
VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V LOKALITĚ OTROKOVICE

ZPRÁVA ZA ROK 2024



ENVITECH BOHEMIA, S.R.O.

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
1.1	Imisní limity	4
1.2	Data a jejich zpracování.....	4
1.3	Rok 2024 v ČR z hlediska meteorologie a kvality ovzduší.....	5
2	METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ.....	7
2.1	Větrná růžice	7
2.2	Rychlost proudění větru	7
2.3	Teplota vzduchu	9
2.4	Relativní vlhkost vzduchu	10
2.5	Srážky	12
3	VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ.....	14
3.1	Suspendované částice PM ₁₀ , PM _{2,5} a PM ₁	14
3.1.1	Průměrné roční koncentrace PM	16
3.1.2	Průměrné měsíční koncentrace	18
3.1.3	Průměrné denní koncentrace.....	20
3.1.4	Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice	25
3.1.5	Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu	30
3.2	Oxidy dusíku NO ₂ , NO a NO _x	36
3.2.1	Průměrné roční koncentrace.....	37
3.2.2	Průměrné měsíční koncentrace	39
3.2.3	Průměrné denní koncentrace.....	41
3.2.4	Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice	44
3.2.5	Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu	48
3.3	Oxid uhelnatý CO	51
3.3.1	Vývoj nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů za den v roce.....	51
3.3.2	Vývoj měsíčních koncentrací	53
3.3.3	Vývoj denních koncentrací CO	54
3.3.4	Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice	57
3.3.5	Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu	61
4	DOPRAVNÍ INTENZITY A ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ	64
5	ZÁVĚRY.....	73
6	SEZNAM LITERATURY	74

1 ÚVOD

V Otrokovicích probíhá měření kvality ovzduší na monitorovací stanici Otrokovice – město umístěné 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. Tato studie slouží jako vyhodnocení měření za rok 2024 a srovnání s legislativou.

Výtěžnost dat byla počítána z denních hodnot. Do výpočtu byly zahrnuty všechny měřené škodliviny a meteorologické veličiny. Celková výtěžnost dat v roce 2024 v lokalitě Otrokovice – město byla 99 %. Výtěžnost suspendovaných částic dosáhla v průměru 100 %. Výtěžnost oxidů dusíku dosáhla v průměru 97.5 %. Výtěžnost oxidu uhelnatého dosáhla 96.2 %. Výtěžnost meteorologických veličin byla v průměru 100 %.



Obr. 1: Měřicí stanice kvality ovzduší v lokalitě Otrokovice – město

1.1 IMISNÍ LIMITY

Pro škodliviny, měřené v lokalitě Otrokovice – město, 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
Suspendované částice PM ₁₀	24 hodin	50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	35
Suspendované částice PM ₁₀	1 kalendářní rok	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	
Suspendované částice PM _{2,5}	1 kalendářní rok	20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	
Oxid dusičitý NO ₂	1 hodina	200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	18
Oxid dusičitý NO ₂	1 kalendářní rok	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	
Oxid uhelnatý CO	maximální denní osmihodinový klouzavý průměr	10 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	

Kromě samotných imisních limitů uvádí Tab. 1 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 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ maximálně 35krát překročena, aniž by došlo k překročení imisního limitu. Proto se často hodnotí 36. nejvyšší denní koncentrace, která pokud je vyšší než 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, došlo k překročení imisního limitu.

1.2 DATA A JEJICH ZPRACOVÁNÍ

Ve studii byla mimo samotnou lokalitu Otrokovice – město rovněž použita data státní sítě imisního monitoringu za účelem srovnání lokality s okolními stanicemi. Data byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Veškerá uvedená data byla poskytnuta na základě žádosti a nemohou být použita jinak než pro tuto studii. Veškerá data ČHMÚ pocházejí z databáze ISKO (Informační systém kvality ovzduší). Stanice a jejich charakteristiky, jejichž data byla pro studii využita, zobrazuje Tab. 2.

Tab. 2: Lokality státní sítě imisního monitoringu použité ve správě

Kód lokality	Název lokality	Typ stanice	Typ zóny	Charakteristika zóny
MPRR	Přerov	pozaďová	městská	obchodní, obytná
ZTNV	Těšnovice	pozaďová	venkovská	zemědělská
ZUHR	Uherské Hradiště	dopravní	městská	obytná, obchodní
ZVMZ	Valašské Meziříčí	pozaďová	městská	obytná
ZZLN	Zlín	pozaďová	předměstská	obytná, přírodní

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

1.3 ROK 2024 V ČR Z HLEDISKA METEOROLOGIE A KVALITY OVZDUŠÍ

Rok 2024 byl na území ČR teplotně mimořádně nadnormální a stal se vůbec nejteplejším rokem v řadě od roku 1961. Průměrná roční teplota vzduchu 10,3 °C byla o 2,0 °C vyšší než normál 1991–2020. U všech měsíců roku, kromě listopadu, byla zaznamenána kladná odchylka průměrné měsíční teploty vzduchu na území ČR od normálu 1991–2020. Mimořádně teplé byly měsíce únor (odchylka +6,1 °C) a březen (odchylka +3,8 °C). Tyto měsíce byly vůbec nejteplejším únorem a březnem zaznamenaným na území ČR v období od roku 1961, v únoru se jednalo o rekordně vysokou odchylku průměrné měsíční teploty od normálu 1991–2020. Následující měsíce duben až říjen byly hodnoceny jako teplotně nadnormální až silně nadnormální (odchylka +1,4 až +2,3 °C). Závěrečné měsíce roku listopad a prosinec pak hodnotíme jako teplotně normální. [5]

Srážkově byl rok 2024 na území ČR nadnormální. Předběžný průměrný roční úhrn srážek na našem území 776 mm představuje 113 % normálu 1991–2020. Jedná se tak o 9. nejvyšší roční úhrn zaznamenaný v období od roku 1961. v průběhu roku se střídaly na srážky bohatší a chudší měsíce. Srážkově mimořádně nadnormální bylo září, kdy byl na našem území zaznamenan rekordně vysoký srážkový úhrn (179 mm, 298 % normálu) spojený s extrémní srážkovou situací z 11.–16. září vedoucí k ničivé povodni. [5]

Z hlediska rozptylových podmínek (RP) byl rok 2024 v ČR standardní a jedná se o 13. nejlepší rok od roku 1991. Nejlepší rozptylové podmínky byly zaznamenány v roce 2023, naopak nejhorší v roce 1997. Velmi dobré rozptylové podmínky, vyjádřené pomocí ventilačního indexu pro celou ČR, byly zaznamenány ve 135 dnech (37 %), dobré rozptylové podmínky ve 154 dnech (42 %), mírně nepříznivé rozptylové podmínky ve 40 dnech (11 %) a nepříznivé rozptylové podmínky ve 37 dnech (10 %). [5]

V roce 2024 splnily všechny hodnocené znečišťující látky, s výjimkou přízemního O₃, imisní limity podle současné platné legislativy. Imisní limit přízemního O₃ byl překročen na 10 % stanic, tj. na 7 z 68 stanic. K překročení současných imisních limitů suspendovaných částic PM₁₀ a PM_{2,5} nedošlo podruhé v řadě, k překročení současných imisních limitů pro NO₂, SO₂ a CO nedochází již řadu let. K relativně dobré kvalitě ovzduší v ČR v roce 2024, s výjimkou přízemního O₃, přispěly zejména nižší koncentrace látek znečišťujících ovzduší během některých měsíců zimního období. Zejména v únoru převažovaly z pohledu kvality ovzduší příznivé meteorologické podmínky, jako byly zlepšené rozptylové podmínky, mimořádně nadnormální teploty a nadnormální srážky. Na dlouhodobém zlepšování kvality ovzduší se podílejí průběžně realizovaná opatření. Jedná se například o výměnu kotlů v domácnostech, opatření na významných zdrojích emisí nebo o obnovu vozového parku.

V roce 2024 bylo vyhlášeno 18 smogových situací a jedna regulace kvůli vysokým koncentracím PM₁₀ v celkové délce 821 h (34,2 dní) a tři smogové situace kvůli vysokým koncentracím přízemního O₃ v celkové délce 15 h (0,6 dní). Smogová situace na přelomu března a dubna byla vyhlášena z důvodu výrazného navýšení koncentrací PM₁₀ při přechodu saharského písečného prachu přes ČR. [5]

Epizoda přechodu saharského písečného prachu přes území České republiky na přelomu března a dubna 2024 přinesla nejvýraznější zhoršení kvality ovzduší v důsledku tohoto jevu v novodobé historii měření kvality ovzduší na našem území. Hodnoty koncentrací částic PM byly plošně velmi výrazně zvýšené prakticky

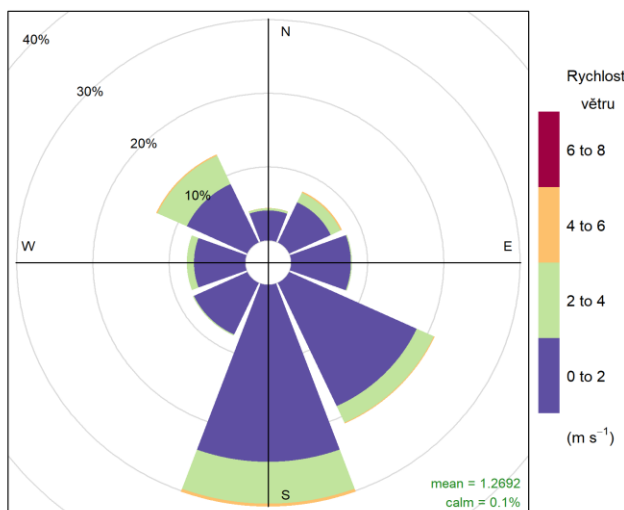
ve všech krajích a téměř na celém území vyústily až ve vyhlášení smogové situace z důvodu překročení prahové hodnoty na více než polovině reprezentativních stanic v jednotlivých krajích. [5,6]

Je však třeba zdůraznit, že zatím nebyla vyhodnocena data všech znečišťujících látek. Jedná se především o benzo[a]pyren, u kterého lze, stejně jako v minulých letech, předpokládat překročení ročního imisního limitu na řadě lokalit. [5]

2 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ

2.1 VĚTRNÁ RŮŽICE

Na následujícím Obr. 2 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Otrokovice – město konstruovaná z hodinových rychlostí a směrů větru. Růžice naznačuje převažující proudění z jihu (cca 30 %), z jihovýchodu (cca 21 %) a ze severozápadu (cca 13 %). Vyšší rychlosti větru byly zaznamenány především z jihu. Bezvětrí panovalo ve zhruba 0.1 % času měření. V lokalitě byly měřeny většinou nízké rychlosti větru (do $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 95. percentil), průměrná rychlost větru za celé měřené období byla zhruba $1.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



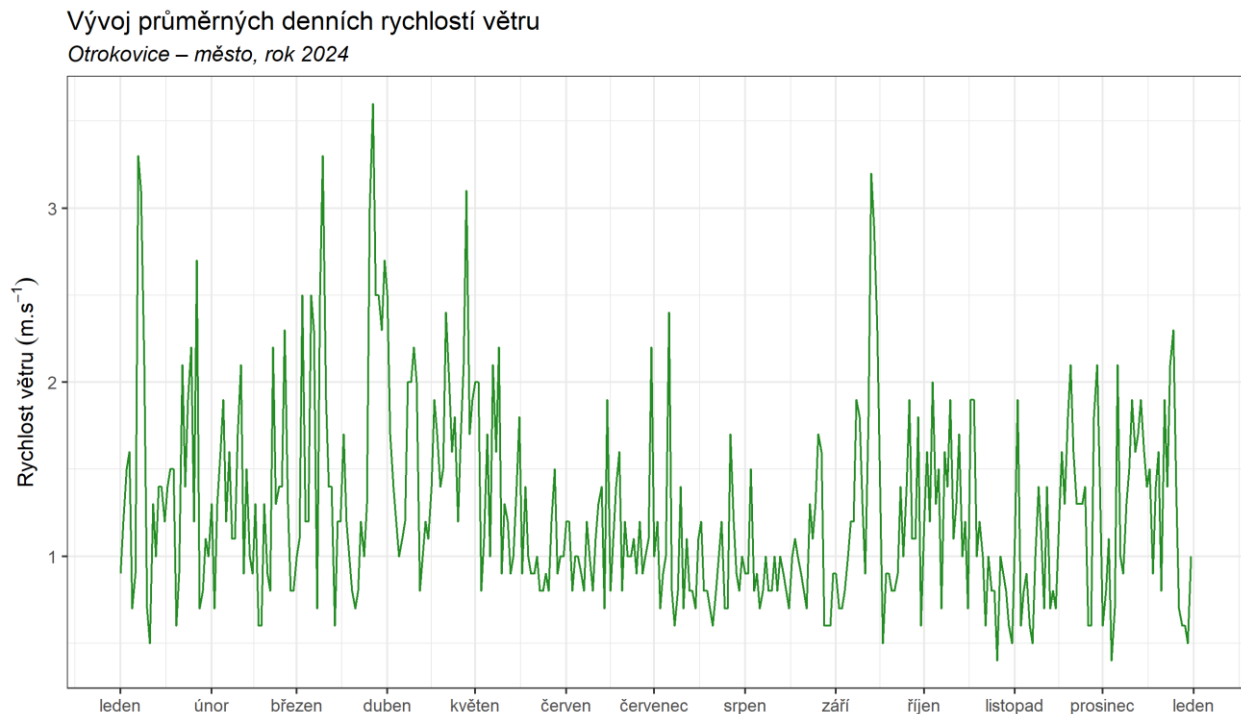
Obr. 2: Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, Otrokovice – město, rok 2024

2.2 RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU

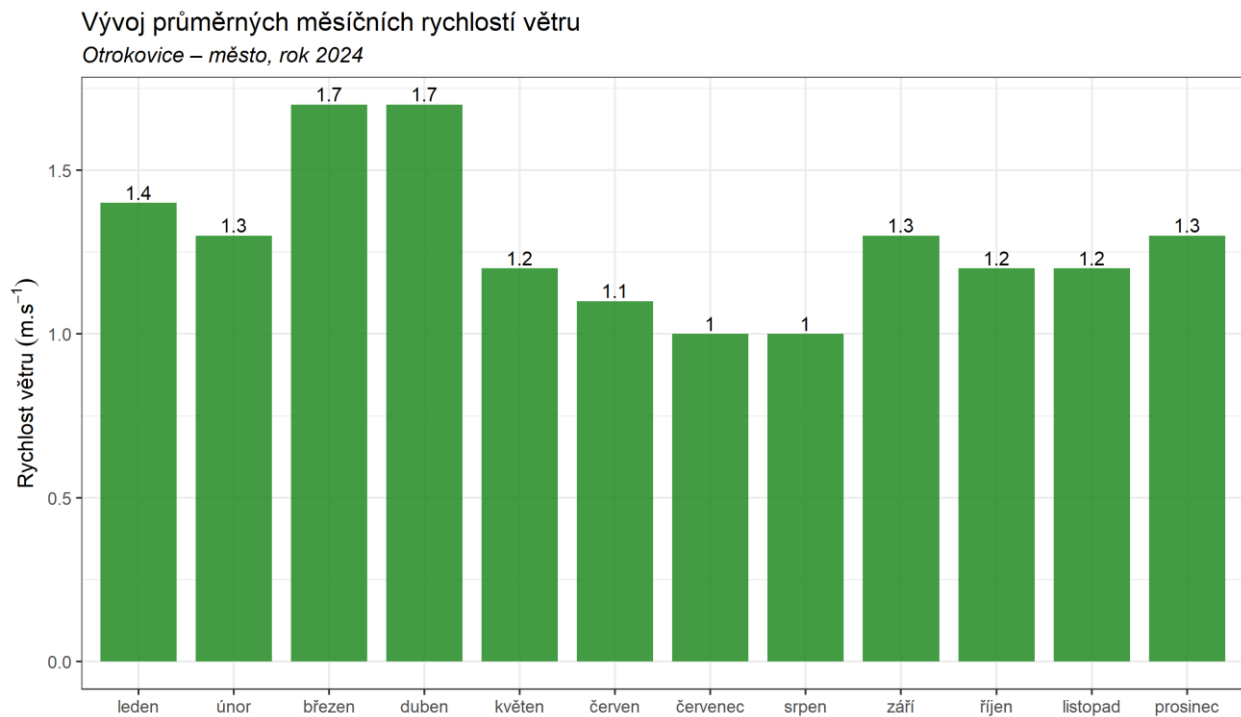
Meteorologické podmínky v chladné části roku vlivem častějších, a především silnějších teplotních inverzí napomáhají horším rozptylovým podmínkám – během teplotní inverze se v atmosféře vytváří vrstva připomínající pokličku, pod kterou je stabilní atmosféra tzn., že je téměř bezvětrí nebo pouze nízké rychlosti větru a nedochází tedy k dostatečnému rozptylu škodlivin. Škodliviny se pak pod touto vrstvou kumulují a jejich koncentrace roste. Rychlost proudění větru je tedy významným meteorologickým prvkem ovlivňujícím koncentraci škodlivin ovzduší. Pokud jsou rychlosti velmi nízké nebo panuje bezvětrí, jsou zpravidla koncentrace škodlivin (zejména suspendovaných částic) vysoké. Naopak při vyšších rychlostech větru dochází k dobrému rozptylu, na druhou stranu může rovněž docházet i k resuspenzi 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. 3 jsou uvedeny průměrné denní rychlosti proudění větru v lokalitě Otrokovice – město. Z grafu je patrné, že lokalitě byly měřeny většinou nízké rychlosti větru (do $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 95. percentil), průměrná

rychlost větru za celé měřené období byla zhruba $1.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Následující Obr. 4 zobrazuje průměrné měsíční hodnoty.



