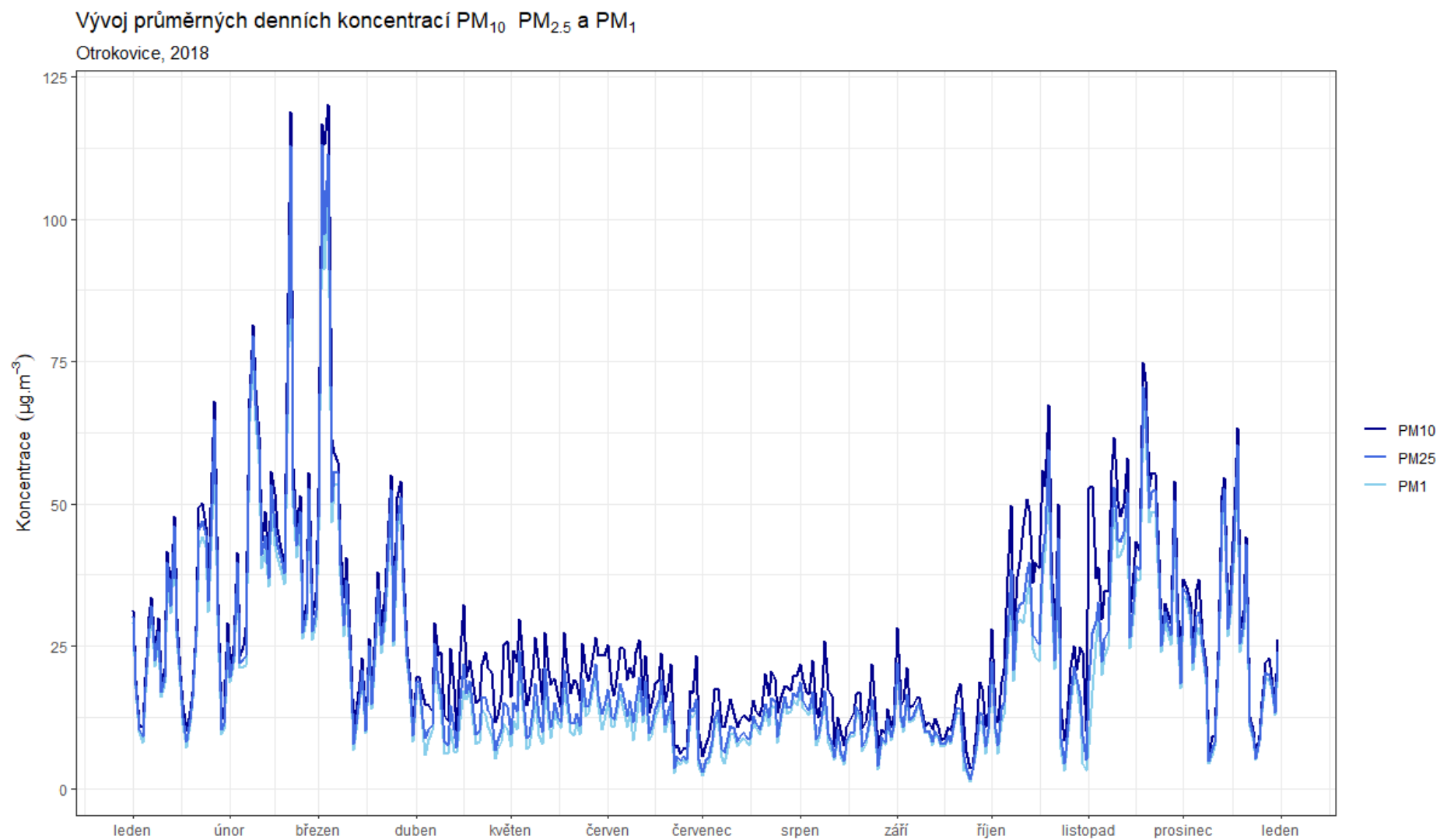


Obr. 17 – Počet dní s překročenou hodnotou denního imisního limitu pro PM₁₀ v jednotlivých měsících, Otrokovice-město, 2018



Obr. 18 – Průměrné a maximální počty dní s překročenou hodnotou denního imisního limitu pro PM₁₀ v jednotlivých měsících, Otrokovice-město, 2014–2018

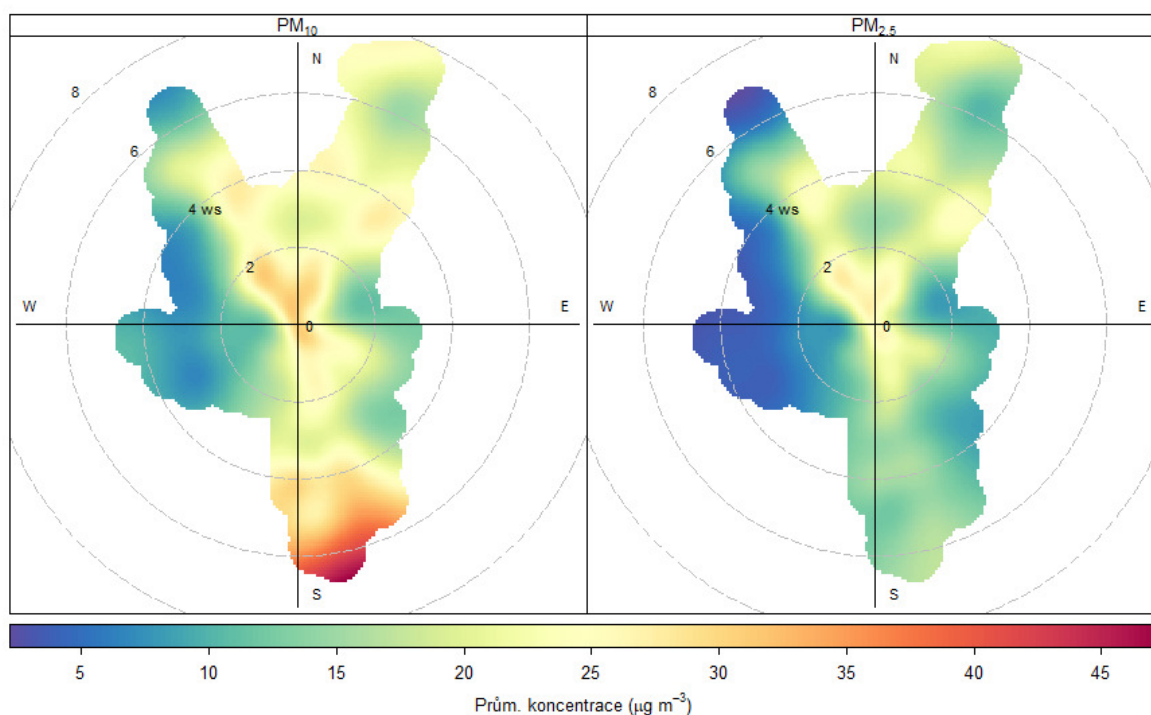
Vývoj denních koncentrací suspendovaných částic v Otrokovicích v roce 2018 zobrazuje Obr. 19. Je patrné, že dlouhodobě se koncentrace pohybovaly do $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pouze v únoru a březnu byly naměřeny velmi vysoké koncentrace PM. Maxima bylo dosaženo 4. 3. 2018, hodnota denní průměrné koncentrace PM_{10} činila $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Naopak v letních měsících se hodnoty koncentrací PM_{10} pohybovaly pod $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.