Obr. 3: Průměrné denní rychlosti větru, Otrokovice – město, rok 2024

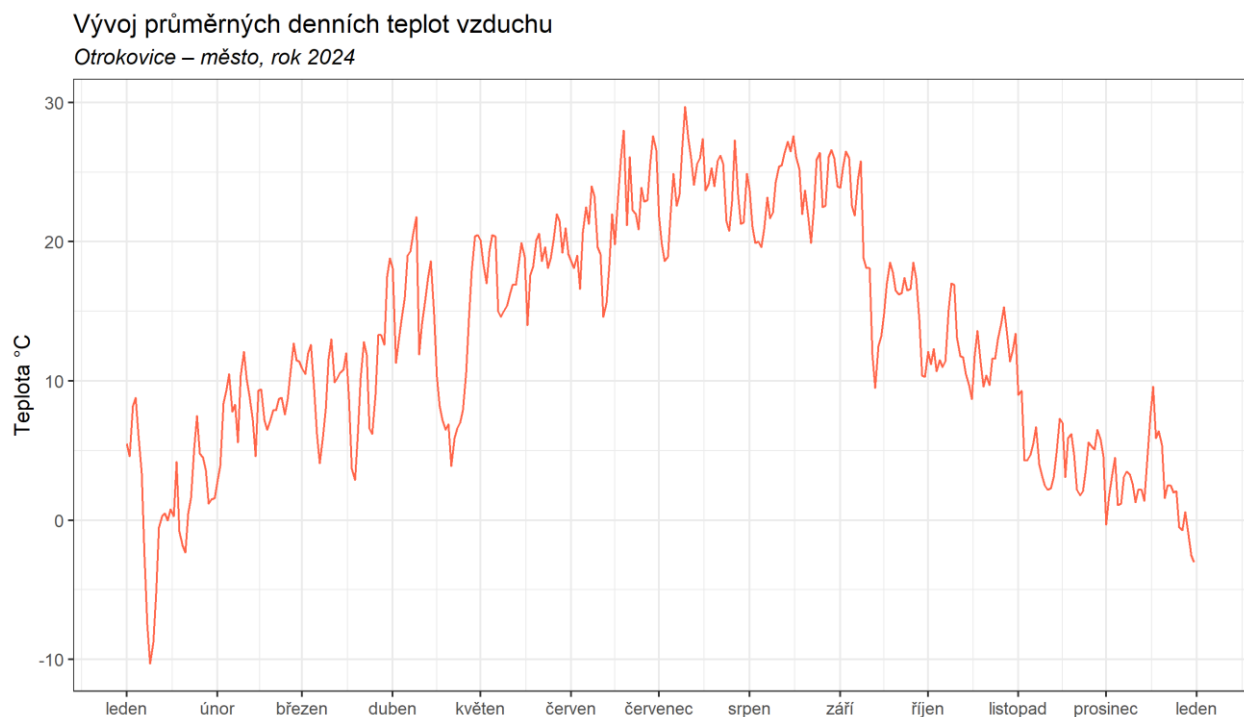


Obr. 4: Průměrné měsíční rychlosti větru, Otrokovice – město, rok 2024

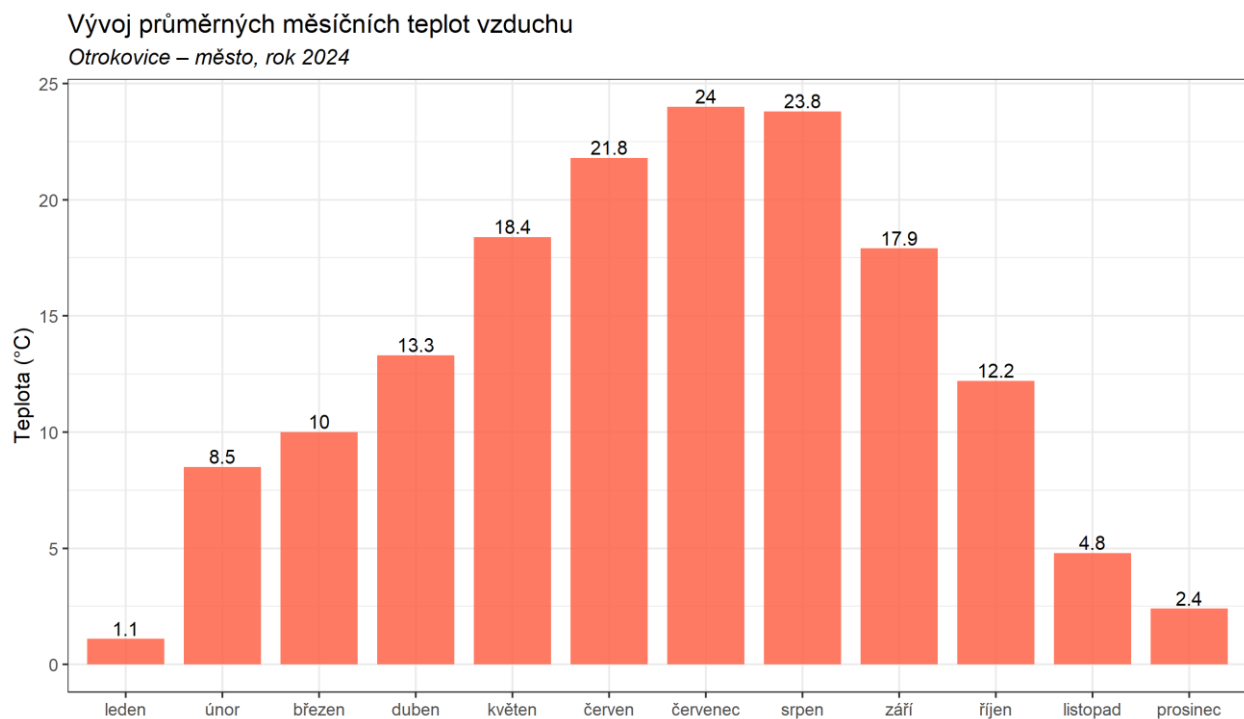
2.3 TEPLOTA VZDUCHU

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

Následující Obr. 5 zobrazuje průměrné denní teploty vzduchu v lokalitě Otrokovice – město, graf na Obr. 6 pak zobrazuje průměrné měsíční teploty. Z grafů vyplývá, že nejvyšší teploty byly v této lokalitě měřeny v červenci a srpnu (24 °C resp. 23.8 °C). Nejnižší teploty pak byly měřeny v lednu a prosinci (1.1 °C resp. 2.4 °C). Nejvyšší hodinová teplota byla v lokalitě Otrokovice – město zaznamenána dne 14. 8. 2024 v 15 hodin (37.7 °C). Nejnižší teplota pak byla zaznamenána dne 10. 1. 2024 v 07 hodin (-12.5 °C).



Obr. 5: Průměrné denní teploty vzduchu, Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 6: Průměrné měsíční teploty vzduchu, Otrokovice – město, rok 2024

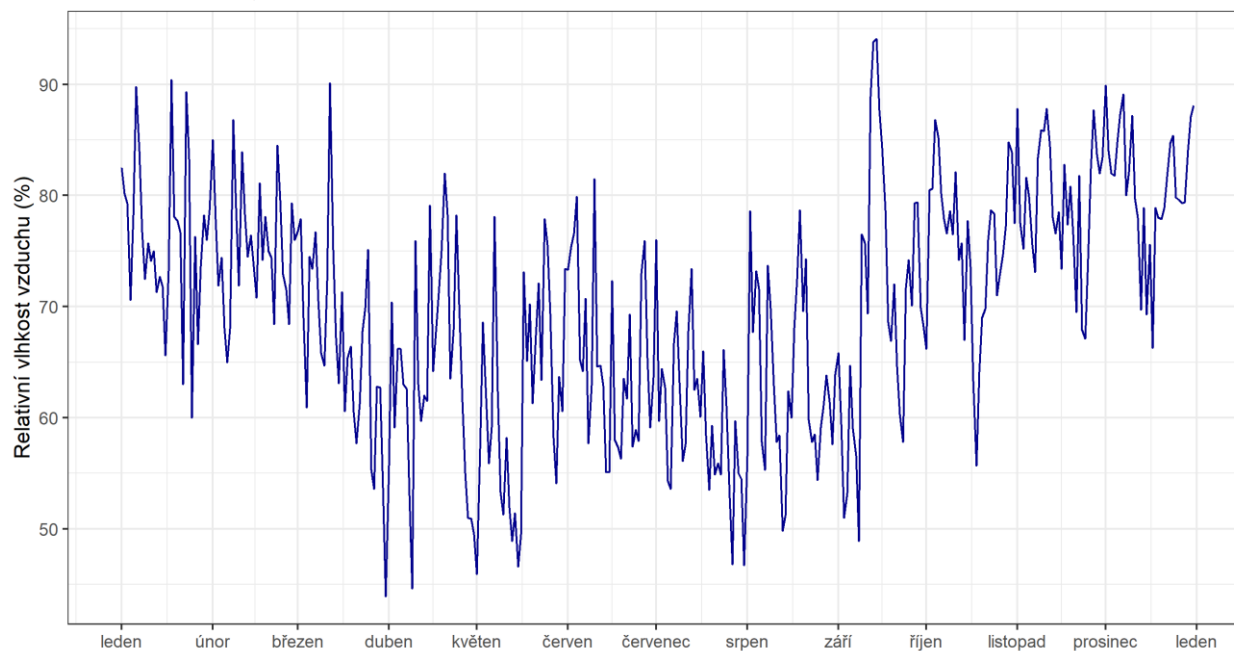
2.4 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU

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

Následující Obr. 7 zobrazuje průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu v lokalitě Otrokovice – město, graf na Obr. 8 pak zobrazuje průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu. Z grafů vyplývá, že nejvyšší relativní vlhkosti byly v této lokalitě měřeny v prosinci a listopadu (80.9 % resp. 79.4 %). Nejnižší relativní vlhkosti pak byly měřeny v červenci a květnu (59.9 % resp. 61.5 %).

Vývoj relativních denních vlhkostí vzduchu

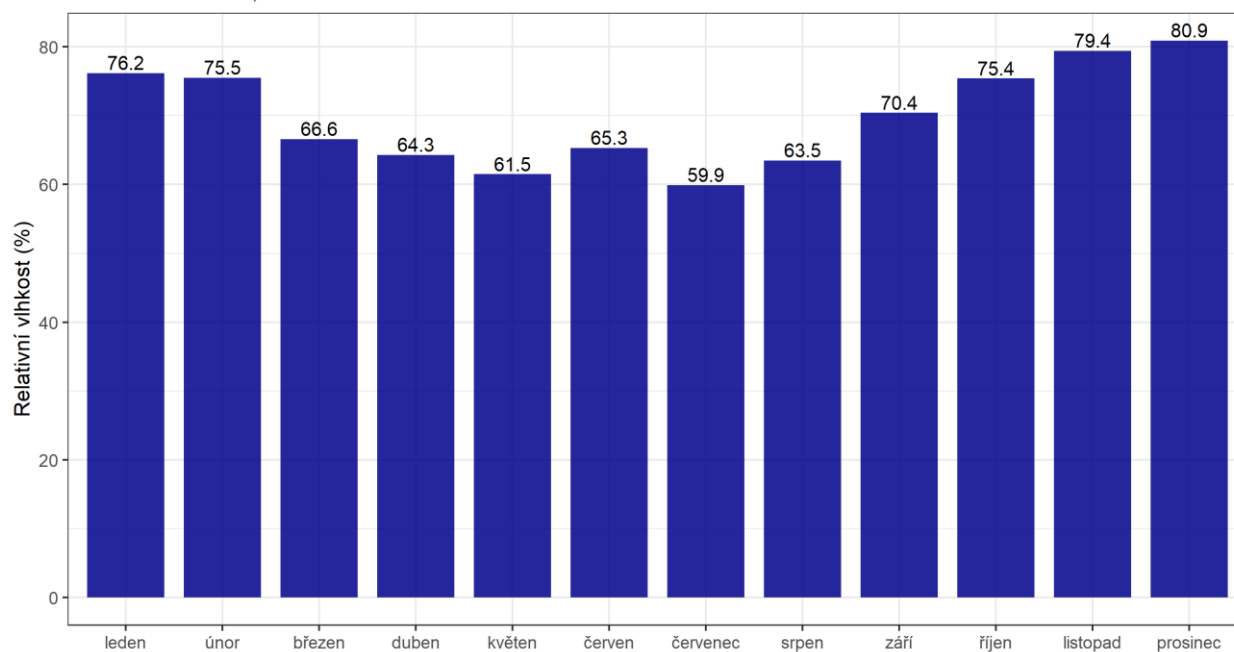
Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 7: Průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu, Otrokovice – město, rok 2024

Vývoj průměrných měsíčních relativních vlhkostí vzduchu

Otrokovice – město, rok 2024

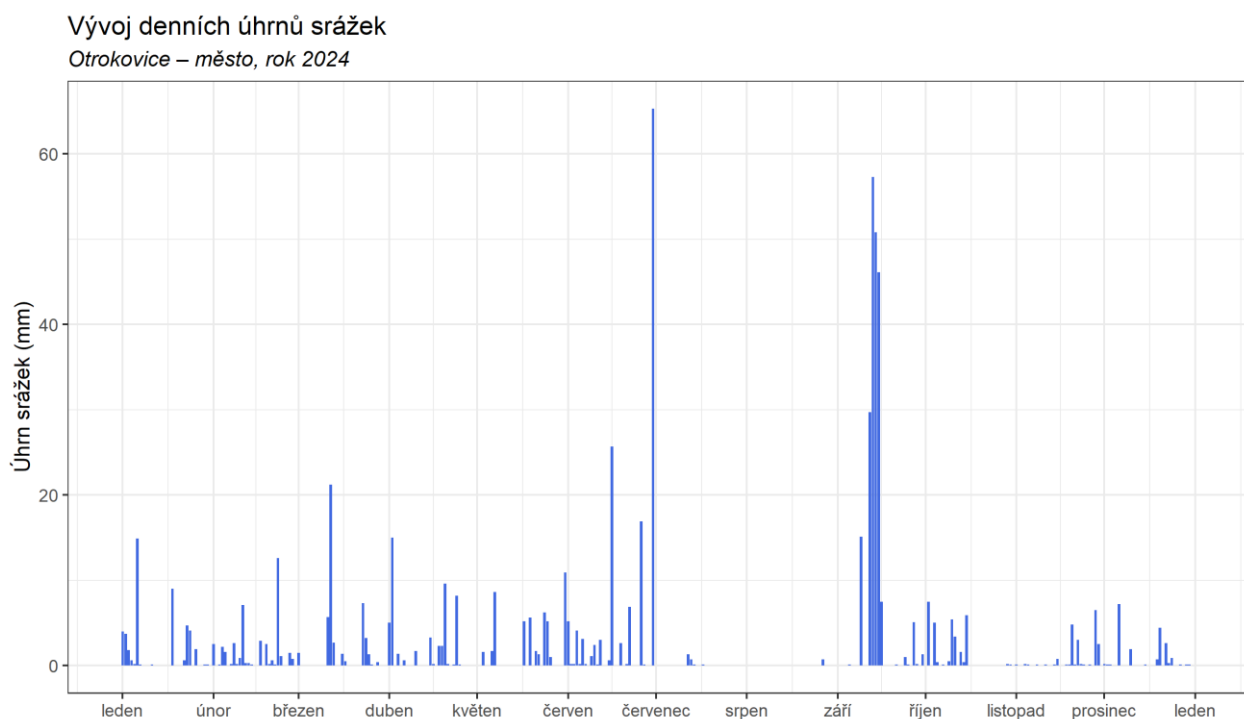


Obr. 8: Průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu, Otrokovice – město, rok 2024

2.5 SRÁŽKY

Koncentrace škodlivin může ovlivňovat rovněž úhrn srážek. Ten může znamenat přechod fronty, a tedy rozrušení teplotní inverze, v případě částic může díky srážkám docházet k tzv. vymývání částic z atmosféry, kdy dojde k výraznému poklesu koncentrací prašnosti v ovzduší. Naopak delší bezesrážková epizoda může v zimě značit delší epizodu s inverzním charakterem počasí, v teplé části roku pak může docházet k vysychání půdy a větrné erozi.

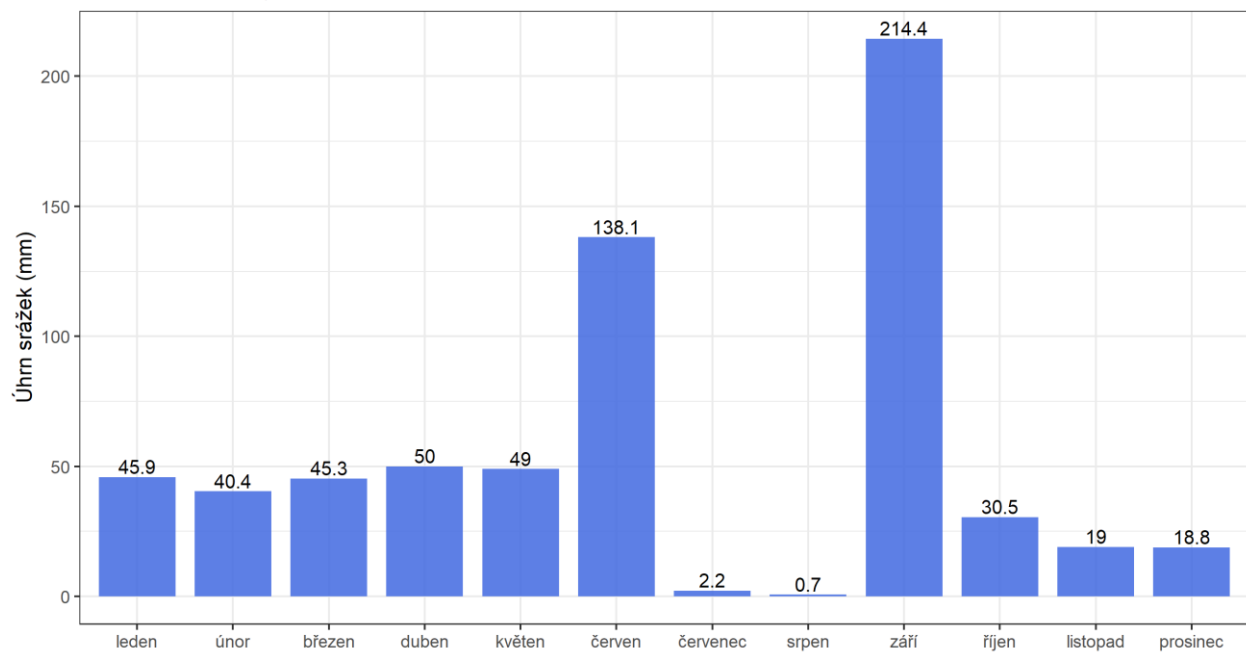
Následující Obr. 9 zobrazuje denní úhrn srážek v lokalitě Otrokovice – město. Následující graf na Obr. 10 zobrazuje měsíční úhrny srážek. Z grafů vyplývá, že nejvyšší úhrn srážek byly v této lokalitě měřeny v září a červnu (214.4 mm resp. 138.1 mm). Nejnižší úhrn srážek pak byly měřeny v srpnu a červenci (0.7 mm resp. 2.2 mm). Méně než 30 mm srážek v měsíčním úhrnu se vyskytlo v listopadu, prosinci, červenci a srpnu.