Obr. 19 – Průměrné denní koncentrace PM, Otrokovice, 2018

4.1.3 Analýza hodinových koncentrací – koncentrační růžice a denní chod

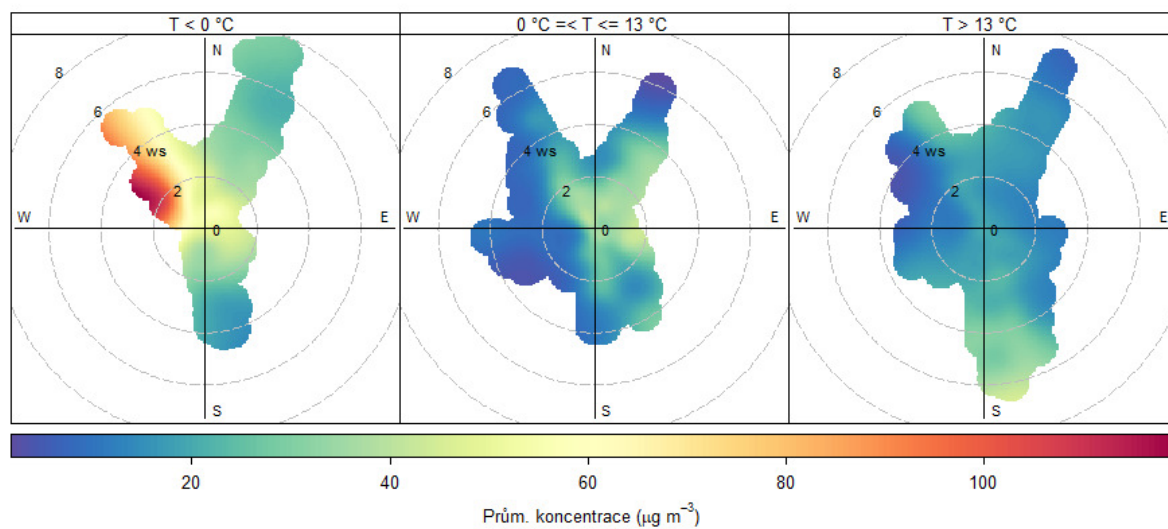
Větrná růžice pro lokalitu Otrokovice je zobrazena v kapitole 3.2 na Obr. 2. Na následujícím Obr. 20 je pak zobrazena koncentrační růžice pro PM_{10} a $PM_{2,5}$. Z koncentrační růžice vyplývá, že pro obě frakce jsou koncentrační růžice velmi podobné. Proto následující růžice v této kapitole budou konstruovány již jen pro PM_{10} s tím, že pro $PM_{2,5}$ platí úplně to samé. Maximální koncentrace jsou měřeny takřka výhradně při nízkých rychlostech větru až bezvětří. V případě PM_{10} je jediná výjimka, kdy byly vysoké koncentrace měřeny při vyšších rychlostech větru a jižním proudění, což mohl být jednak lokální faktor, ovlivňující pouze hrubou frakci (např. stavba), nebo např. větrná eroze, která se rovněž projevuje především v hrubší frakci částic. Z hlediska směru větru jsou pak vyšší koncentrace obou frakcí měřeny při severozápadním, resp. severovýchodním proudění.



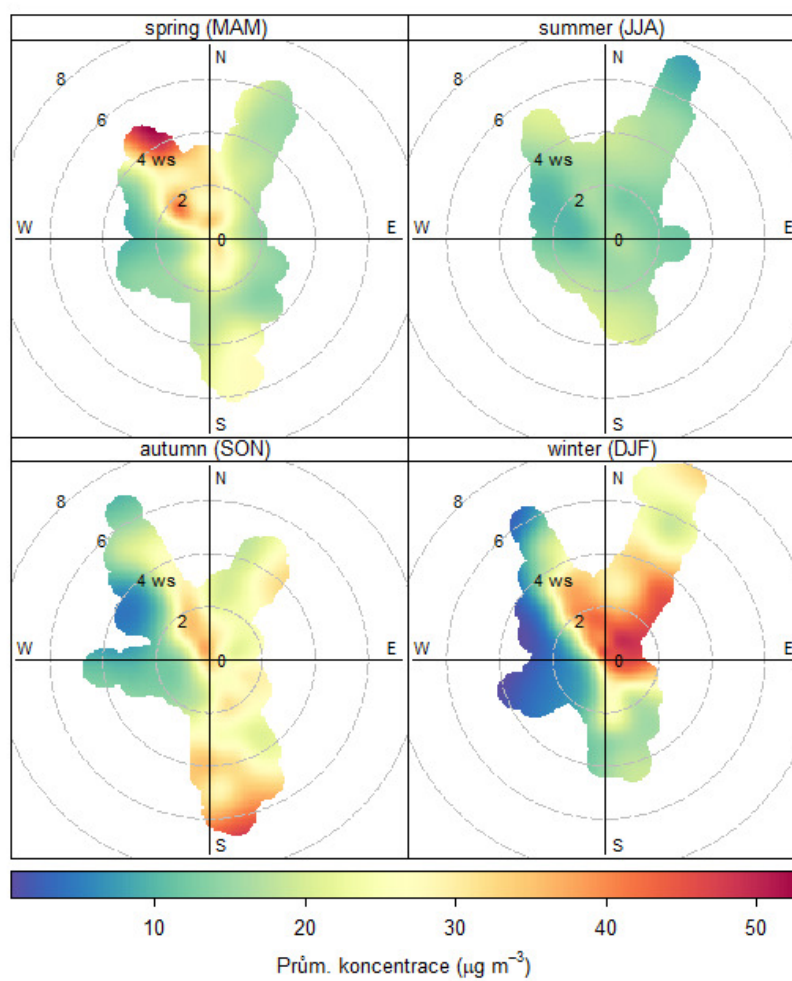
Obr. 20 - Koncentrační růžice pro PM_{10} (vlevo) a $PM_{2,5}$ (vpravo), Otrokovice, rok 2018

Zajímavá data poskytuje rovněž teplotně členěná koncentrační růžice (Obr. 21). Vyplývá z ní, že vysoké koncentrace jsou měřeny pouze při teplotách pod 0 °C. To poukazuje na ovlivnění lokality nejen dopravou, ale velmi výrazně i lokálními topeništi. Z růžice rovněž vyplývá dominance severozápadního proudění. Při teplotách vyšších než je 0°C jsou již koncentrace podstatně nižší.

Rovněž pokud koncentrační růžici rozdělíme podle ročních období, tak je velmi dobře patrné, že vysoké koncentrace byly v roce 2018 pozorovány pouze v zimním období (winter, Obr. 22). To opět potvrzuje, že topná sezóna spolu s meteorologickými podmínkami se nejvíce podílí na zvýšených koncentracích částic v ovzduší. Zvýšené koncentrace jsou zobrazeny i v růžici pro jarní období (spring) a podzimní období (autumn), protože byly měřeny vysoké koncentrace v březnu a listopadu.

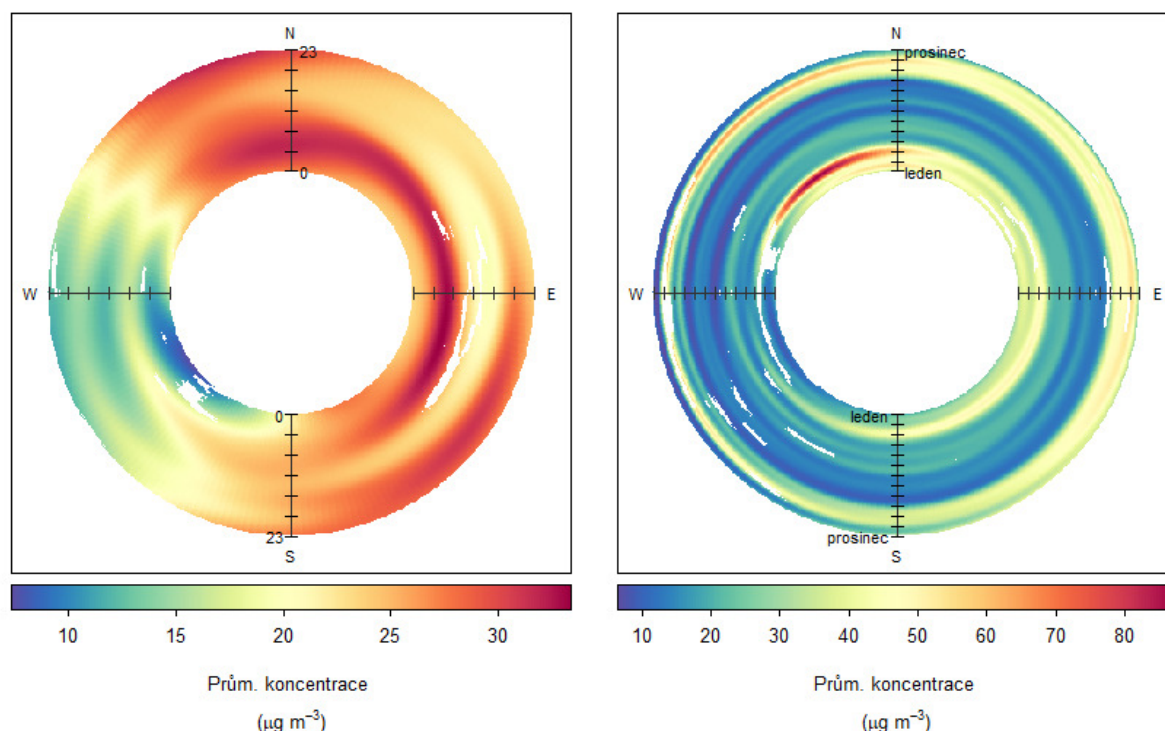


Obr. 21 – Teplotně členěná koncentrační růžice pro PM₁₀, lokalita Otrokovice, rok 2018



Obr. 22 - Koncentrační růžice pro PM₁₀, členěná dle ročních období, Otrokovice, rok 2018

Cenné informace poskytuje rovněž průměrný denní a roční chod, členěný dle směru větru. V případě denního chodu je uprostřed první hodina po půlnoci a na okraji pak 23. hodina. V případě ročního chodu je pak uprostřed 1. 1. a na okraji 31. 12. Směry větru jsou totožné jako v případě růžic.



Obr. 23 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Otrokovice-město, rok 2018

Z Obr. 23 pak vyplývá, že v případě lokality Otrokovice – město v roce 2018 byly nejvyšší koncentrace PM₁₀ měřeny v ranních hodinách z východního až severního směru a ve večerních a nočních hodinách z jihovýchodního směru a ze severu. Z hlediska ročního chodu koncentrací byly vysoké koncentrace měřeny při severozápadním proudění na přelomu února a března a v listopadu, tedy v nejchladnějších měsících.

4.2 OXIDY DUSÍKU – NO, NO₂ A NO_x

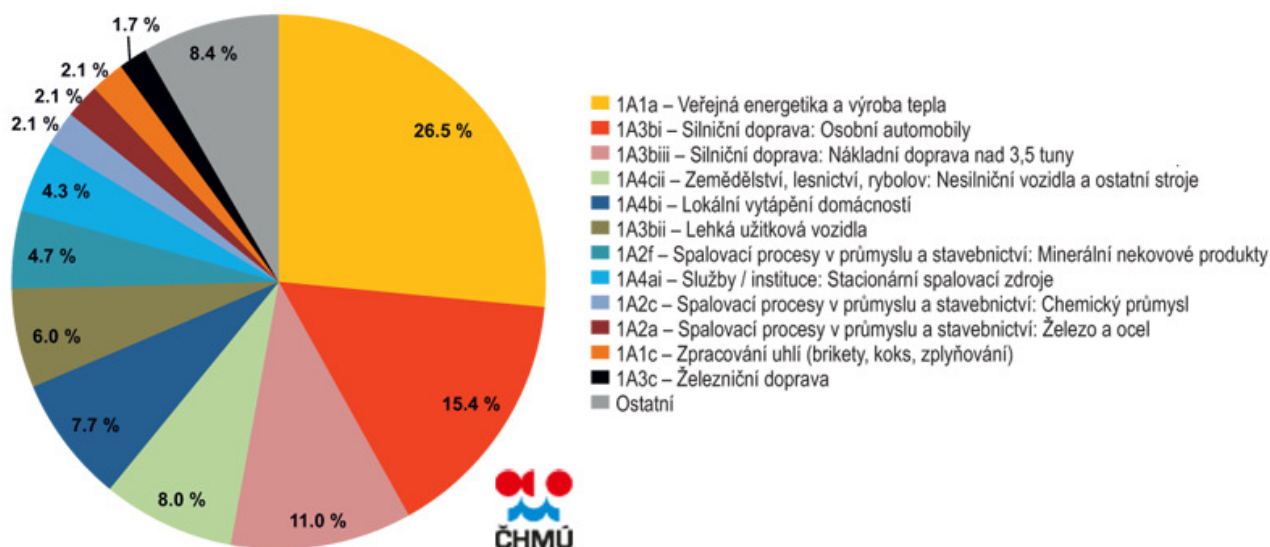
Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO_x) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂) [9].

Pro oxid dusičitý jsou v příloze 1 zákona o ochraně ovzduší [3] 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 [10]. 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 [11].

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. 24).

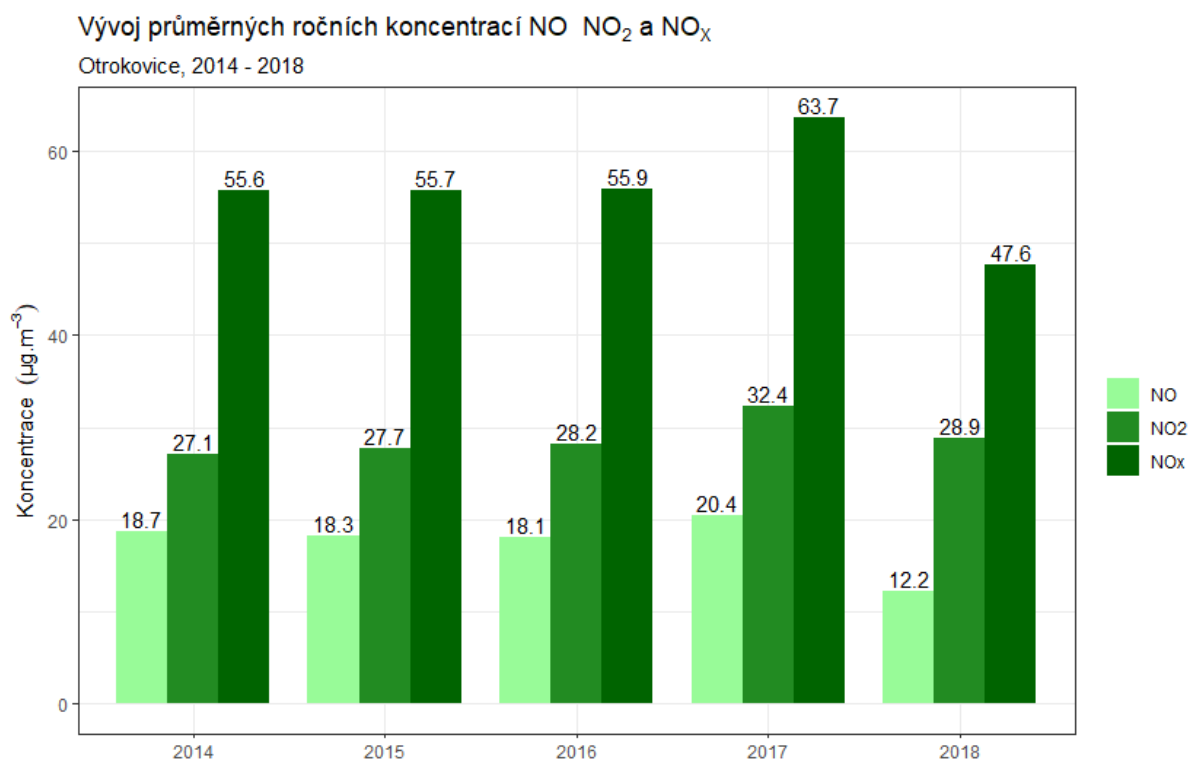


Obr. 24 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO_x v ČR, rok 2016 [5]

Expozice zvýšeným koncentracím NO₂ ovlivňuje plicní funkce a způsobuje snížení imunity [12].