Obr. 9: Denní úhrn srážek, Otrokovice – město, rok 2024

Vývoj měsíčních úhrnů srážek

Otrokovice – město, rok 2024



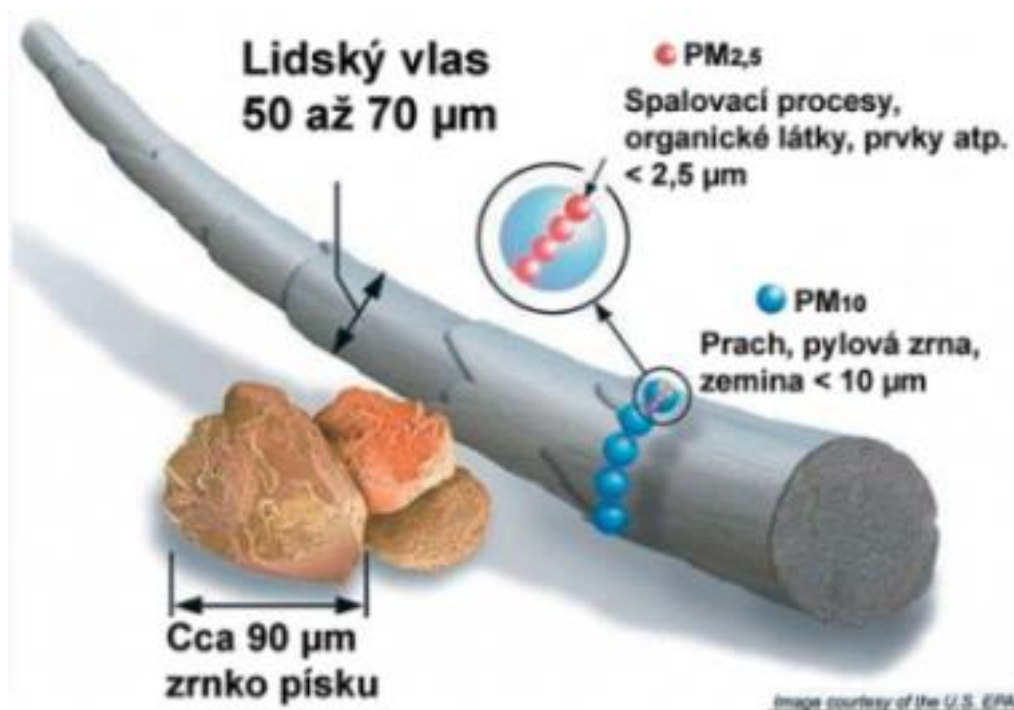
Obr. 10: Měsíční úhrn srážek, Otrokovice – město, rok 2024

3 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

3.1 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM_{10} , $PM_{2,5}$ A PM_1

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

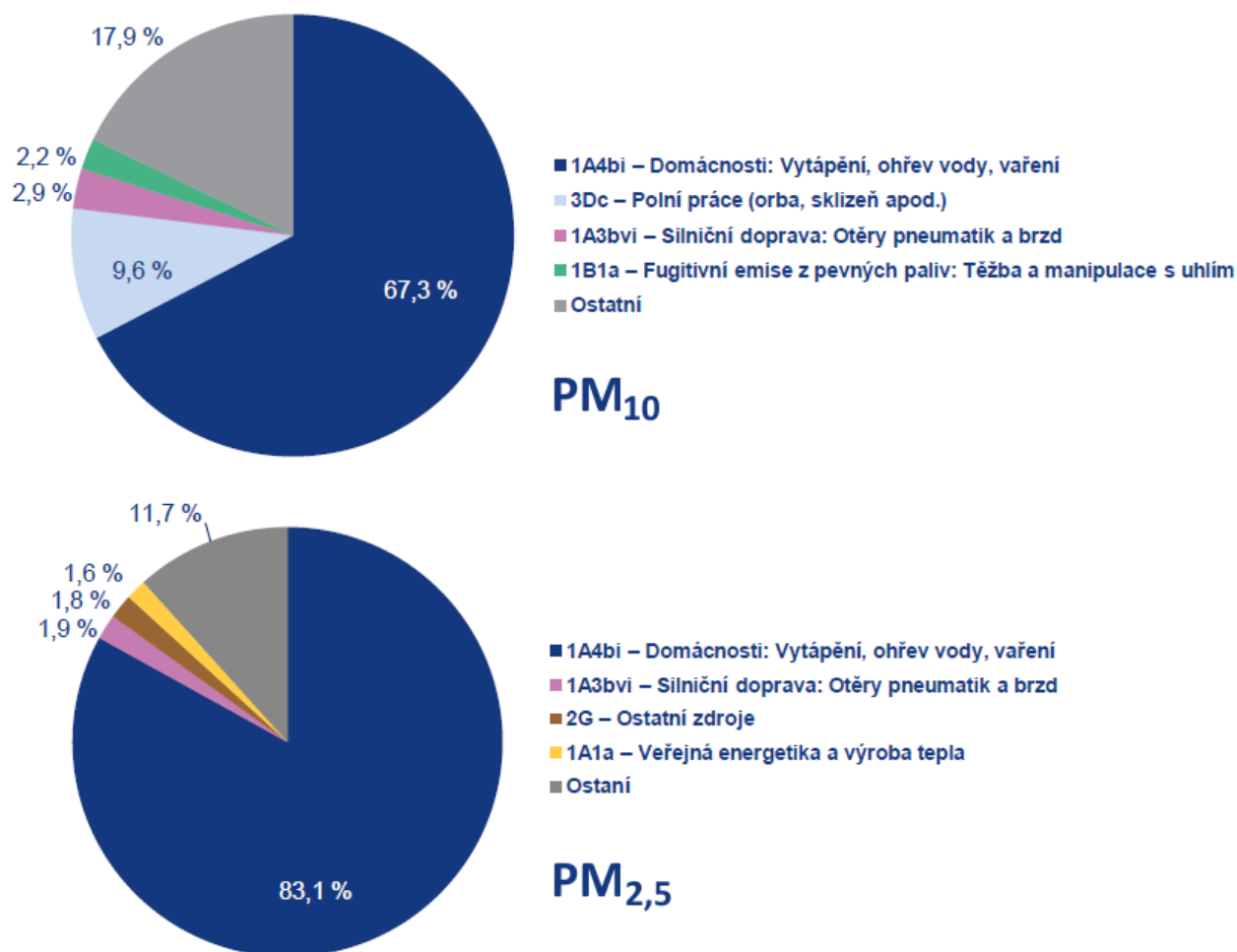
Z hlediska platné legislativy [1] jsou v ovzduší sledovány dvě velikostní frakce suspendovaných částic. Jedná se o hrubší frakci PM_{10} (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 10 μm) a jemnější frakci $PM_{2,5}$ (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 2,5 μm). Názorně jsou tyto částice velikostně srovnány s lidským vlasem na Obr. 11.



Obr. 11: Srovnání velikostí částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ s lidským vlasem a zrnkem písku. Zdroj: US EPA

Emisní inventury částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ prováděné podle současných metodik zahrnují pouze emise produkované primárními zdroji. Ve srovnání s emisemi jiných znečišťujících látek jsou emise PM_x vnášeny do ovzduší z velkého počtu významnějších skupin zdrojů. Kromě zdrojů, ze kterých jsou tyto látky vypouštěny řízeně komínem nebo výduchy (průmyslové zdroje, lokální topeniště, doprava), pochází významné množství emisí PM ze zdrojů fugitivních (kamenolomy, skládky 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 částic v roce 2023 patřil sektor *1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření*, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami PM_{10} 67,3 % a $PM_{2,5}$ 83,1 %. Mezi další významné zdroje emisí PM_{10} patřil sektor *3Dc – Polní práce*, kde tyto emise vznikají při zpracování půdy, sklizni a čištění zemědělských plodin. Tento sektor představoval 9,6 % emisí PM_{10} . Z hlediska účinku na lidské zdraví jsou velkým rizikem emise částic pocházející z dopravy, především ze spalování paliv ve vznětových motorech, které produkují částice o velikosti jednotek až stovek nanometrů [8]. Mobilní zdroje se na emisích PM_{10} v roce 2022 podílely 7,0 % a na emisích $PM_{2,5}$ 6,1 % [9].



Obr. 12: Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM_{10} (nahore) a $PM_{2,5}$ (dole) v ČR, rok 2023 [9]

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

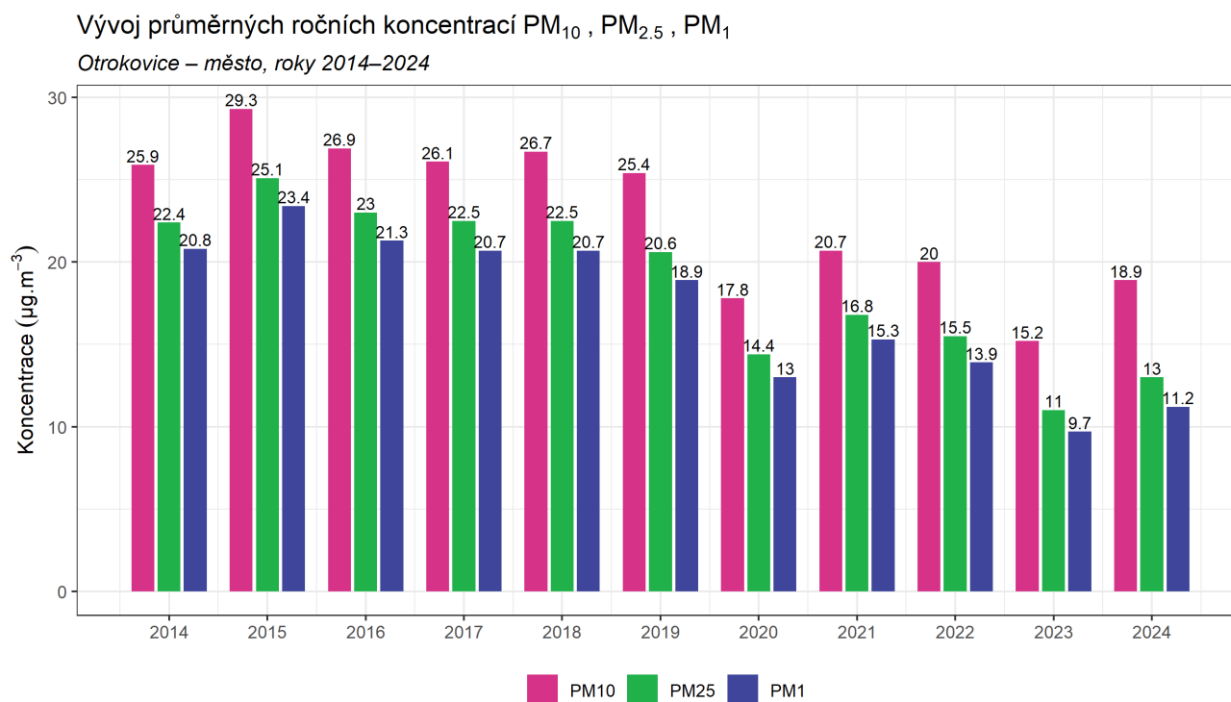
řadou faktorů, jako je například aktuální zdravotní stav jedince, alergická dispozice nebo kouření. Citlivou skupinou jsou děti, starší lidé a lidé trpící onemocněním dýchací a oběhové soustavy. Nejzávažnější zdravotní dopady, tj. kardiovaskulární a respirační účinky a navýšení úmrtnosti, mají jemné a ultra jemné částice s velikostí aerodynamického průměru pod $1\text{ }\mu\text{m}$ [10,11].

3.1.1 PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE PM

Průměrná roční koncentrace PM_{10} činila v roce 2024 v lokalitě Otrokovice – město $18.9\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Imisní limit tedy překročen nebyl. Průměrná roční koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ činila v roce 2024 v lokalitě Otrokovice – město $13\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Imisní limit tedy překročen nebyl.

Průměrná roční koncentrace PM_1 činila v roce 2024 v lokalitě Otrokovice – město $11.2\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

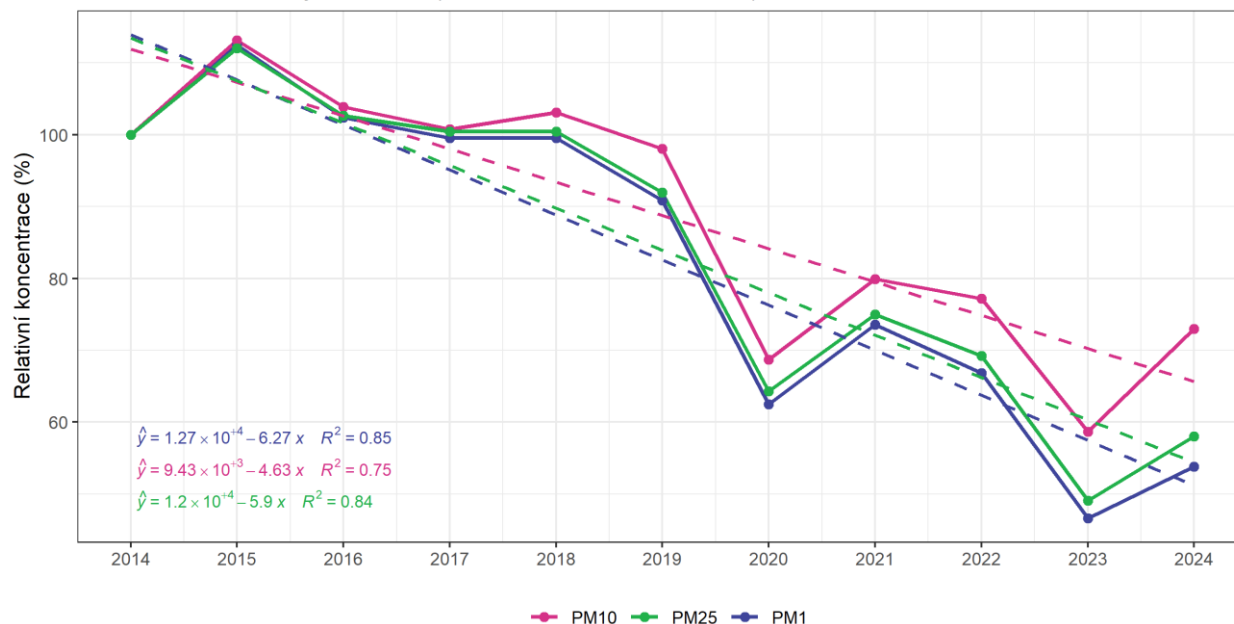
Následující Obr. 13 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Otrokovice – město. V roce 2024 bylo zaznamenáno několik změn v koncentracích polévatých částic oproti předcházejícím letům. Koncentrace PM_{10} vzrostly oproti roku 2023 o $7\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (27 %), což představuje 24.3 %, avšak došlo k poklesu o $7\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (27 %) ve srovnání s rokem 2014. U částic $\text{PM}_{2,5}$ byl zaznamenán nárůst o $2\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (18.2 %) v porovnání s rokem 2023 a pokles o $9.4\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (42 %) ve srovnání s rokem 2014. Koncentrace PM_1 vykázaly nárůst o $1.5\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (15.5 %) oproti roku 2023 a pokles o $9.6\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (46.2 %) ve srovnání s rokem 2014. Relativní vývoj koncentrací jednotlivých frakcí PM vzhledem k počátečnímu roku měření zobrazuje následující graf na Obr. 14. Rok 2014 zde pro každou škodlivinu představuje 100 % a křivka zobrazuje relativně vývoj koncentrací vůči tomuto roku. Čárkovaně je pak zobrazena křivka lineární regrese pro jednotlivé frakce.



Obr. 13: Vývoj průměrných ročních koncentrací PM, Otrokovice – město, rok 2024

Vývoj relativních ročních koncentrací PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁

Otrokovice – město, roky 2014–2024 (normalizováno na 2014 = 100 %)



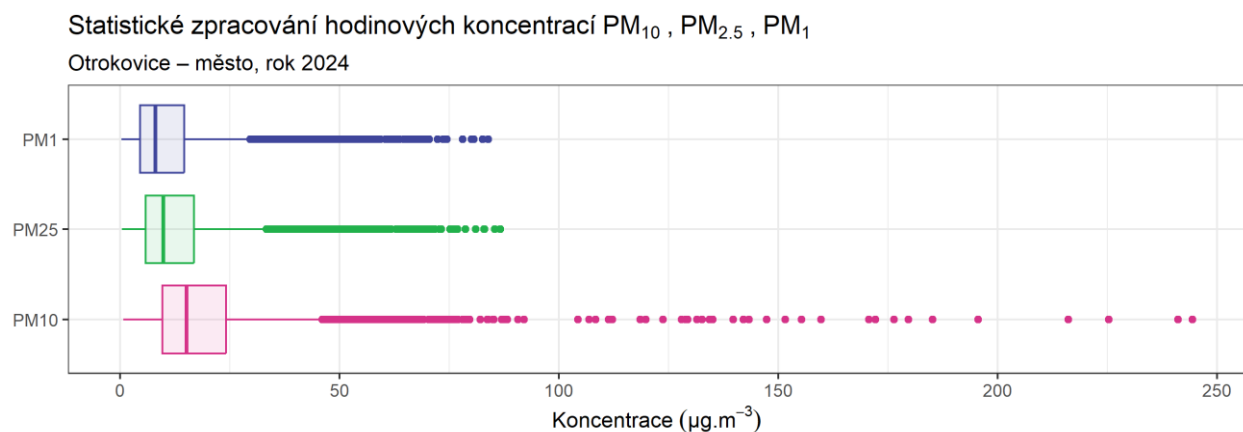
Obr. 14: Vývoj relativních ročních koncentrací PM proti počátečnímu roku měření (2014), Otrokovice – město, rok 2024

Nejvíce klesají koncentrace PM₁, které byly změřeny v poklesu o $1.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ročně a relativně o 6.3 % ročně ($R^2 = 0.85$). Následuje koncentrace PM_{2.5}, která klesá v průměru o $1.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ročně a relativně o 5.9 % ročně ($R^2 = 0.84$). Koncentrace PM₁₀ byla zaznamenána v poklesu o $1.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ročně a relativně o 4.6 % ročně ($R^2 = 0.75$).

Následující Tab. 3 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé frakce PM. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2024 pak zobrazuje Obr. 15.

Tab. 3: Statistické charakteristiky hodinových koncentrací PM v lokalitě Otrokovice – město, rok 2024

STATISTIKA	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁
PRŮMĚR	18.9	13.0	11.2
MAXIMUM	244.4	86.7	83.9
MEDIÁN	15.2	9.8	8.0
MINIMUM	0.7	0.4	0.3



Obr. 15: Statistické zpracování hodinových koncentrací PM v lokalitě Otrokovice – město, rok 2024

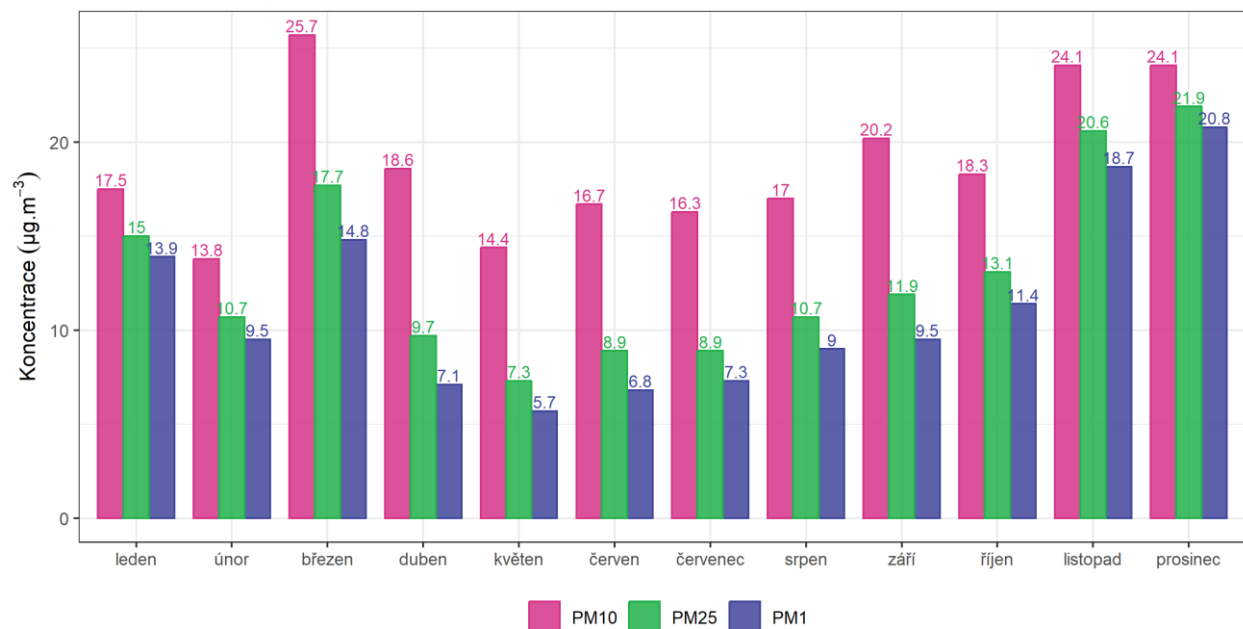
3.1.2 PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE

Na Obr. 16 jsou průměrné měsíční koncentrace PM_{10} , $PM_{2.5}$ a PM_1 . Koncentrace bývají zpravidla vyšší v topné sezóně díky lokálním topeništím (majoritní zdroj PM). Z grafů vyplývá, že nejvyšší koncentrace PM byly v této lokalitě měřeny v březnu a listopadu (25.7 , resp. $24.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$). Nejnižší koncentrace pak byly měřeny v únoru a květnu (13.8 , resp. $14.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$).

Průměrné měsíční zastoupení jemnějších frakcí v PM_{10} zobrazuje Obr. 17. V chladné části roku bývá zpravidla jemnější a nebezpečnější frakce zastoupena podstatně více než v létě. Nejvyšší zastoupení jemnějších frakcí v PM_{10} bylo naměřeno v prosinci (87.5% $PM_{2.5}$ v PM_{10} , resp. 81.8% PM_1 v PM_{10}). Nejnižší zastoupení pak bylo naměřeno v květnu (53.5% $PM_{2.5}$ v PM_{10} , resp. 42% PM_1 v PM_{10}).

Vývoj průměrných měsíčních koncentrací PM₁₀ , PM_{2.5} , PM₁

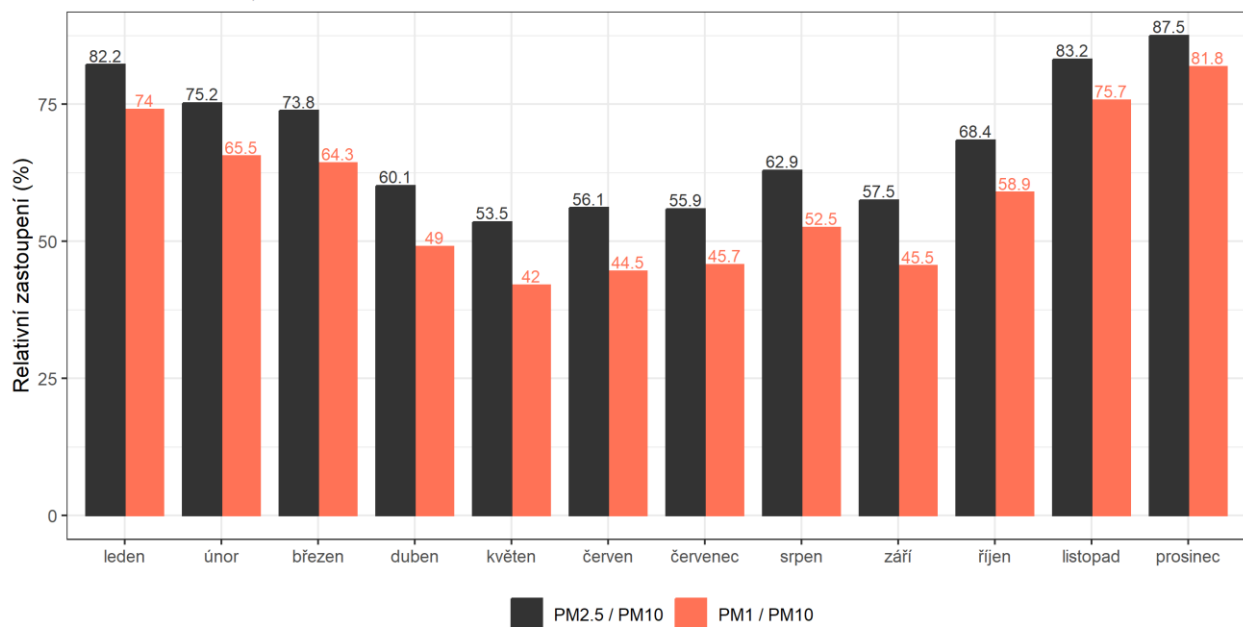
Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 16: Průměrné měsíční koncentrace PM v lokalitě Otrokovice – město, rok 2024

Vývoj průměrných měsíčních poměrů koncentrací PM_{2.5}/PM₁₀ , PM₁/PM₁₀

Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 17: Průměrné měsíční zastoupení PM_{2.5} v PM₁₀ a PM₁ v PM₁₀, Otrokovice – město, rok 2024

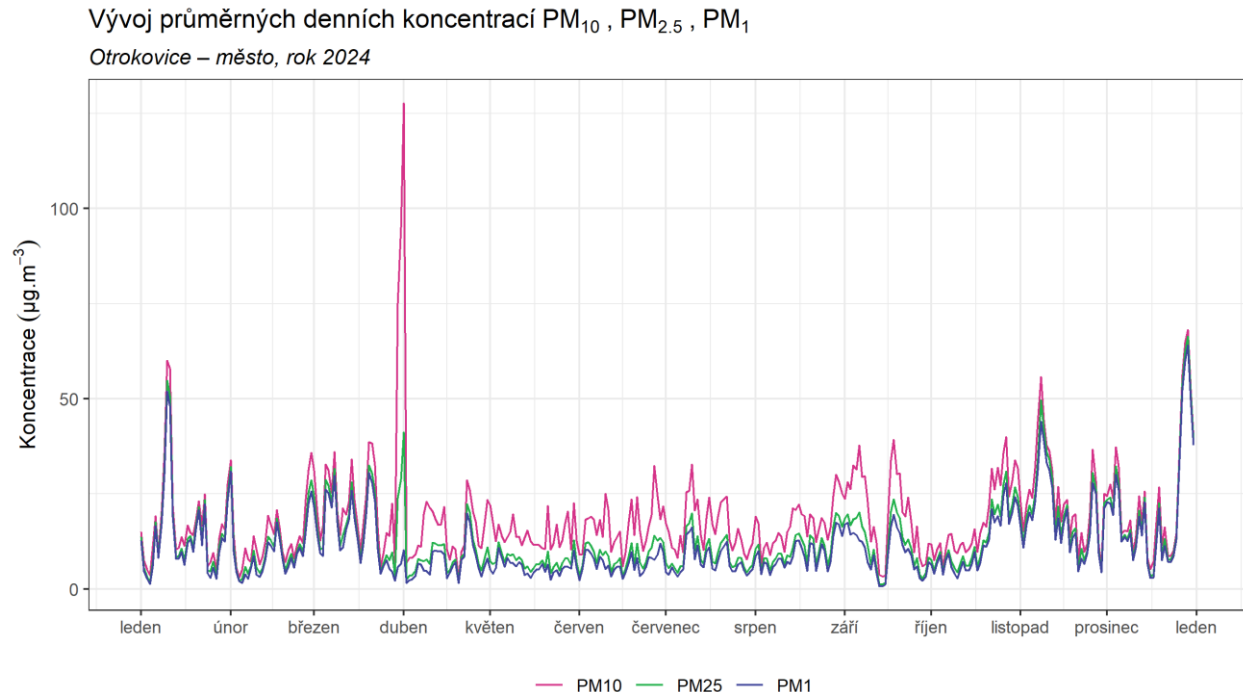
3.1.3 PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE

Vývoj průměrných denních koncentrací PM_{10} , $PM_{2.5}$ a PM_1 v lokalitě Otrokovice – město zobrazuje následující Obr. 18. Z grafu je patrné, že koncentrace jemnějších frakcí do značné míry kopírují hrubší frakci PM_{10} a z velmi velké části tak PM_{10} tvoří.

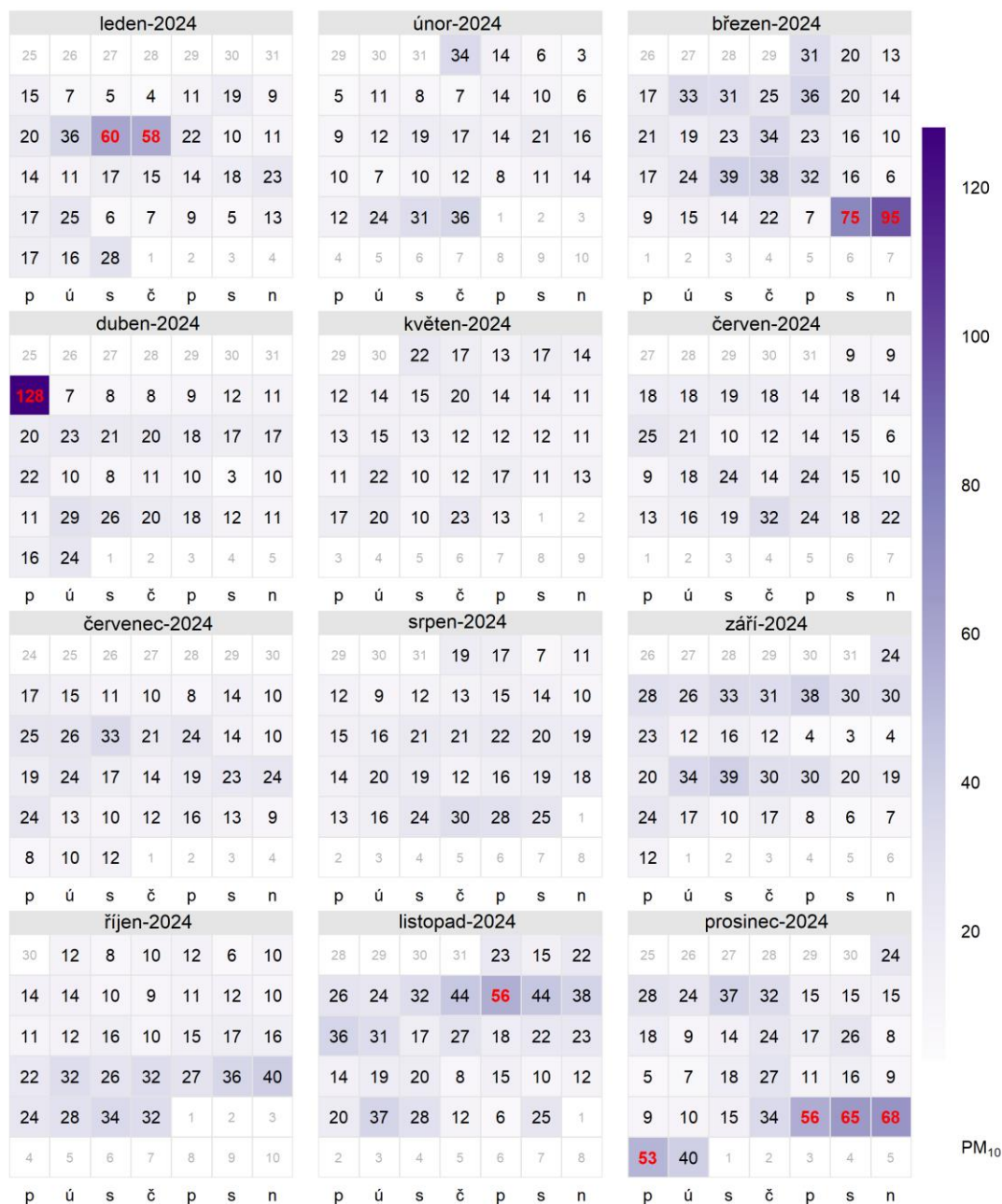
Průměrné denní koncentrace vyšší, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} ($50 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) se vyskytují převážně v chladné části. V měsících červen–září, kdy nejsou v provozu lokální topeniště a jsou příznivější rozptylové podmínky, bývají koncentrace všech frakcí PM nízké a k překračování hodnoty limitu nedochází.

Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu v jednotlivých měsících zobrazuje následující Obr. 20. V roce 2024 došlo alespoň k jednomu překročení v těchto měsících: leden, březen, duben, listopad, prosinec. Nejvíce překročení bylo zaznamenáno v měsíci prosinci (4 překročení). V tento měsíc byly rovněž měřeny velmi nízké teploty a muselo se tedy intenzivněji topit (Obr. 6). Celkově došlo v kalendářním roce 2024 k 10 překročením. **Imisní limit pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} tedy překročen nebyl.** Zákon umožňuje za kalendářní rok 35 překročení této hodnoty.

Nejvyšší průměrná denní koncentrace PM_{10} byla naměřena dne 01. 04. 2024 a měla hodnotu $127.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Na přelomu března a dubna byly měřeny vysoké koncentrace i na dalších stanicích při proudění z jihu až jihovýchodu. Byl to důsledek dálkového transportu – saharského písku. [6] V kalendářovém zobrazení na Obr. 19) je možné dobře vidět, ve které měsíce a dny byly naměřeny nadlimitní koncentrace PM_{10} .



Obr. 18: Vývoj průměrných denních koncentrací PM, Otrokovice – město, rok 2024

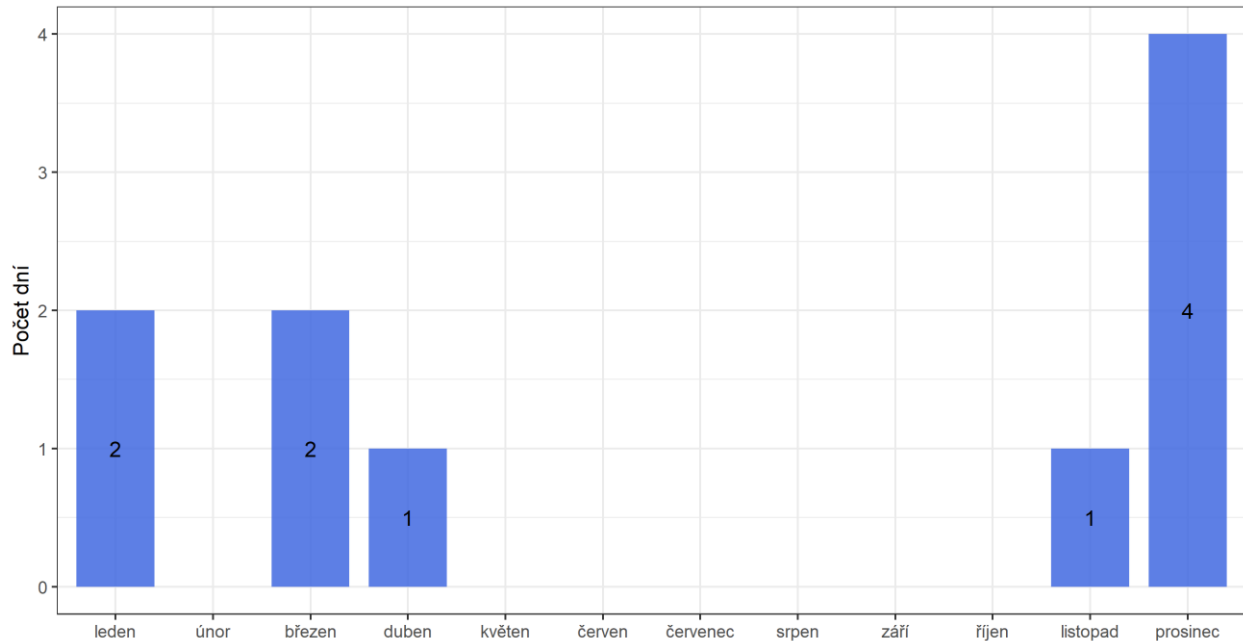


Obr. 19: Kalendářové zobrazení s hodnotami průměrných denních koncentrací PM_{10} , Otrokovice – město, rok 2024

Vývoj charakteristik, vztahujících se k dennímu imisnímu limitu pro PM_{10} (36. nejvyšší koncentrace PM_{10} za kalendářní rok a počet dní s překročenou **hodnotou** imisního limitu) zobrazuje Obr. 21. V případě obou charakteristik došlo k nárůstu proti předchozímu roku. Počet dní s průměrnou denní koncentrací PM_{10} vyšší než $50 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ vzrostl v roce 2024 proti roku 2023 o 7 dní, 36. nejvyšší koncentrace PM_{10} vzrostla o $6.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (26.6 %).