4.2.1 Průměrná roční koncentrace NO, NO₂ a NO_x

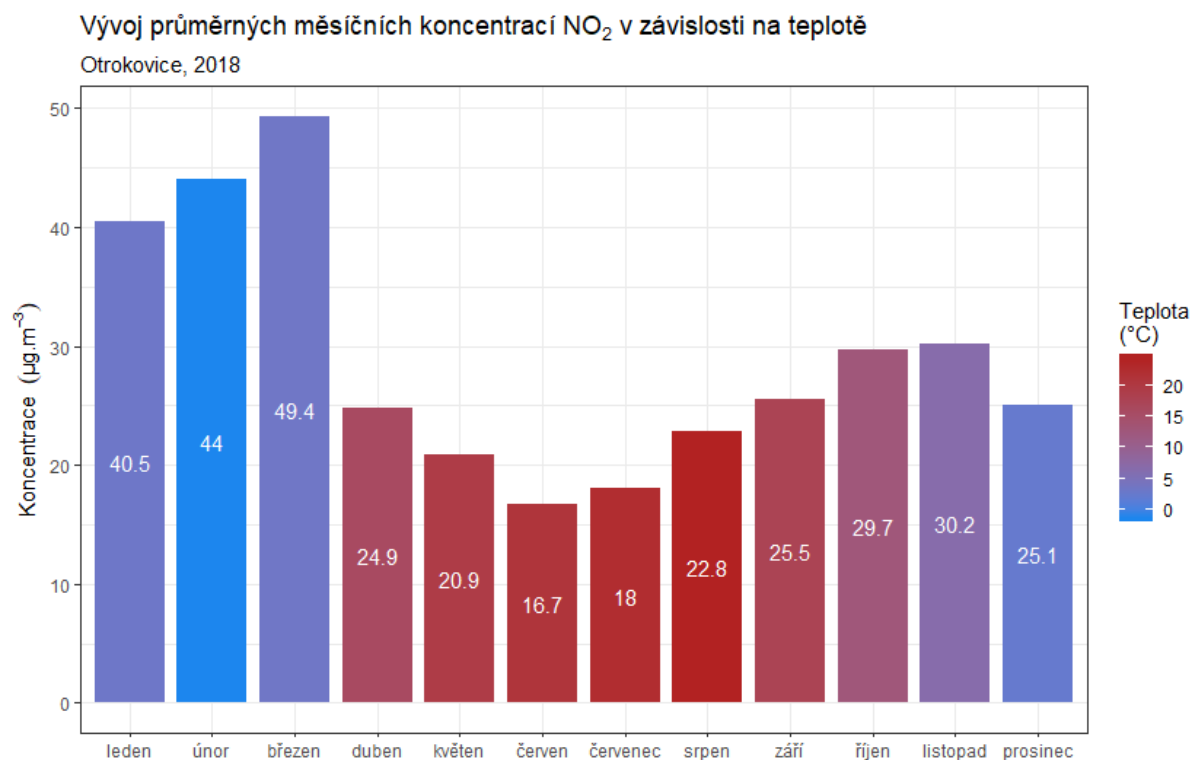
Průměrná roční koncentrace je pro NO₂ ukazatelem ukotveným v legislativě pomocí imisního limitu pro tuto hodnotu. Jedná se o dlouhodobou charakteristiku kvality ovzduší v daném roce a lokalitě. Následující Obr. 25 zobrazuje vývoj průměrných ročních charakteristik jednotlivých oxidů dusíku v lokalitě Otrokovice-město od počátku měření v roce 2014.



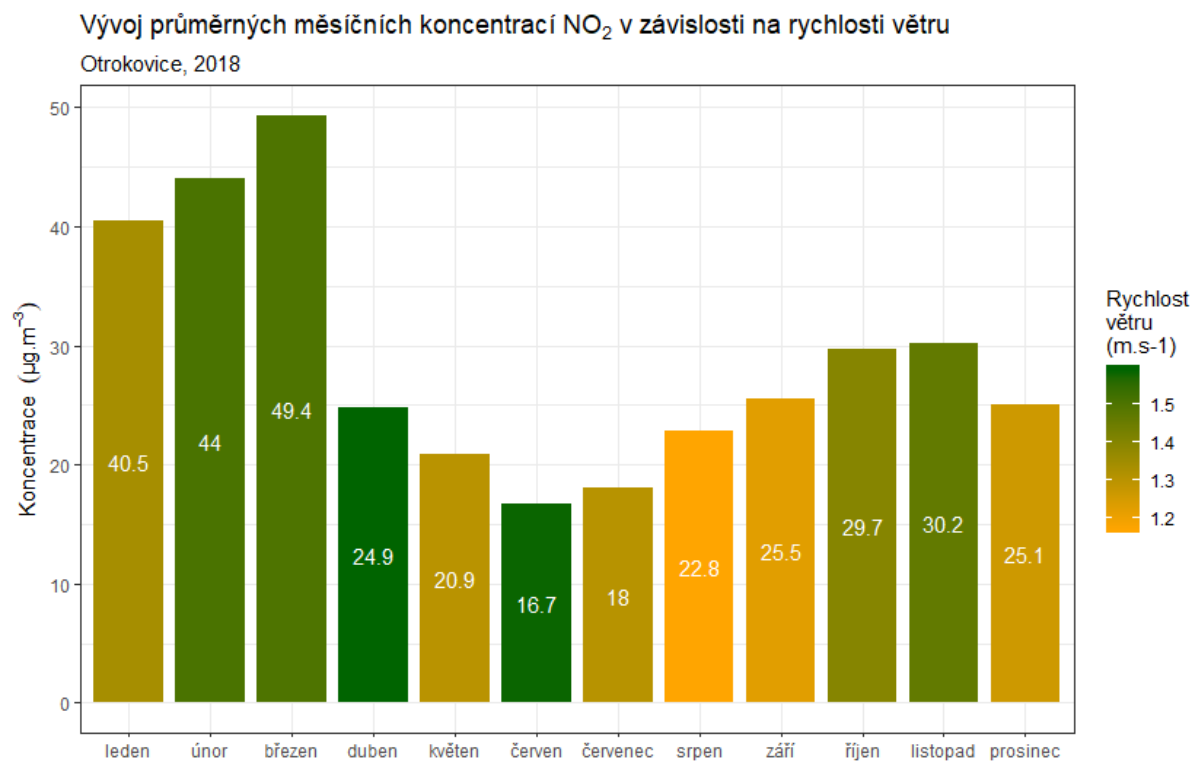
Obr. 25 – Průměrná roční koncentrace NO, NO₂ a NO_x, lokalita Otrokovice-město, 2014-2018

Z grafu je patrné, že mírně vyšších hodnot bylo dosaženo v roce 2017. V ostatních letech jsou koncentrace poměrně vyrovnané. Průměrná roční koncentrace NO₂ se pohybuje mezi 27 a 32 µg·m⁻³, k překročení imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci NO₂ (40 µg·m⁻³) tedy dlouhodobě nedochází.