Počet dní s překročením denního imisního limitu PM₁₀ v jednotlivých měsících

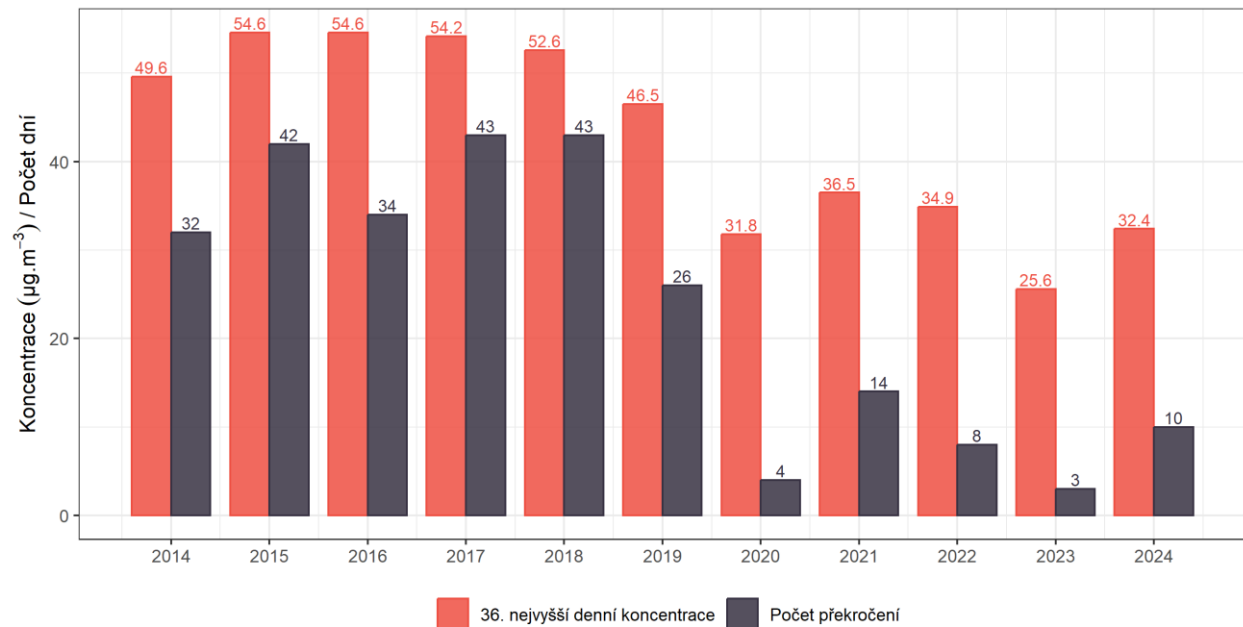
Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 20: Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ v jednotlivých měsících, Otrokovice – město, rok 2024

Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM₁₀ a překročení hodnoty imisního limitu

Otrokovice – město, rok 2024

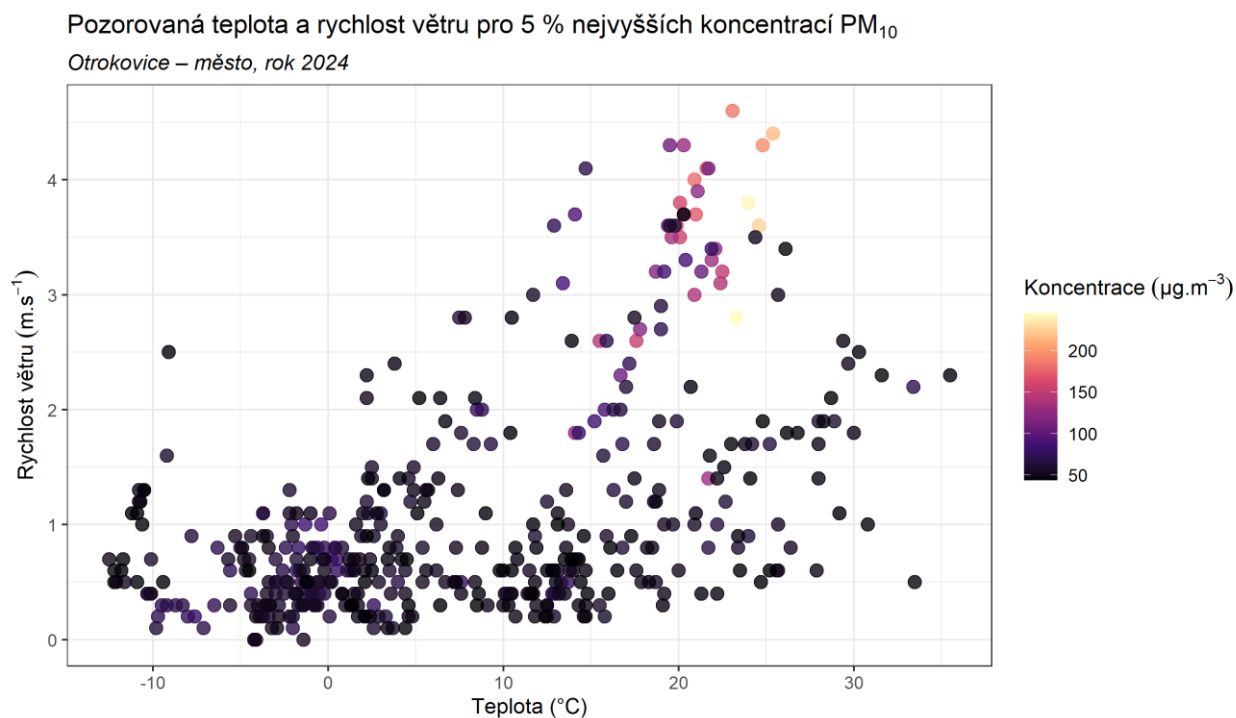


Obr. 21: Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM₁₀ a počtu dní s překročením hodnoty imisního limitu pro denní koncentraci PM₁₀, Otrokovice – město, rok 2024

Vzhledem k tomu, že jsou trend a z velké části i hodnoty PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 téměř totožné (Obr. 18), bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro PM_{10} , avšak totéž platí i pro jemnější frakce.

Obr. 22 zobrazuje, při jakých teplotách a rychlostech větru se vyskytuje 5 % nejvyšších hodinových koncentrací PM_{10} naměřených v lokalitě Otrokovice – město v roce 2024. Z analýzy těchto 5 % nejvyšších koncentrací PM_{10} lze vyčíst, že nejčastěji se tyto koncentrace vyskytují při teplotě kolem $12.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rychlosti větru přibližně $0.4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nejvyšší hodnoty však byly měřeny při teplotách okolo $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vyšších rychlostech větru jako důsledek dálkového transportu saharského písku přes území ČR.

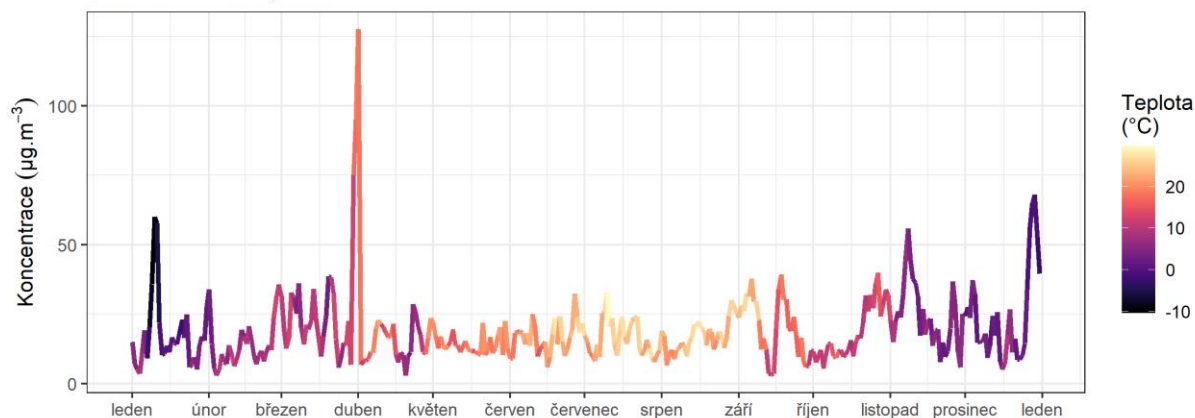
Na Obr. 23 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací PM_{10} , zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost. Grafy pak potvrzují, co bylo patrné na předchozím grafu. Vyšší koncentrace PM_{10} jsou měřeny při nízkých teplotách a nízkých rychlostech větru a spíše při vyšší relativní vlhkosti vzduchu. To jsou podmínky charakteristické pro teplotní inverzi. Nízké teploty se dále promítnou do potřeby více topit, takže se zvyšují emise z lokálních topenišť – v chladné části roku nejvýznamnější zdroj prašnosti. Nízké rychlosti větru pak zabraňují dostatečnému rozptýlu škodlivin a koncentrace se tak neustále zvyšují.



Obr. 22: Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací PM_{10} , Otrokovice – město, rok 2024

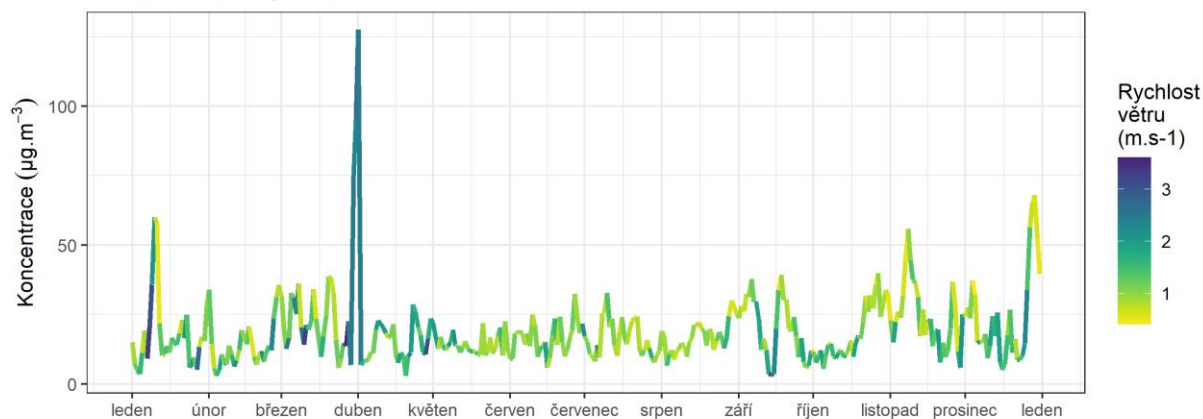
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na teplotě vzduchu

Otrokovice – město, rok 2024



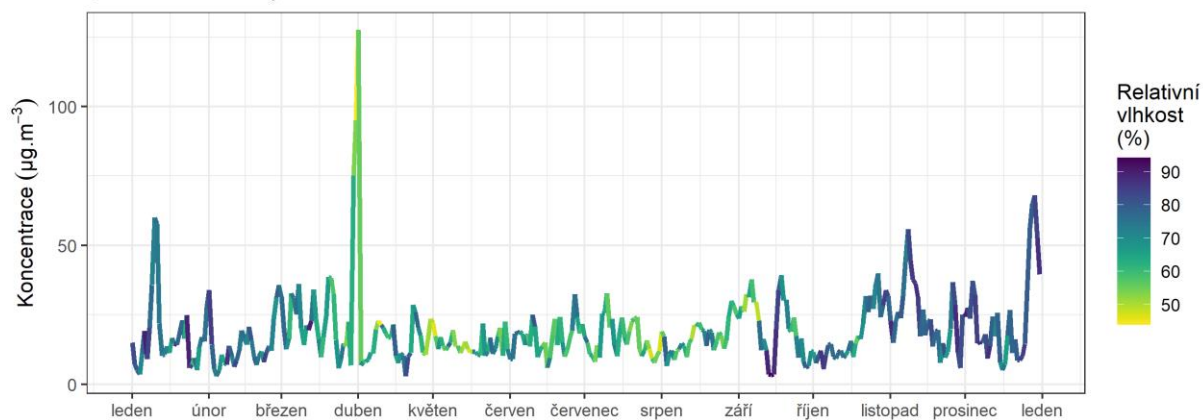
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na rychlosti větru

Otrokovice – město, rok 2024



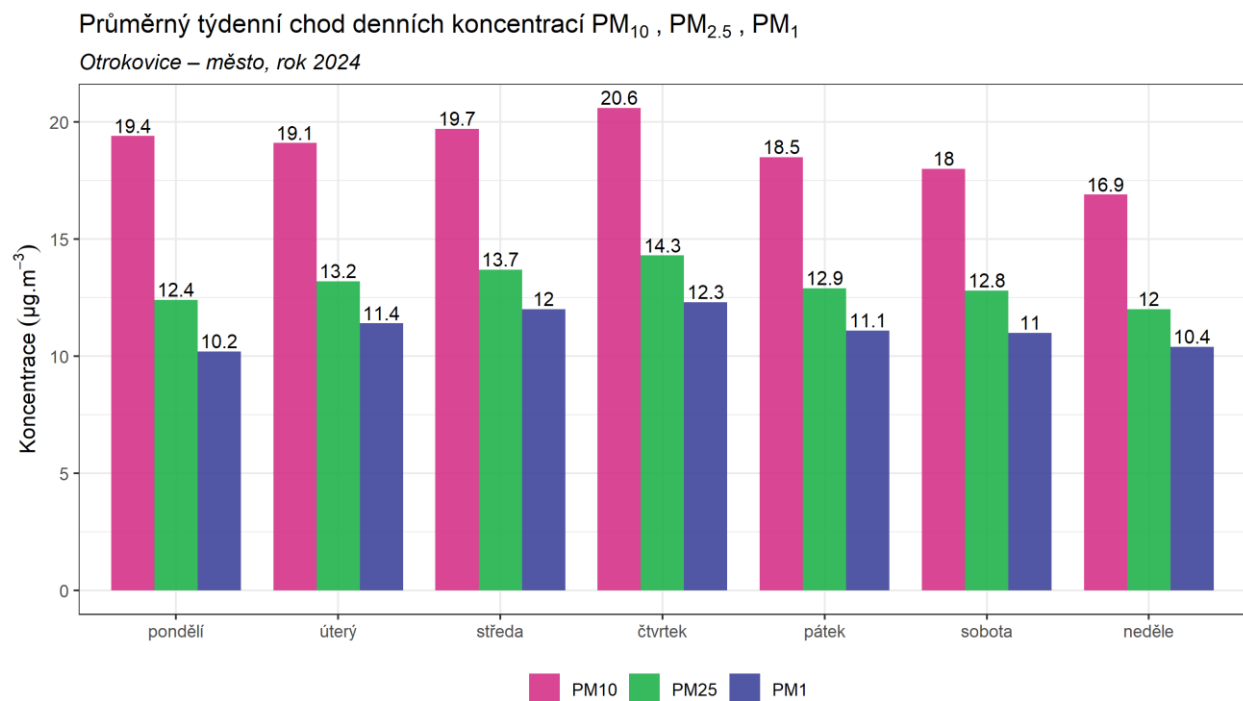
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 23: Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace PM₁₀, Otrokovice – město, rok 2024

Graf na Obr. 24 posuzuje denní koncentrace PM_{10} , $PM_{2.5}$ a PM_1 z hlediska dne v týdnu. V průměru nejvyšší průměrná koncentrace PM_{10} byla v roce 2024 naměřena v čtvrtek s hodnotou $20.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Naopak nejnižší průměrná koncentrace PM_{10} byla naměřena v neděli s hodnotou $16.9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.



Obr. 24: Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM, Otrokovice – město, rok 2024

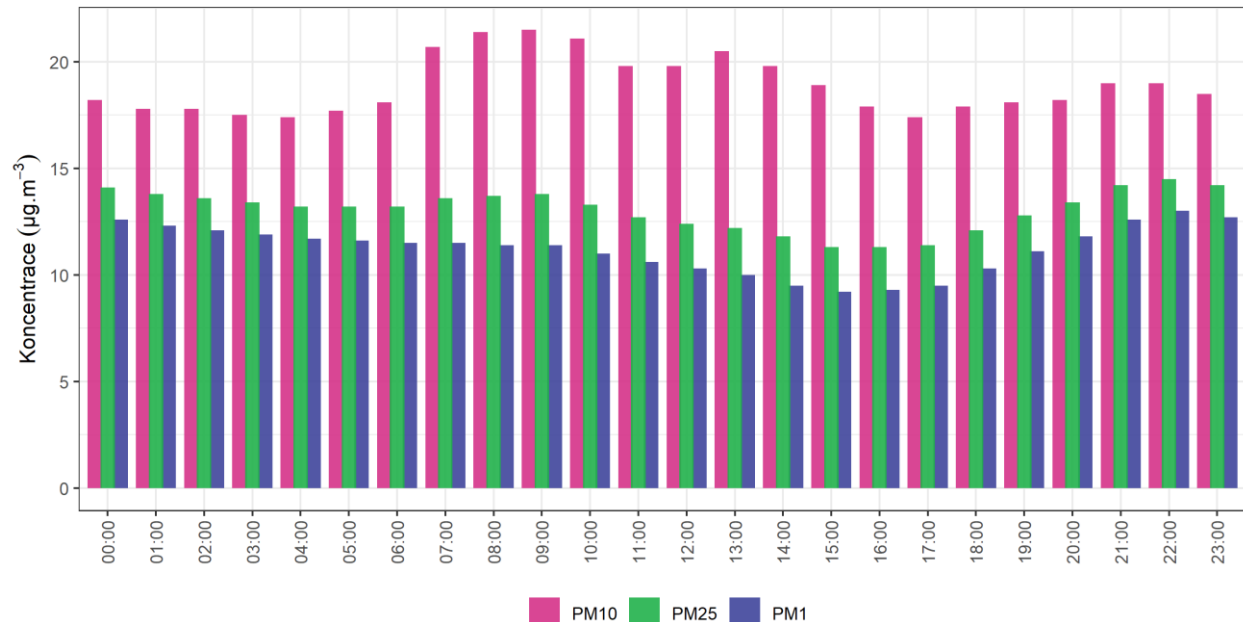
3.1.4 ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací PM_{10} , $PM_{2.5}$ a PM_1 v lokalitě Otrokovice – město. Denní chod koncentrací PM_{10} zobrazuje Obr. 25.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací PM_{10} jsou dosahovány v dopoledních a odpoledních hodinách, mírně zvýšené jsou i večer. Je to velmi pravděpodobně důsledek dopravních špiček a taky cesty do a návratu lidí z práce a zatopení v lokálních topeništích, které plošně navýší hodnoty koncentrací prašnosti v celém území. Svůj vliv mají také rozptylové podmínky, které bývají v noci horší. Jemnější frakce mají trochu jinou dynamiku, je patrný výraznější nárůst ve večerních hodinách a poté postupný pokles koncentrací. V průměru nejvyšší koncentrace PM_{10} byly měřeny v 09:00 s hodnotou $21.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Nejnížší koncentrace PM_{10} pak byly naměřeny v 04:00 s hodnotou $17.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁

Otrokovice – město, rok 2024



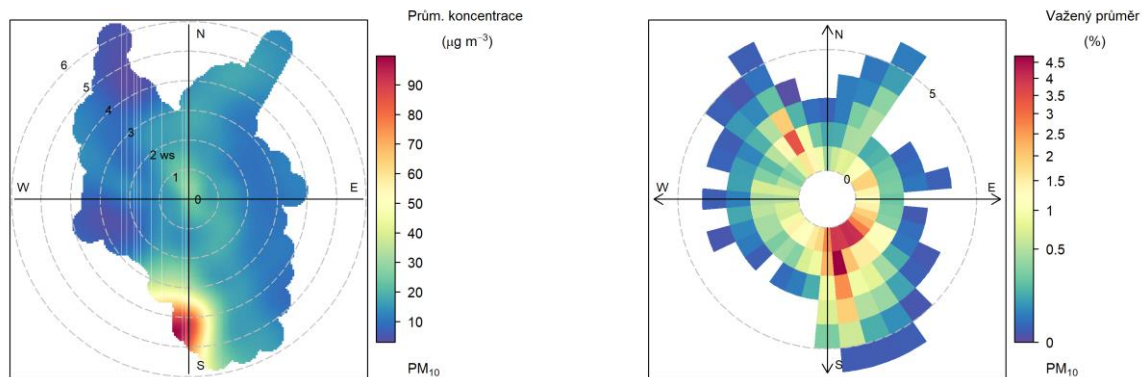
Obr. 25: Průměrný denní chod hodinových koncentrací PM, Otrokovice – město, rok 2024

Koncentrační růžice jsou efektivním nástrojem pro analýzu znečištění ovzduší na základě meteorologických charakteristik. Pro jejich konstrukci se využívají hodinová data meteorologických parametrů (například směru a rychlosti větru) a koncentrací znečišťujících látek. Princip vychází z větrné růžice, kde směr větru odpovídá polárním souřadnicím, a vzdálenost od středu růžice reprezentuje rychlost větru – střed růžice symbolizuje bezvětrí, zatímco směrem k okrajům rychlost větru roste.