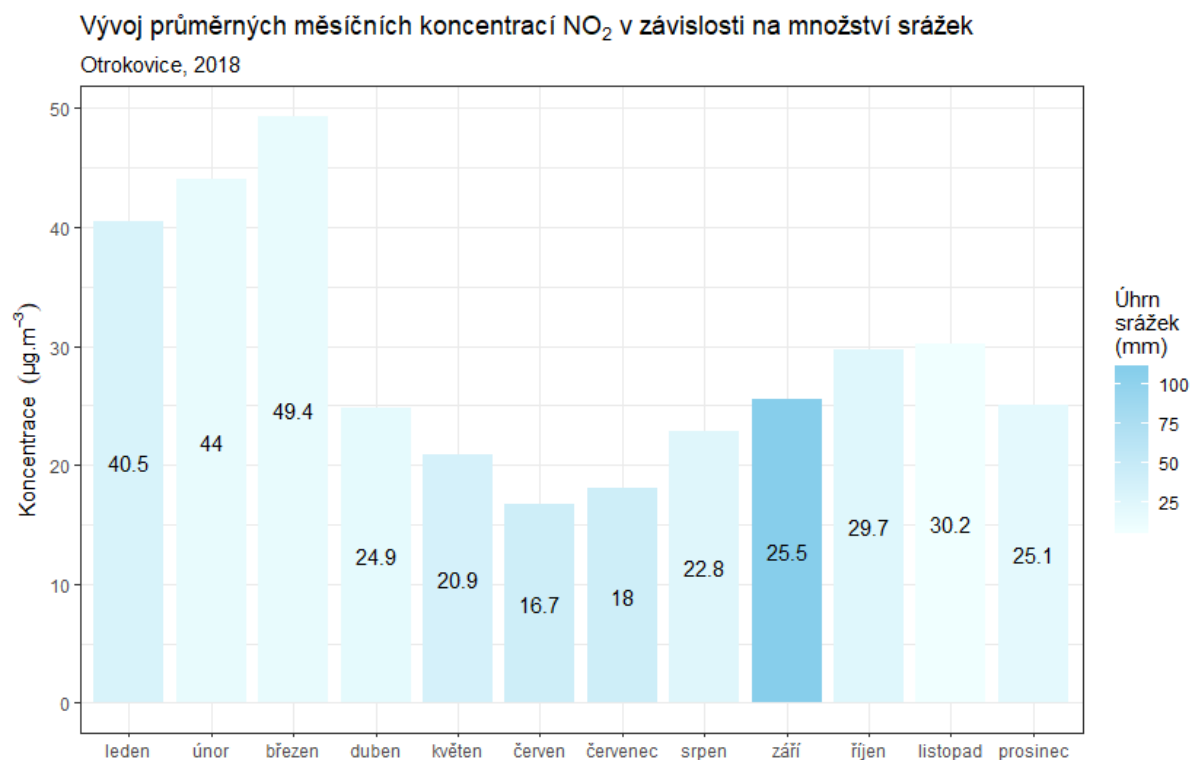
Rovněž koncentrace oxidů dusíku jsou vyšší v zimní sezóně, avšak nejsou tolik ovlivněny meteorologickými podmínkami jako suspendované částice. V zimě se na emisích NO₂ podílí zdroje spojené s vytápěním, v létě pak oxidy dusíku ve větší míře podléhají fotochemickým reakcím, vedoucím k tvorbě přízemního ozónu. To jsou tedy hlavní důvody, proč jsou v chladné části roku koncentrace NO₂ vyšší. Vliv jednotlivých meteorologických prvků pak zobrazují grafy na Obr. 26 - Obr. 29. Významný vliv má teplota spolu se slunečním zářením, které podporují tvorbu troposférického ozónu a tím i pokles koncentrací NO₂ (zejména v letních měsících). Významnou roli hraje také relativní vlhkost vzduchu a rychlost větru. Nejvyšší koncentrace v únoru tak souvisely s nízkými teplotami, velmi nízkými rychlostmi větru a vyšší relativní vlhkostí. V únoru byla Morava rovněž nejvíce ovlivněna dálkovým transportem ze severních a severovýchodních směrů.



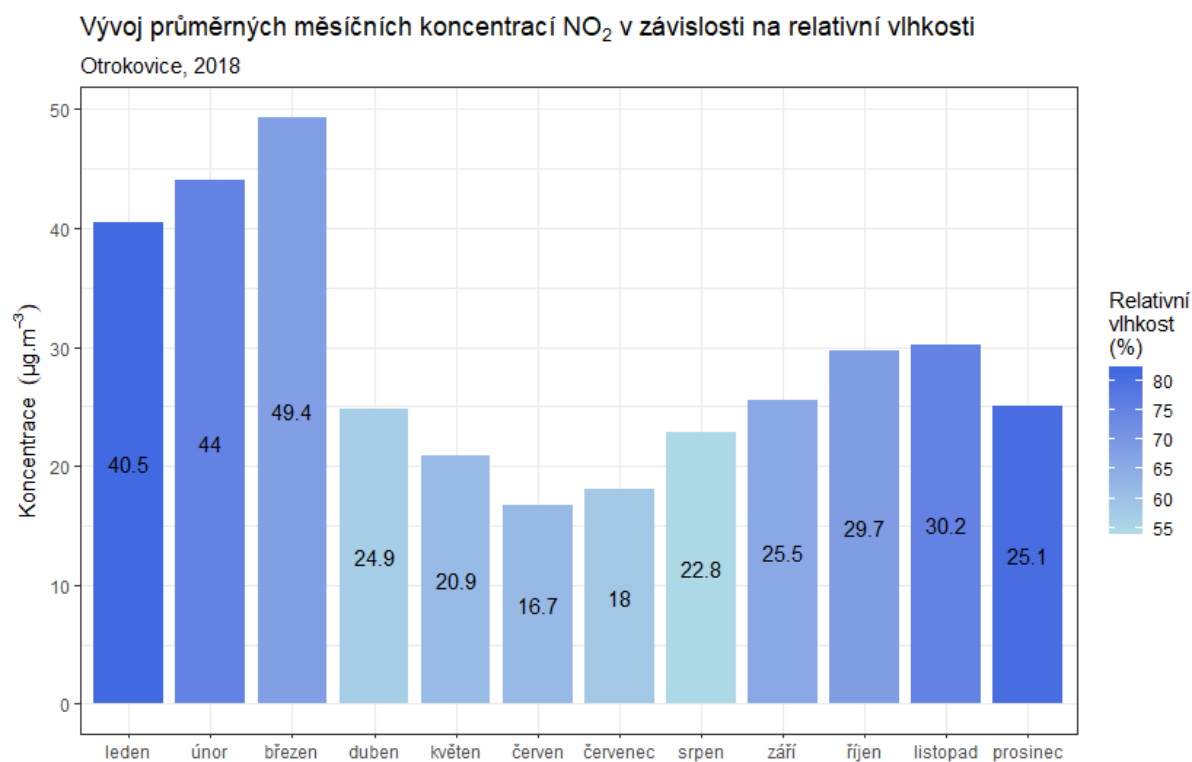
Obr. 26 – Průměrné měsíční koncentrace NO₂ v závislosti na průměrné teplotě vzduchu, Otrokovice, 2018



Obr. 27 - Průměrné měsíční koncentrace NO₂ v závislosti na průměrné rychlosti větru, Otrokovice, 2018



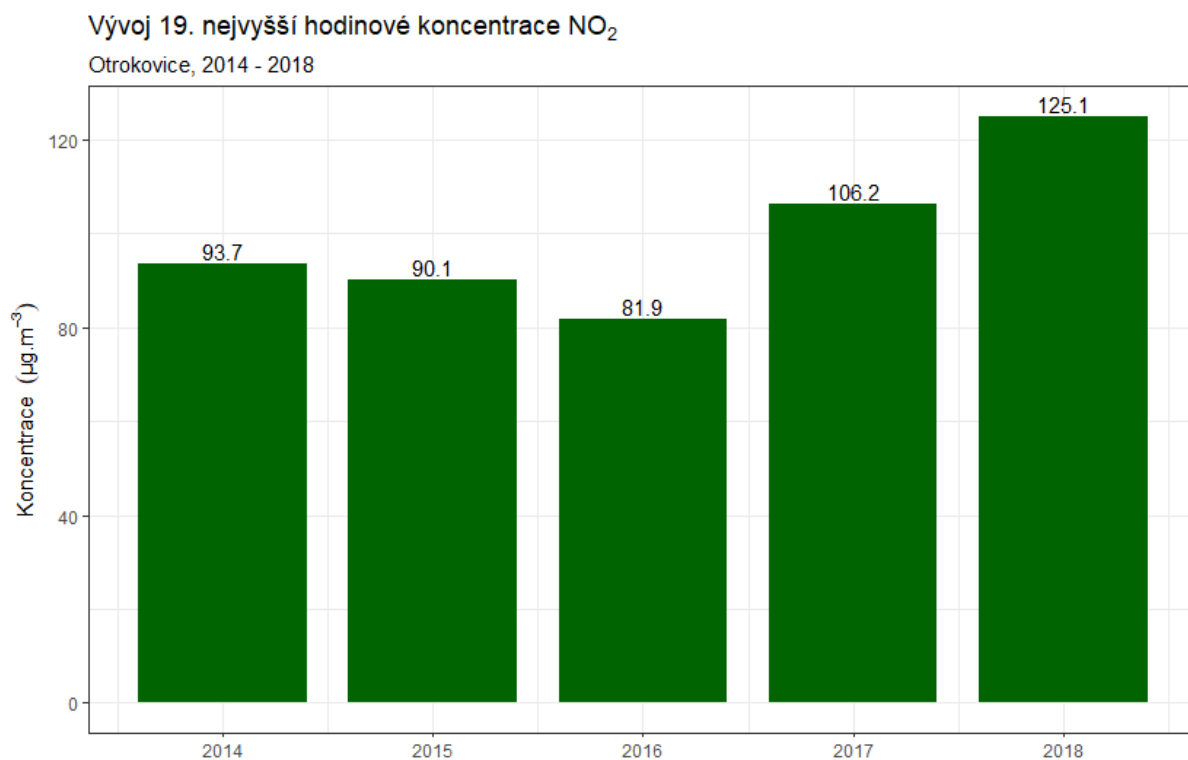
Obr. 28 – Průměrné měsíční koncentrace NO₂ v závislosti na úhrnu srážek, Otrokovice, 2018



Obr. 29 - Průměrné měsíční koncentrace NO₂ v závislosti na průměrné relativní vlhkosti vzduchu, Otrokovice, 2018

4.2.2 Hodinové koncentrace NO₂

V případě denního imisního limitu pro NO₂ je sledována 19. nejvyšší hodinová koncentrace za kalendářní rok (legislativa povoluje nejvýše 18 hodin s koncentracemi NO₂ vyššími než 200 µg·m⁻³). Vývoj těchto charakteristik v lokalitě Otrokovice-město zobrazuje následující graf na Obr. 30.



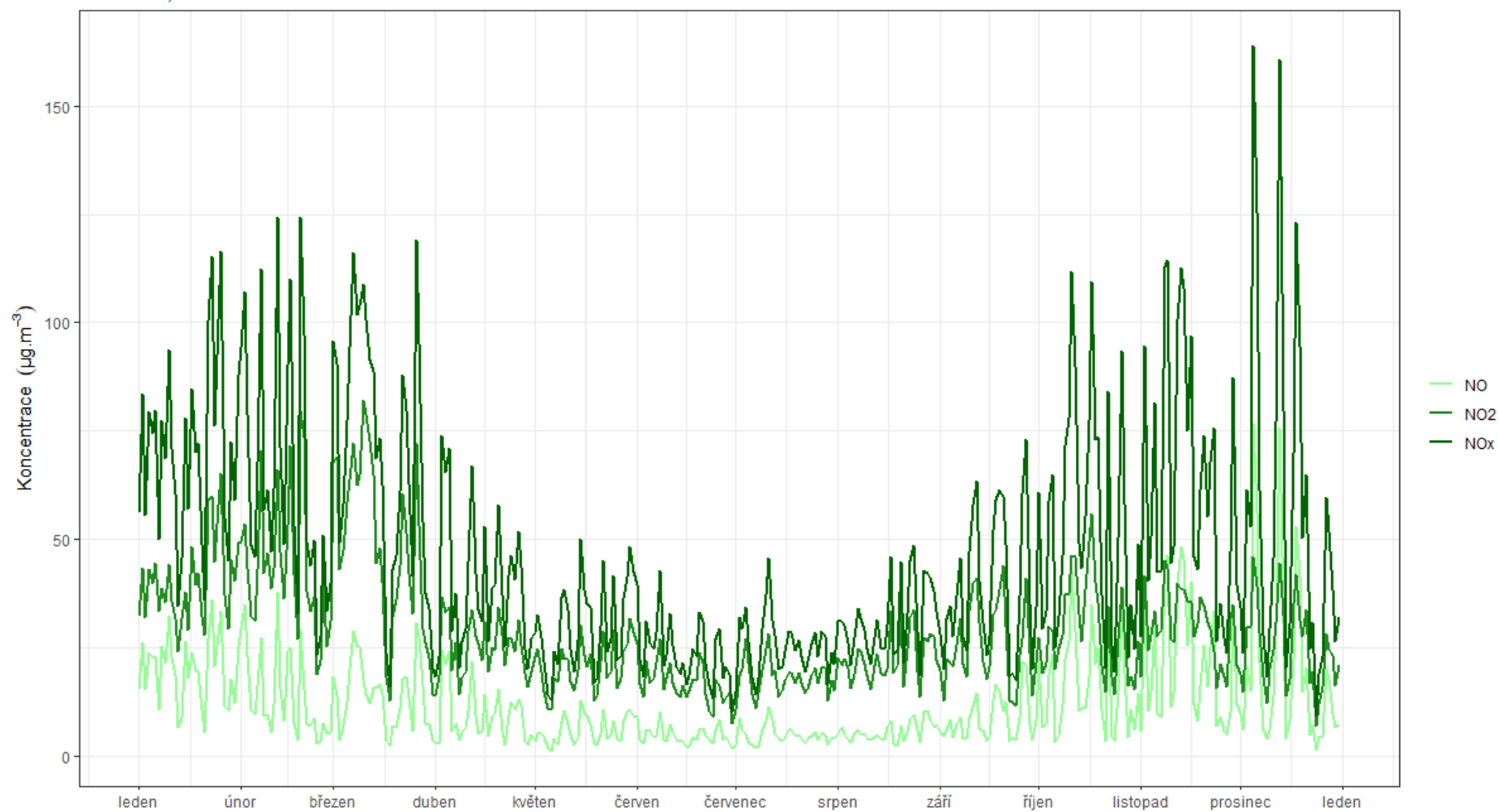
Obr. 30 - 19. nejvyšší hodinová koncentrace NO₂, Otrokovice, 2014–2018

Z grafu vyplývá, že rok 2018 byl z hlediska NO₂ nejhorším ve sledovaném období, na vyšších koncentracích se podílely především první 3 měsíce roku 2018. I tak je doposud nejvyšší hodnota z roku 2018 výrazně pod hodnotou imisního limitu (200 µg·m⁻³).