V koncentrační růžici jsou pro jednotlivé kombinace rychlosti a směru větru zprůměrovány koncentrace konkrétní škodliviny, naměřené za odpovídajících podmínek. Základní koncentrační růžice tak poskytuje přehled o průměrných (a případně nejvyšších) koncentracích dosažených při různých směrech a rychlostech větru.

Vážená koncentrační růžice přidává další vrstvu informace tím, že do výpočtu zahrnuje i četnost výskytu jednotlivých kombinací směru a rychlosti větru. Výsledkem je vážený průměr koncentrací, který odráží, jakým podílem přispívají různé směry větru k celkovým naměřeným koncentracím dané škodliviny.

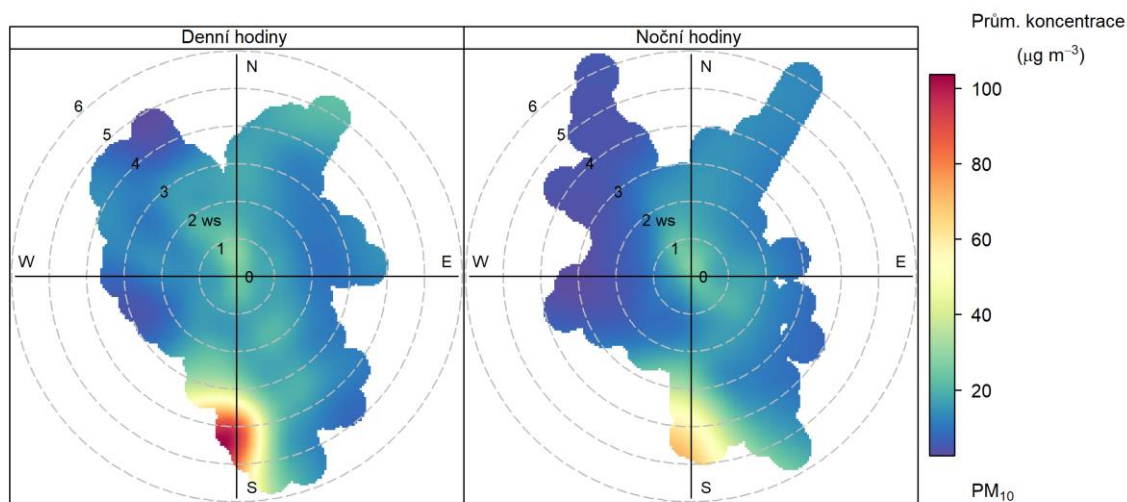
Následující Obr. 26 zobrazuje tyto dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Otrokovice – město.



Obr. 26: Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro PM_{10} , Otrokovice – město, rok 2024

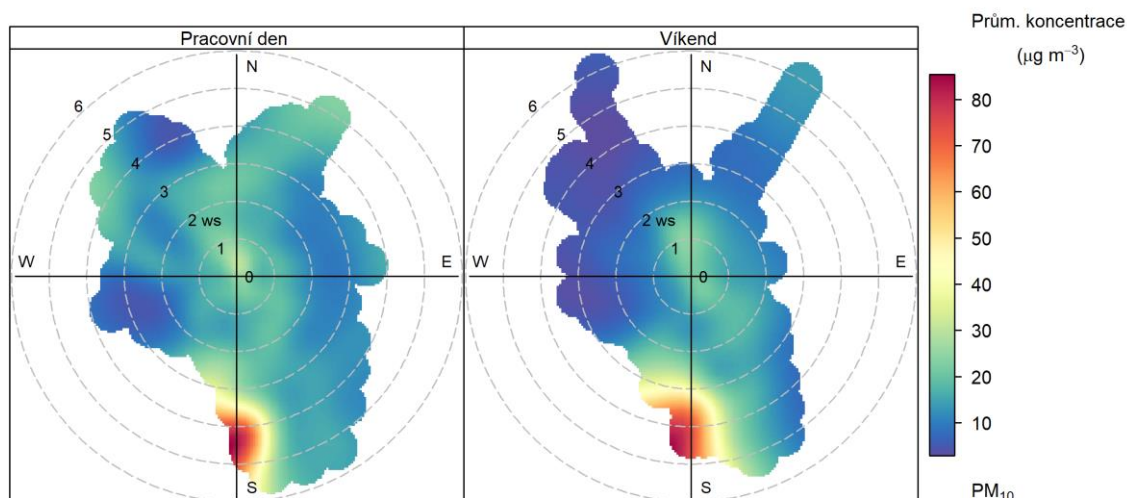
Nejvyšší koncentrace ($100 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byla naměřena při proudění z jihu a rychlosti větru $4.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Nejvyšší vážená koncentrace PM_{10} byla naměřena při proudění z jižních směrů a rychlosti větru $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Na následujícím Obr. 27 je koncentrační růžice rozdělená na den a noc. Nejvyšší koncentrace PM_{10} byla zaznamenána během denních hodin ($104 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ při proudění vzduchu z jihu a rychlosti větru $4.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). V průběhu nočních hodin byla nejvyšší naměřená koncentrace PM_{10} ($72 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) při proudění z jihu a rychlosti větru $4.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



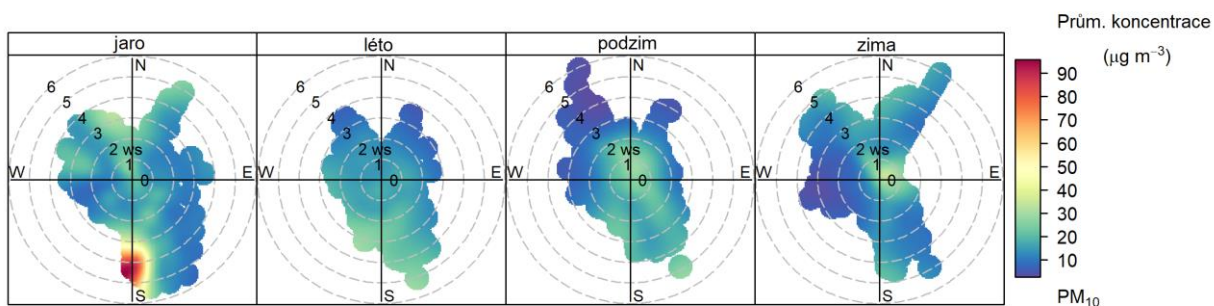
Obr. 27: Koncentrační růžice PM_{10} v denních a nočních hodinách, Otrokovice – město, rok 2024

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendové dny (Obr. 28). Vyšší koncentrace PM_{10} byla zaznamenána v pracovní dny. Mírně vyšší koncentrace $85 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ byla naměřena při proudění z jihu a rychlosti větru $4.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. O víkendu byla nejvyšší naměřená koncentrace PM_{10} $84 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, která byla také zaznamenána při rychlosti větru $4.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a směru větru z jihu. Obojí je důsledek přelomu března a dubna a přechodu saharského písku přes území ČR.



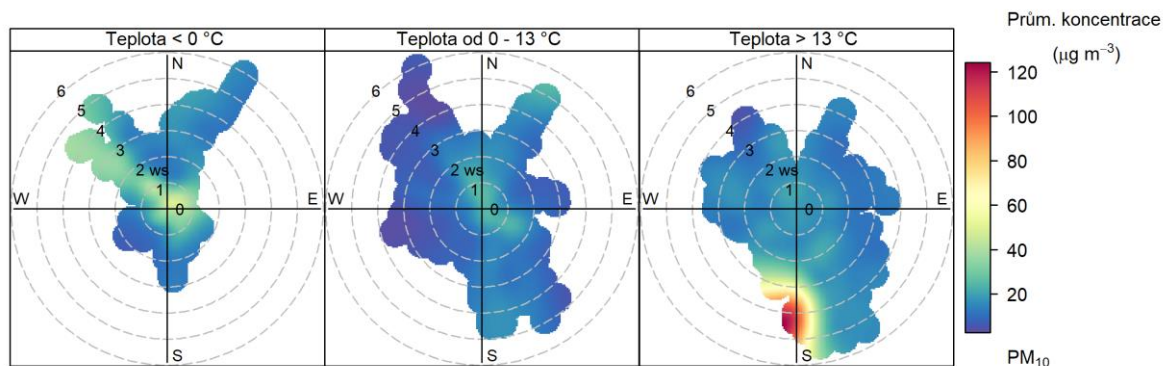
Obr. 28: Koncentrační růžice PM_{10} v pracovní dny a o víkendu, Otrokovice – město, rok 2024

Následující Obr. 29 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. nejvyšší koncentrace PM_{10} byla naměřena v jarních měsících. Na jaře byla maximální koncentrace PM_{10} ($96 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při proudění z jihu a rychlosti větru $4.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (saharský písek). V letních měsících byla maximální koncentrace PM_{10} ($30 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při proudění z jihu a rychlosti větru $3.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na podzim byla maximální koncentrace PM_{10} ($29 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při proudění ze severu a rychlosti větru $0.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V zimních měsících byla maximální koncentrace PM_{10} ($36 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při bezvětří resp. proudění ze severovýchodu a rychlosti větru $0.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



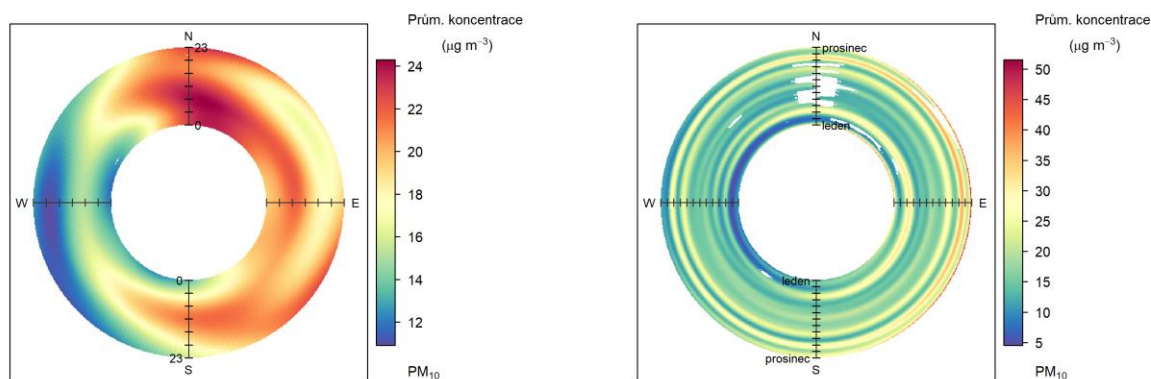
Obr. 29: Koncentrační růžice PM_{10} v jednotlivých ročních obdobích, Otrokovice – město, rok 2024

Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu (Obr. 30). V teplotním intervalu nad 13°C byla naměřena nejvyšší koncentrace PM_{10} ($124 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ při proudění z jihu a rychlosti větru $4.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). V intervalu teplot nižších než 0°C byla nejvyšší koncentrace PM_{10} dosažena hodnotou $51 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, přičemž nejvyšší koncentrace byla zaznamenána při proudění ze severovýchodu a rychlosti větru $0.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V intervalu teplot od 0 do 13°C byla naměřena nejvyšší koncentrace PM_{10} $26 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ při proudění vzduchu ze severu a rychlost větru byla $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 30: Koncentrační růžice PM_{10} ve vybraných teplotních intervalech, Otrokovice – město, rok 2024

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. Koncentrace PM_{10} v lokalitě Otrokovice – město jsou takto zobrazeny na Obr. 31.



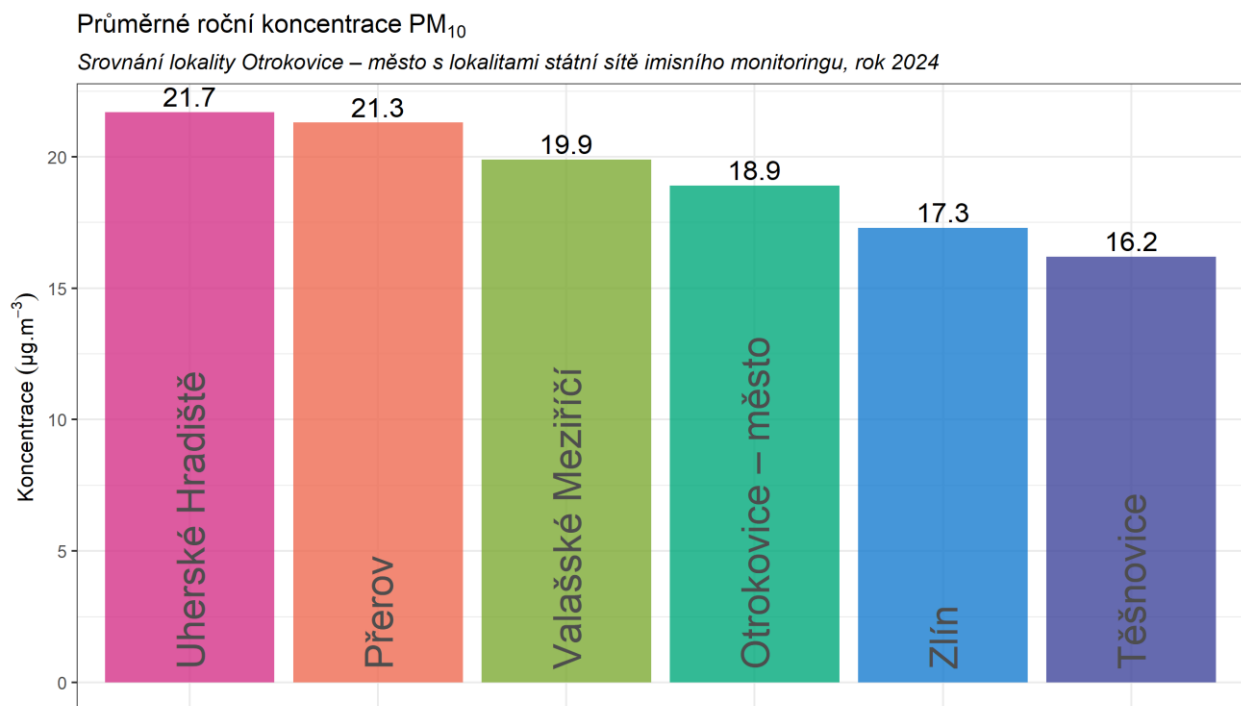
Obr. 31: Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací PM_{10} dle směru větru, Otrokovice – město, rok 2024

Nejvyšší koncentrace PM_{10} ($24 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v rámci denního chodu byla zaznamenána kolem 7. hodiny při proudění větru ze severních směrů. Nejvyšší koncentrace PM_{10} ($52 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v rámci ročního chodu byla naměřena v měsíci prosinci při proudění větru z východních směrů.

3.1.5 SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU

V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Otrokovice – město, srovnány s hodnotami naměřenými ve státní síti imisního monitoringu Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Charakteristika lokalit je uvedena v kapitole *Data a jejich zpracování* v Tab. 2.

Na následujícím Obr. 32 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace částic PM_{10} na lokalitách v blízkém okolí lokality Otrokovice – město a srovnány s koncentracemi zde měřenými v roce 2024. Zjištěné hodnoty se pohybovaly v rozmezí od $16.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ v Těšnovicích do $21.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ v Uherském Hradišti. Žádná z analyzovaných lokalit nepřekročila stanovený imisní limit $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Otrokovice – město, s naměřenou hodnotou $18.9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, se umístilo ve spodní polovině koncentračního spektra.