Vývoj průměrných denních koncentrací NO, NO₂ a NO_x zobrazuje následující Obr. 31. Hodnoty jsou ovlivněny meteorologickými podmínkami a také mírou dopravního ovlivnění.

Vývoj průměrných denních koncentrací NO, NO₂ a NO_x

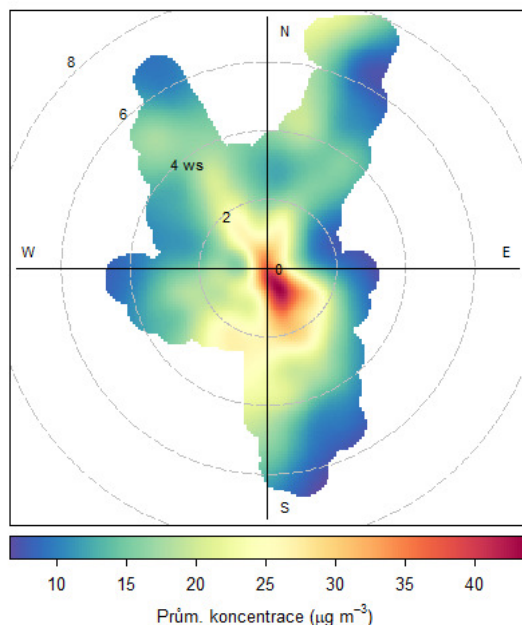
Otrokovice, 2018



Obr. 31 – Průměrné denní koncentrace oxidů dusíku, Otrokovice, 2018

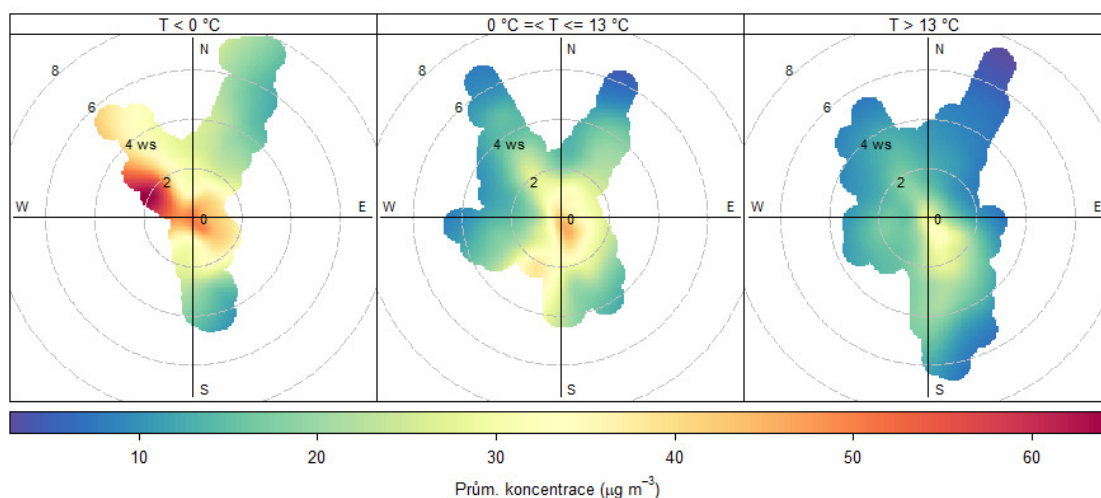
4.2.3 Analýza hodinových koncentrací – koncentrační růžice a denní chod

Větrná růžice pro lokalitu Otrokovice je zobrazena v kapitole 3.2 na Obr. 2. Na následujícím Obr. 32 je pak zobrazena koncentrační růžice pro NO_2 . Z koncentrační růžice vyplývá, že maximální koncentrace jsou měřeny při nízkých rychlostech větru až bezvětrí. Z hlediska směru větru jsou pak maxima měřena při jihovýchodním proudění. Vážená koncentrační růžice pak zobrazuje relativní příspěvek jednotlivých směrů a rychlostí větru ke koncentracím PM_{10} v této lokalitě. Vyplývá z ní, že nejvíce ke koncentracím přispívají jižní a jihovýchodní směry proudění při nízkých rychlostech větru.



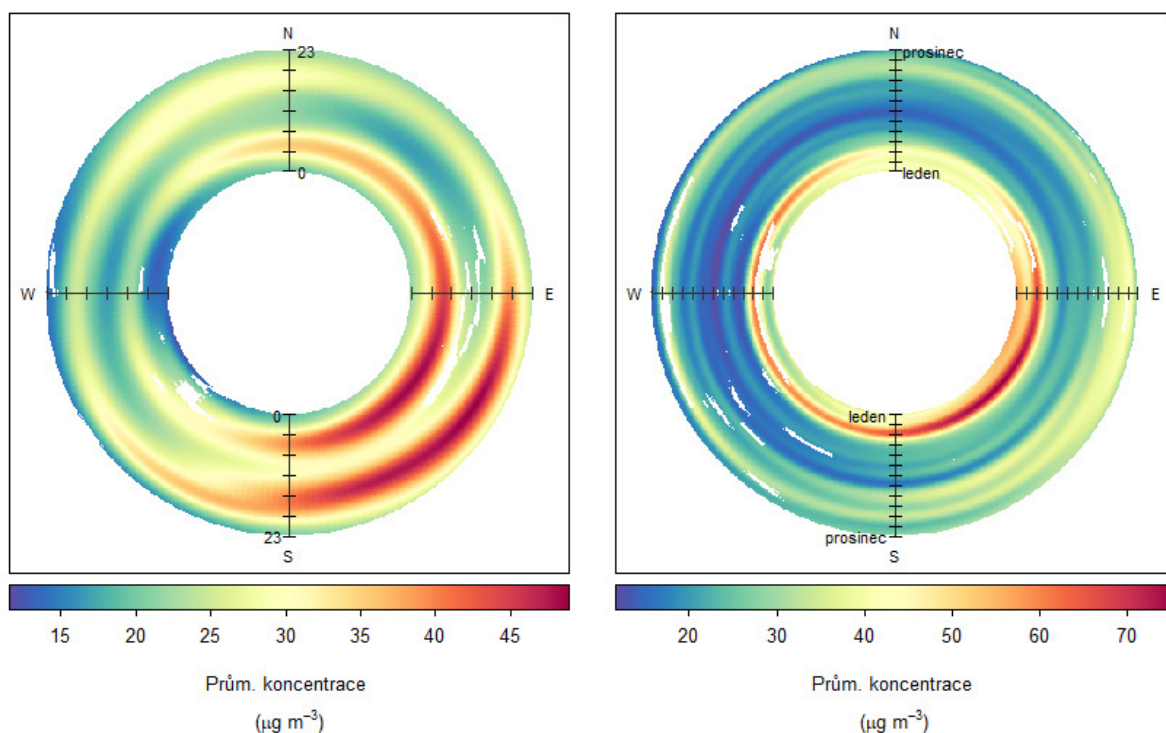
Obr. 32 - Koncentrační růžice pro NO_2 , Otrokovice, rok 2018

Zajímavá data poskytuje rovněž teplotně členěná koncentrační růžice pro NO_2 (Obr. 33). Vyplývá z ní, že vyšší koncentrace jsou měřeny pouze při teplotách pod 0°C a proudění ze severozápadu. To poukazuje na ovlivnění lokality nejen dopravou, ale částečně i lokálními topeništi. Při teplotách vyšších než je 0°C jsou již koncentrace nižší, převládají zvýšené koncentrace z jihovýchodních směrů.



Obr. 33 – Teplotně členěná koncentrační růžice pro NO_2 , lokalita Otrokovice, rok 2018

Cenné informace poskytuje rovněž průměrný denní a roční chod, členěný dle směru větru. V případě denního chodu je uprostřed první hodina po půlnoci a na okraji pak 23. hodina. V případě ročního chodu je pak uprostřed 1. 1. a na okraji 31. 12. Směry větru jsou totožné jako v případě růžic.