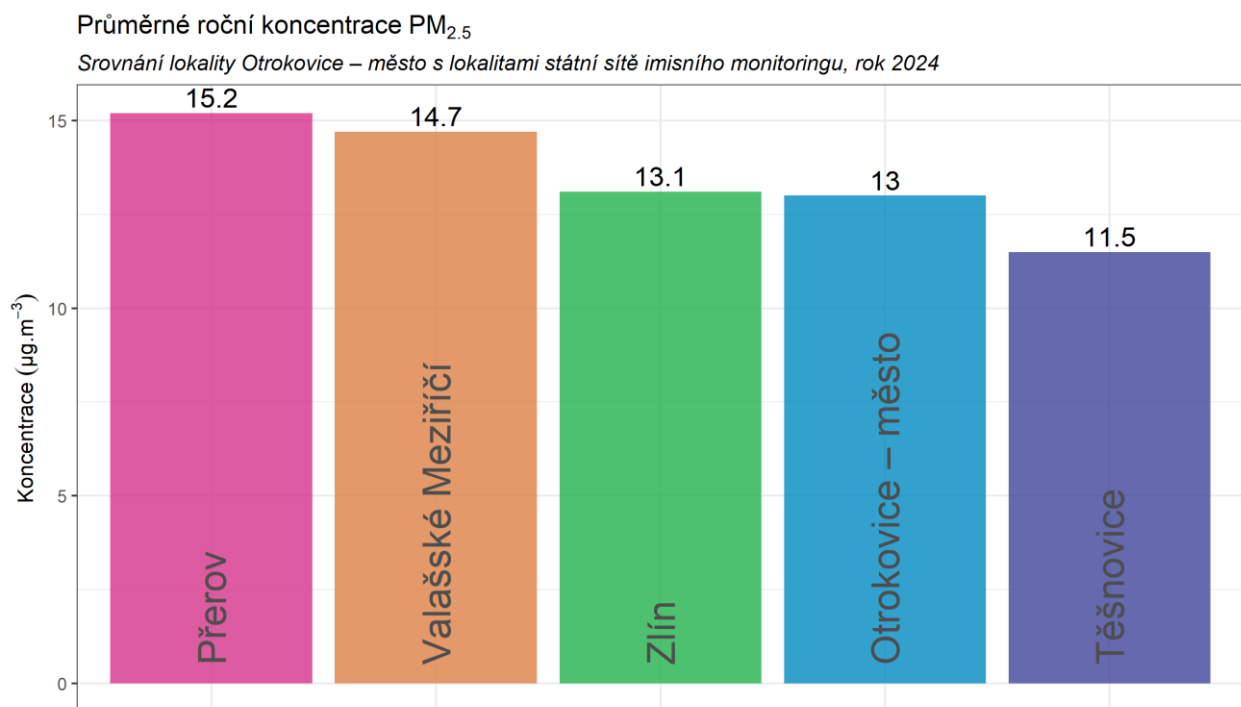
Obr. 32: Srovnání průměrné roční koncentrace PM_{10} lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Na následujícím grafu na Obr. 33 jsou obdobně zobrazeny hodnoty průměrných ročních koncentrací $PM_{2.5}$ na vybraných lokalitách. Byly analyzovány průměrné roční koncentrace jemných částic $PM_{2.5}$ v jednotlivých lokalitách. Rozsah hodnot se pohybuje od $11,5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ v Těšnovicích po $15,2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ v Přerově. Lokalita Otrokovice – město, s naměřenou hodnotou $13 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, patří mezi lokality s nižšími koncentracemi $PM_{2.5}$ vzhledem k datům dostupným pro ostatní lokality. Otrokovice – město má téměř identické hodnoty koncentrace jako Zlín ($13,1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$). Z uvedených dat je zřejmé, že v žádné lokalitě nedošlo k překročení imisního limitu $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Graf na následujícím Obr. 34 zobrazuje poslední legislativou sledovanou charakteristiku pro suspendované částice PM_{10} . Jedná se o imisní limit pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} , jehož hodnota může být

za kalendářní rok 35x překročena. V grafu je zobrazen počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} . V případě překročení limitu je číslo v popisku zobrazeno červeně.

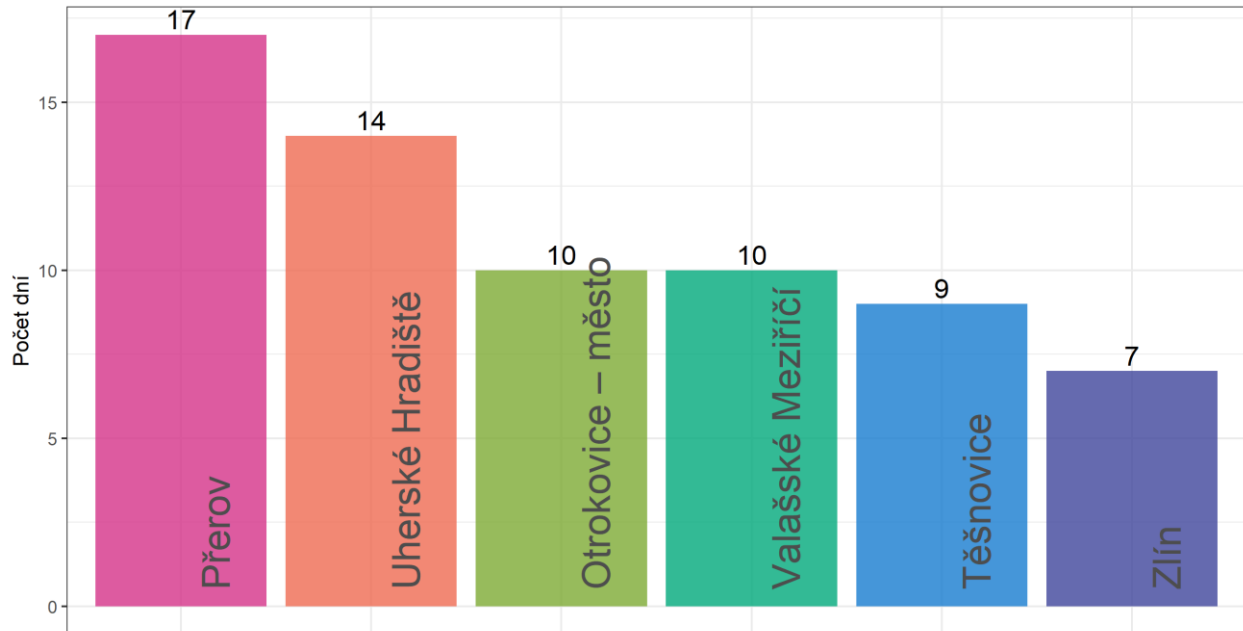
V žádné z analyzovaných lokalit nebyl zaznamenán počet dní překračující limit 35. Nejvyšší hodnota byla naměřena v lokalitě Přerov, kde bylo zaznamenáno 17 dní s překročením limitní hodnoty. Nejnižší hodnoty byly naměřeny ve Zlíně, kde bylo zaznamenáno 7 dní s překročením limitní hodnoty. Lokalita Otrokovice – město, s 10 zaznamenanými dny překračující imisní limit, se nachází ve středu hodnotového spektra. Tento počet dnů je nižší než průměrný počet dnů v rámci sledovaných lokalit, což indikuje, že Otrokovice – město patří spíše mezi lokality s nižšími hodnotami překročení denní koncentrace PM_{10} .



Obr. 33: Srovnání průměrné roční koncentrace $PM_{2,5}$ lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Počet dní s koncentracemi PM_{10} vyššími, než je hodnota denního imisního limitu

Srovnání lokality Otrokovice – město s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

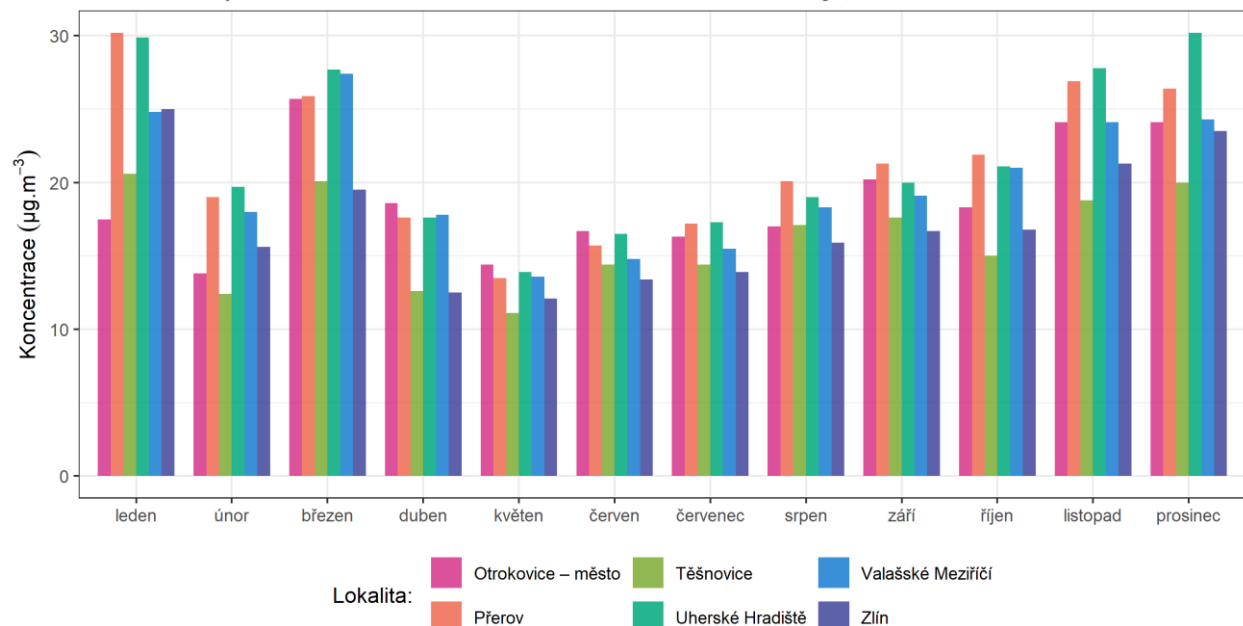


Obr. 34: Srovnání průměrné roční koncentrace PM_{10} lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Následující grafy na Obr. 35 a Obr. 36 zobrazují průměrné měsíční koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$ naměřené ve vybraných lokalitách. Z obou grafů je patrné, že vývoj koncentrací v jednotlivých měsících byl na všech lokalitách podobný. Rovněž je patrné, že obdobně jako v lokalitě Otrokovice – město byly i v ostatních lokalitách měsíce s nejvyššími koncentracemi totožné. Je tedy zřejmé, že vliv na zvýšené koncentrace neměly lokální zdroje, ale ovlivnění bylo především regionální, resp. nadregionální.

Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀

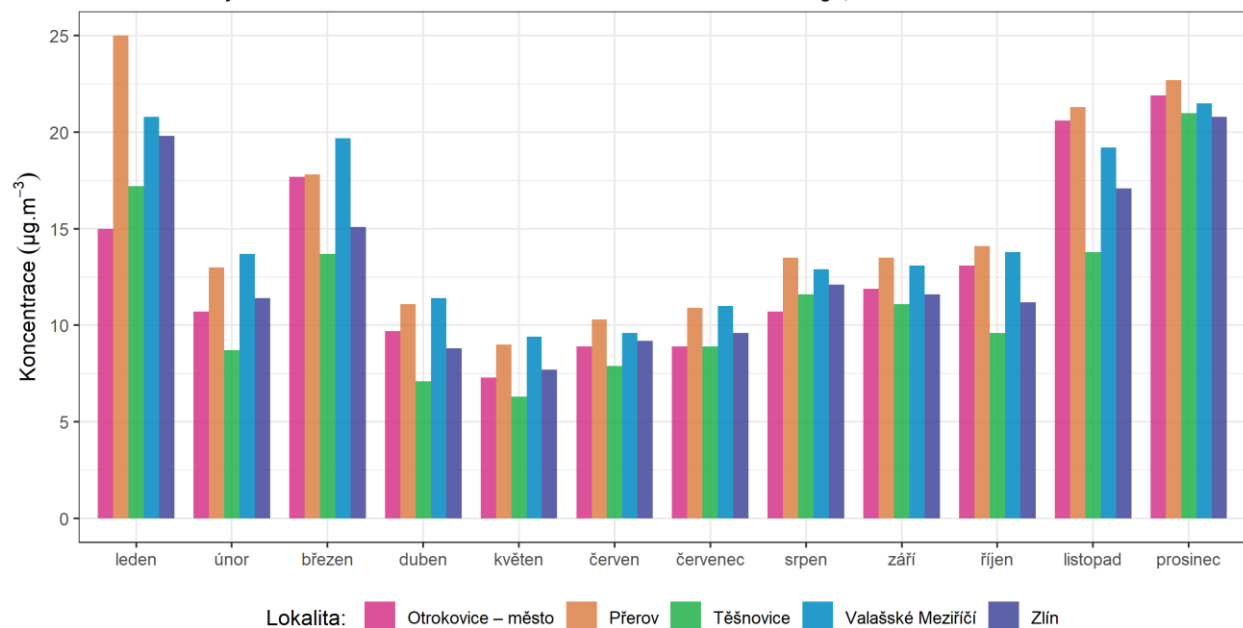
Srovnání lokality Otrokovice – město s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 35: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM₁₀ lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

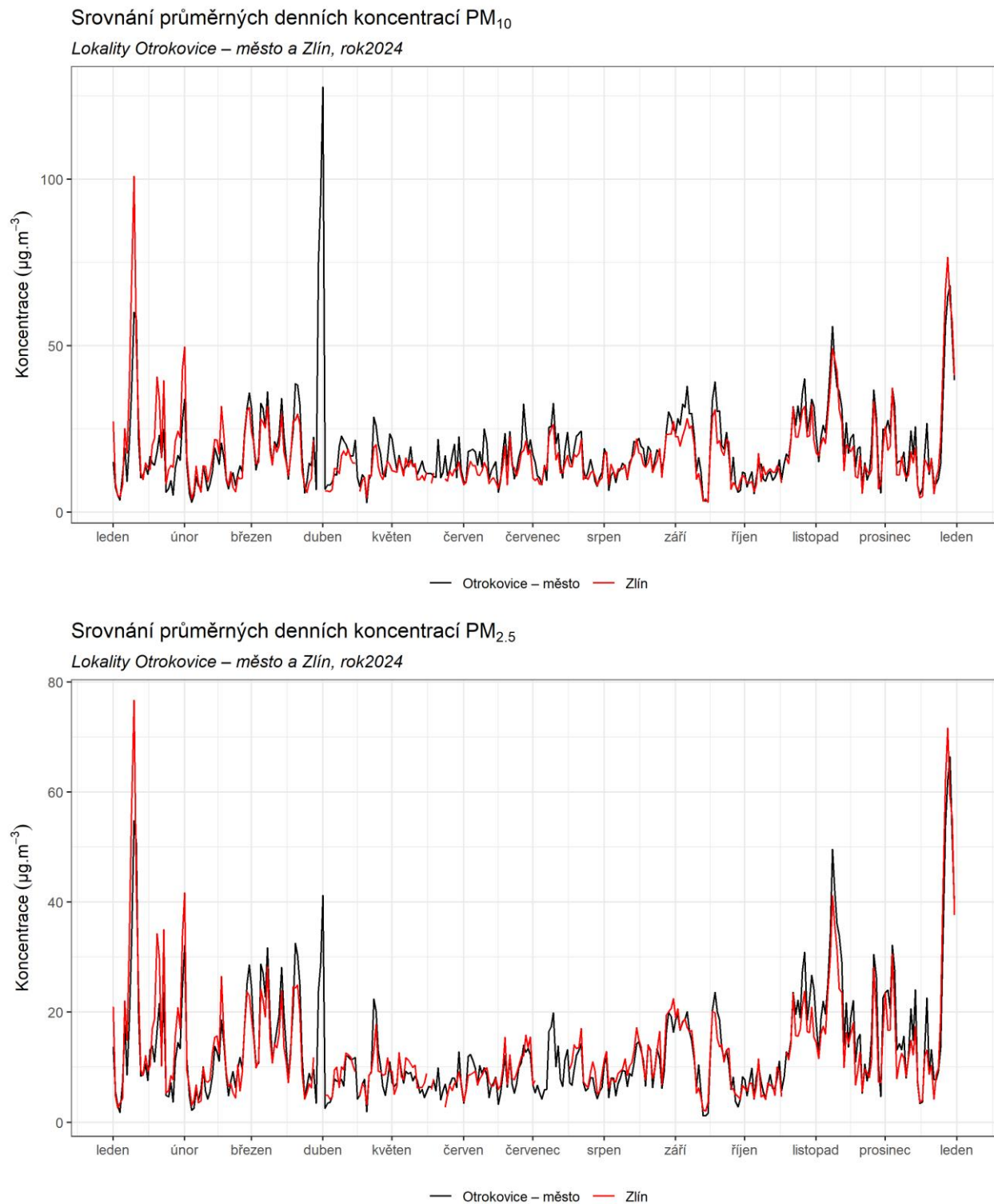
Průměrné měsíční koncentrace PM_{2.5}

Srovnání lokality Otrokovice – město s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 36: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM_{2.5} lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

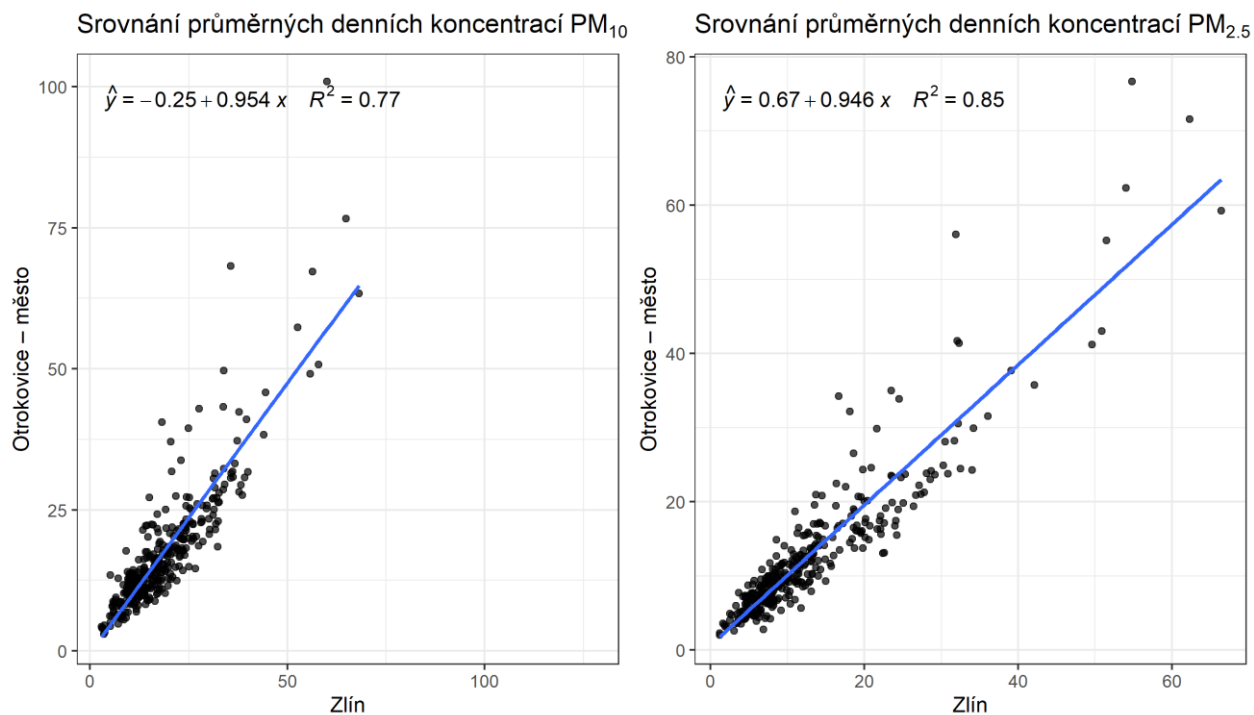
Následující graf na Obr. 37 srovnání průměrných denních koncentrací PM_{10} (nahore) a $PM_{2,5}$ (dole) s lokalitou státní sítě imisního monitoringu Zlín.