Obr. 34 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Otrokovice-město, rok 2018

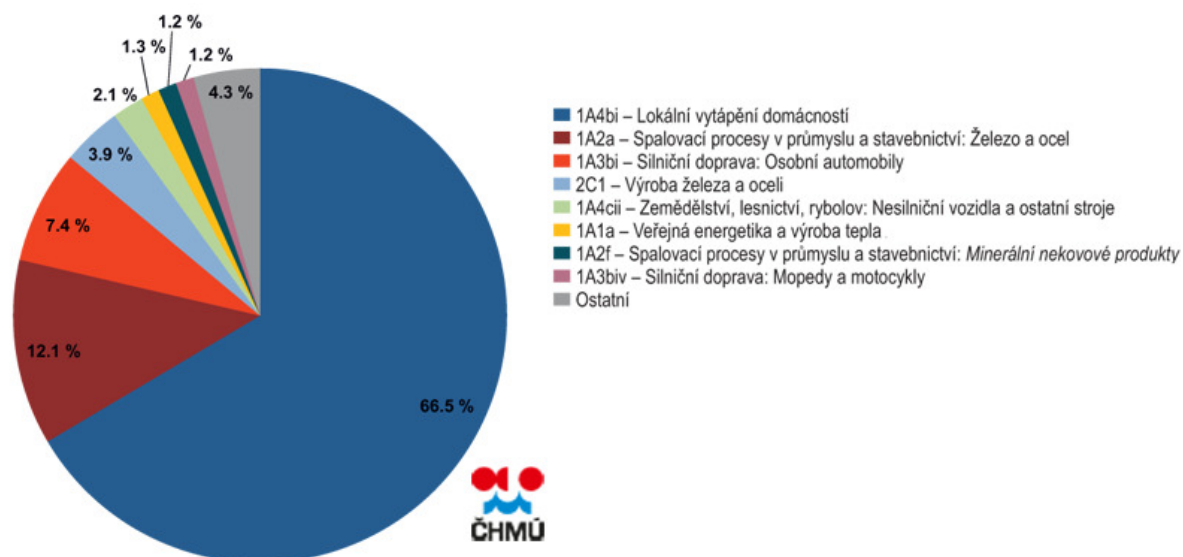
Z Obr. 34 pak vyplývá, že v případě lokality Otrokovice – město v roce 2018 byly nejvyšší koncentrace NO₂ měřeny v době ranní a odpolední dopravní špičky především z jihovýchodního až východního směru. Z hlediska ročního chodu koncentrací byly vysoké koncentrace měřeny při jihovýchodním proudění na přelomu února a března, tedy v nejchladnějších měsících.

4.3 OXID UHELNATÝ

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

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

Emise oxidu uhelnatého jsou 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 2016 podílel na celorepublikových emisích 66,5 %** (Obr. 35). Mezi další významné zdroje patřily sektory 1A2a – Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Železo a ocel (12,1 %), 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily (7,4 %).



Obr. 35 - Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO_x v ČR, rok 2016 [5]

V případě oxidu uhelnatého se sledují 8-hodinové klouzavé průměry, přičemž ten maximální nesmí překročit $10000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Tato hodnota nebyla v ČR již dlouho dosažena. Maximální 8-hodinový klouzavý průměr v Otrokovicích v roce 2018 činil $1558,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v Uherském hradišti je pak měřena téměř totožná koncentrace $1781 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Ze srovnání s imisním limitem pro tuto škodlivinu ($10000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) je patrné, že hodnoty se pohybují mezi jednou desetinou a jednou pětinou této hodnoty.

5 ZÁVĚR

V Otrokovicích nedošlo v roce 2018 k překročení dlouhodobých imisních limitů pro průměrné roční koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$. V případě $PM_{2,5}$ však může dojít po roce 2020 k překračování imisního limitu pro $PM_{2,5}$, jelikož dojde ke zpřísnění imisního limitu ze současných $25 \mu g \cdot m^{-3}$ na $20 \mu g \cdot m^{-3}$.

V případě imisního limitu pro denní koncentrace PM_{10} došlo k překročení imisního limitu podobně jako v roce 2015 a 2017. Obdobně na tom byly i další lokality Zlínského kraje s výjimkou venkovské pozadové lokality Těšnovice. Na vině jsou zejména velmi špatné rozptylové podmínky ze začátku roku 2018, které panovaly v celé střední Evropě.

Naměřené koncentrace suspendovaných částic v roce 2018 jsou velmi podobné těm měřeným v roce 2017. Podobné jsou i legislativní charakteristiky (36. nejvyšší denní koncentrace PM_{10}).

Dle dosavadního měření lze konstatovat, že koncentrace v Otrokovicích jsou obdobné jako v další dopravní lokalitě Zlínského kraje – v Uherském Hradišti. Ovlivnění dopravou je zde tedy zřetelné. A to jak v případě koncentrací PM, tak z hlediska oxidů dusíků. Rovněž maximální 8hodinové průměry oxidu uhelnatého za den v těchto dvou lokalitách velmi dobře korelují.

Koncentrace oxidů dusíku imisní limit nepřekračují, přesto jsou dvojnásobné proti městské pozadové lokalitě ve Zlíně. Významné ovlivnění dopravou je zřetelné i z poměru NO/NO_2 , který má hodnotu 0,63, obdobně jako další dopravní lokalita Uherské Hradiště (0,71). Pozadová lokalita ve Zlíně má tento poměr pouze 0,25.

Kvalita ovzduší v Otrokovicích byla tedy v roce 2018 s výjimkou chladné části roku velmi dobrá. Rozhodující vliv na kvalitu ovzduší měla chladná část roku a topná sezóna. Je nutné poznamenat, že dopravní lokality jsou reprezentativní pouze v blízkosti měřené komunikace. S narůstající vzdáleností od komunikace koncentrace škodlivin poměrně významně klesají, ve vzdálenosti cca 100 m se již příliš neliší od pozadových koncentrací.

6 CITOVANÁ LITERATURA

- [1] *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší*, 2012.
- [2] T. Radim a kol., „Rok 2018 v Česku,“ ČHMÚ, [Online]. Available: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1547039890>.
- [3] *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů*, 2012 - 2017, MŽP, 2012.
- [4] M. VOJTÍŠEK, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkováných v městských aglomeracích,“ *Konference ČAS 2010. Sborník konference.*, č. ISBN: 978-80-86186-25-2, 2010.
- [5] 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.
- [6] U. EPA, „Particulate Matter (PM) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/pm-pollution>.
- [7] J. Keder, „Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátorů Grimm,“ v *Ovzduší 2007*, Brno, 2007.
- [8] 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>.
- [9] USEPA, „Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/no2-pollution>.
- [10] P. WARNECK, *Chemistry of the natural atmosphere*, San Diego: Academic Press: ISBN 0-12-735632-0, 2000.
- [11] European Commission, „Position paper on air quality: nitrogen dioxide,“ 1997.
- [12] WHO, „Air quality guidelines for Europe, Second Edition,“ *WHO Regional Publications, European Series*, sv. No. 91, 2000.
- [13] *Vyhláška č. 330/2012 Sb. o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích*, Praha, 2012.
- [14] J. Bednář, „Kompendum ochrany kvality ovzduší, část 1: Meteorologie,“ *Ochrana ovzduší 2/2003*, 2003.
- [15] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky,“ 1996 - 2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.
- [16] ČHMÚ, „Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší,“ 2010-2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance_CZ.html.
- [17] R. Tolasz, L. Školoudová a H. Škáchová, „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>.
- [18] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky,“ 1996 - 2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.
- [19] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky 1996 - 2015,“ 1 12 2016. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.