Obr. 37: Srovnání průměrných denních koncentrací PM_{10} (nahore) a $PM_{2,5}$ (dole), lokality Otrokovice – město a Zlín, rok 2024

Z grafu je dobře patrné, že vývoj průměrných denních koncentrací je v obou lokalitách velmi podobný. Rozdíl lze pozorovat ve špičkách, kdy v některých situacích jsou vyšší koncentrace v Otrokovicích a v některých ve Zlíně.

Mezi stanicemi existuje velmi dobrá korelace jak pro PM_{10} , tak pro $PM_{2,5}$, jak ukazují grafy na Obr. 38. Vyšší koncentrace v lokalitě Otrokovice – město jsou zřejmě způsobeny rozdílnou orografií terénu.



Obr. 38: Korelace průměrných denních koncentrací PM_{10} (vlevo) a $PM_{2,5}$ (vpravo), lokality Otrokovice – město a Zlín, rok 2024

3.2 OXIDY DUSÍKU NO₂, NO A NO_x

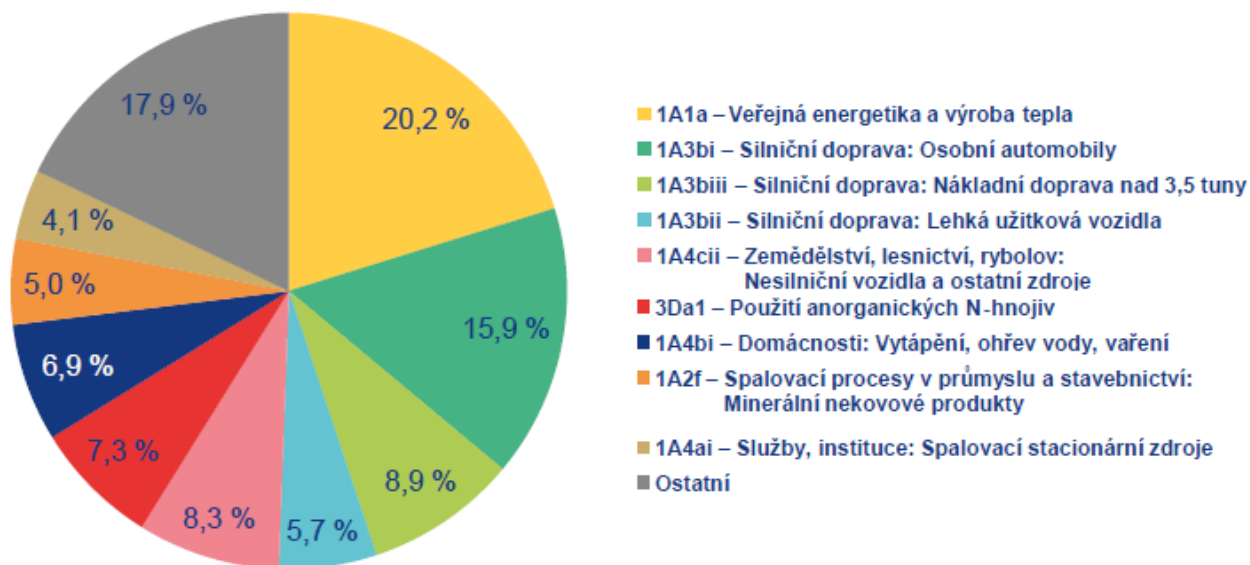
Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO_x) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂) [12].

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 18x překročena (viz 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 v 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 [13]. 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 [14].



Obr. 39: Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO_x v ČR, rok 2023 [9]

Největší množství emisí NO_x pochází z mobilních zdrojů. Mobilní zdroje se v roce 2023 podílely na celkových emisích NO_x 38,8 %. Sektor 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily se podílel 15,9 %, sektor 1A4cii –

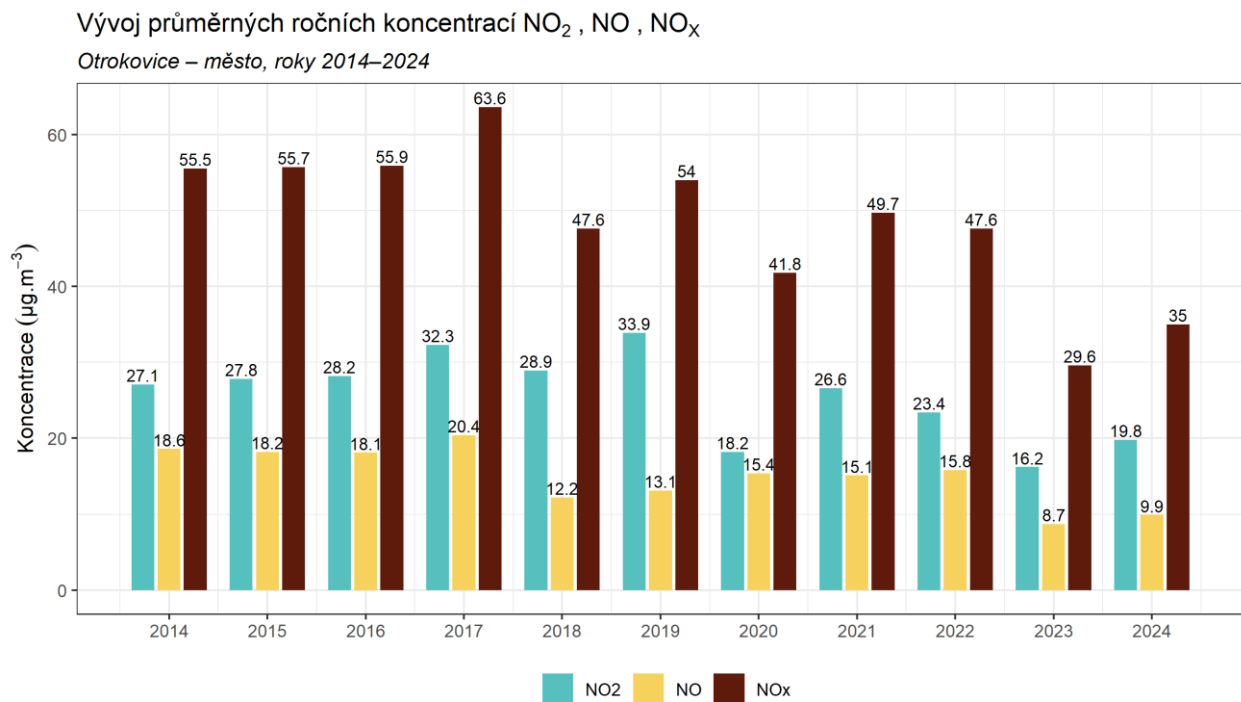
Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje se podílel 8,3 %, 1A3biii – Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 t a 1A3bii – Silniční doprava: Lehká užitková vozidla se na celorepublikových emisích NO_x v roce 2023 podílely 8,9 % a 5,7 %. Ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší vneseno 20,2 % emisí NO_x, ze sektoru 3Da1 – Použití anorganických N-hnojiv 7,3 %, a ze sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření 6,9 % [9].

3.2.1 PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE

Průměrná roční koncentrace NO₂ činila v roce 2024 v lokalitě Otrokovice – město 19.8 µg·m⁻³. Imisní limit tedy překročen nebyl.

Průměrná roční koncentrace NO činila v roce 2024 v lokalitě Otrokovice – město 9.9 µg·m⁻³. Průměrná roční koncentrace NO_x činila v roce 2024 v lokalitě Otrokovice – město 35 µg·m⁻³.

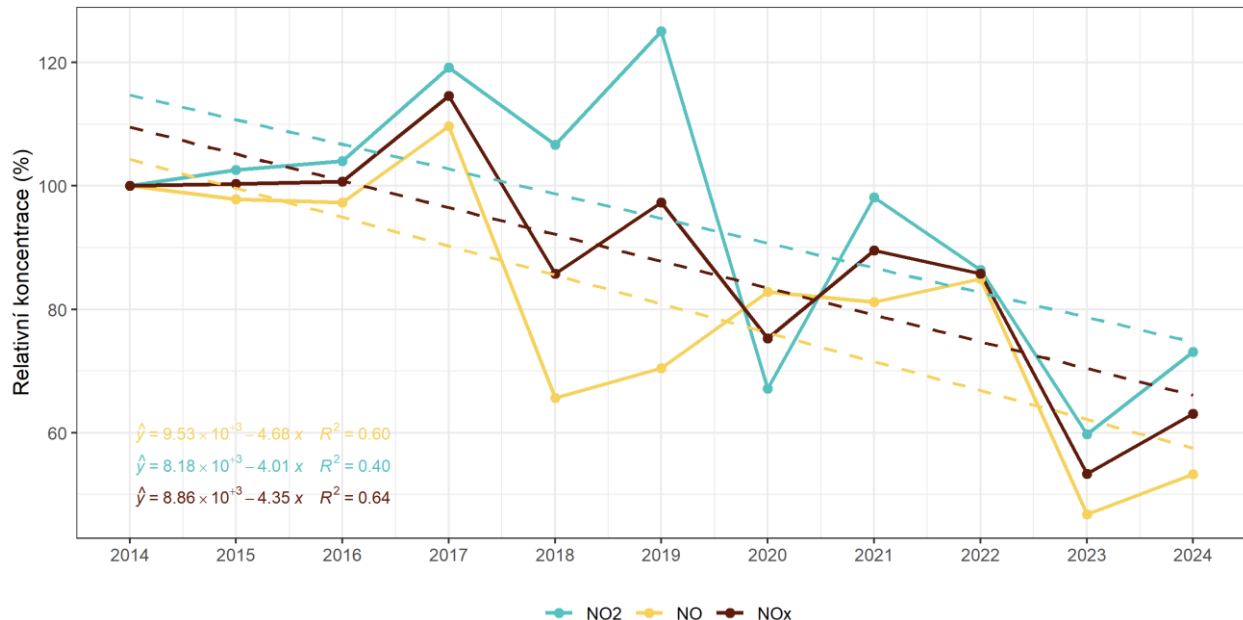
Následující Obr. 40 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací NO₂, NO a NO_x v lokalitě Otrokovice – město. V roce 2024 bylo zaznamenáno zvýšení koncentrace oxidu dusnatého (NO) o 1.2 µg·m⁻³, což představuje nárůst o 13.8 %. Rovněž došlo ke zvýšení koncentrace oxidu dusičitého (NO₂) o 3.6 µg·m⁻³, což odpovídá nárůstu o 22.2 %. Dále byl zaznamenán nárůst koncentrace oxidů dusíku (NO_x) o 5.4 µg·m⁻³, což činí 18.2 % zvýšení. Relativní vývoj koncentrací jednotlivých oxidů dusíku vzhledem k počátečnímu roku měření zobrazuje následující graf na Obr. 41. Rok 2014 zde pro každou škodlivinu představuje 100 % a křivka zobrazuje relativně vývoj koncentrací vůči tomuto roku. Čárkovaně je pak zobrazena křivka lineární regrese pro jednotlivé oxidy dusíku.



Obr. 40: Vývoj průměrných ročních koncentrací oxidů dusíku, Otrokovice – město, rok 2024

Vývoj průměrných ročních koncentrací NO₂, NO, NO_x

Otrokovice – město, roky 2014–2024 (normalizováno na 2014 = 100 %)



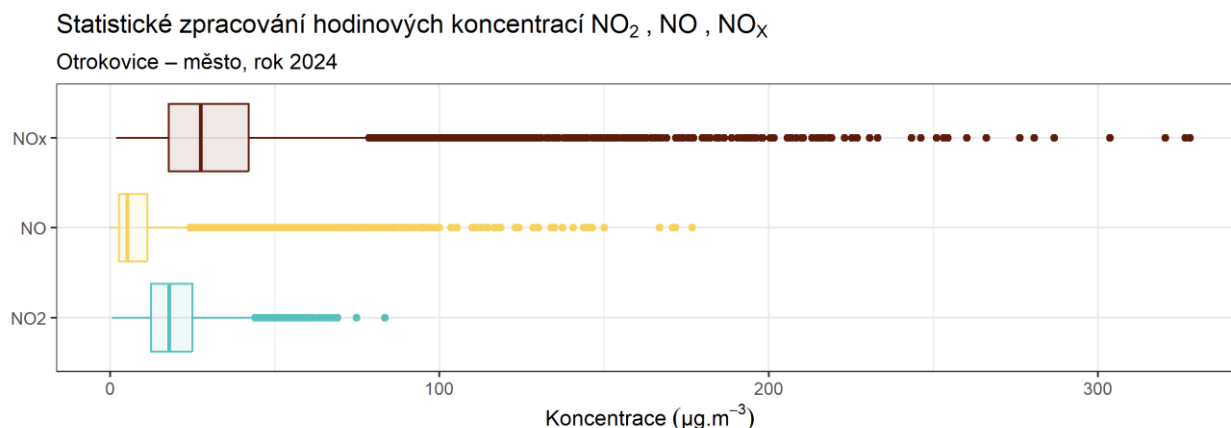
Obr. 41: Vývoj relativních ročních koncentrací oxidů dusíku proti počátečnímu roku měření (2014), Otrokovice – město, rok 2024

Nejvíce klesají koncentrace NO_x v průměru o 2.4 μg · m⁻³ ročně a relativně klesá o 4.3 % ročně ($R^2 = 0.64$). Následuje pokles koncentrace NO₂ který činí v průměru 1.1 μg · m⁻³ ročně a relativně klesá o 4 % ročně ($R^2 = 0.4$). Na třetím místě je pokles koncentrace NO, který byl naměřen v průměru o 0.9 μg · m⁻³ ročně; relativně klesají tyto hodnoty o 4.7 % ročně ($R^2 = 0.6$). Trend není u žádné další škodliviny nalezen.

Následující Tab. 4 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé oxidy dusíku. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2024 pak zobrazuje Obr. 42. Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že maximální hodnota hodinové koncentrace NO₂ se v roce 2024 pohybovala na úrovni 42 % hodnoty imisního limitu pro hodinové koncentrace NO₂ (200 μg · m⁻³). Tato hodnota může být navíc 18x za kalendářní rok překročena. **19. nejvyšší hodinová koncentrace NO₂ měla hodnotu 62 μg · m⁻³. Imisní limit pro hodinové koncentrace NO₂ je tedy v lokalitě Otrokovice – město s velmi velkou rezervou plněn.**

Tab. 4: Statistické charakteristiky hodinových koncentrací oxidů dusíku v lokalitě Otrokovice – město, rok 2024

STATISTIKA	NO ₂	NO	NO _x
PRŮMĚR	19.8	9.9	35.1
MAXIMUM	83.4	176.7	327.9
MEDIÁN	18.0	5.2	27.5
MINIMUM	0.6	0.0	1.9



Obr. 42: Statistické zpracování hodinových koncentrací oxidů dusíku v lokalitě Otrokovice – město, rok 2024

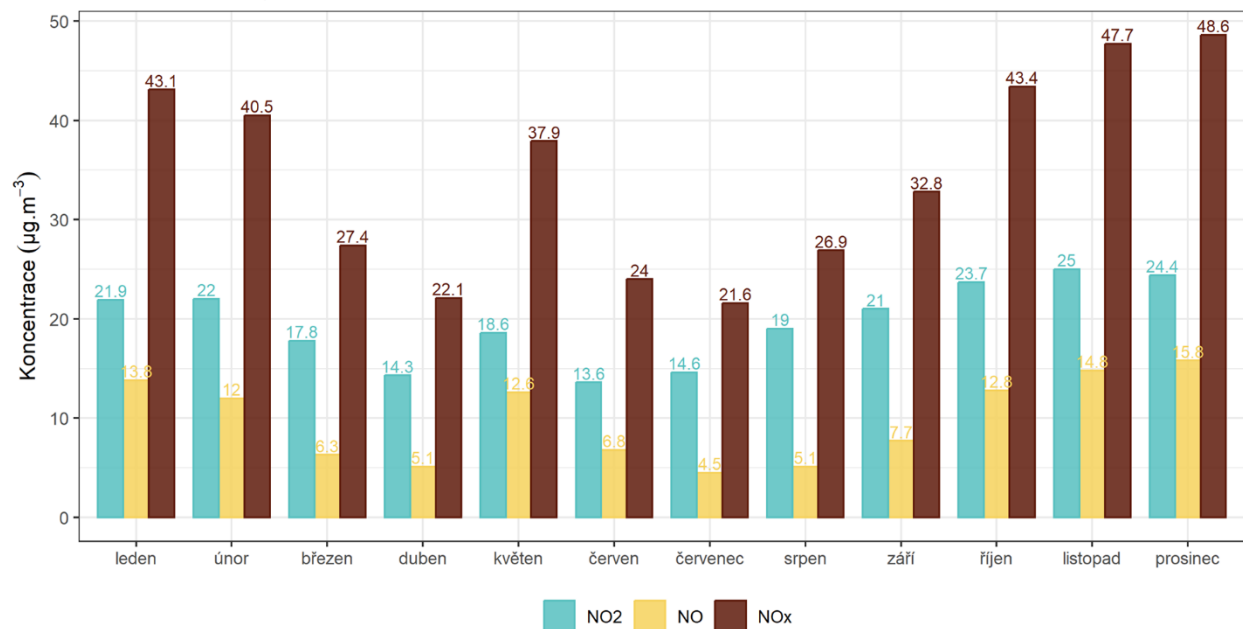
3.2.2 PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE

Na Obr. 43 jsou průměrné měsíční koncentrace NO₂, NO a NO_x. V letních měsících jsou koncentrace zpravidla nižší, naopak v chladné části roku jsou měřeny vyšší koncentrace. Nejvyšší koncentrace oxidu dusnatého (NO) v dané lokalitě byly naměřeny v prosinci a listopadu, a to 15.8 a 14.8 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, respektive. Naopak, nejnižší hodnoty této látky byly zaznamenány v červenci a srpnu, kde byla koncentrace 4.5, resp. 5.1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. U oxidu dusičitého (NO₂) byly nejvyšší koncentrace naměřeny rovněž v listopadu a prosinci, a to 25 a 24.4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Nejnižší hodnoty byly, na druhé straně, detekovány v červnu a dubnu, jejichž koncentrace činily 13.6 a 14.3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Pro oxidy dusíku (NO_x) bylo zjištěno, že maximální koncentrace byly v prosinci a listopadu, a to 48.6 a 47.7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Minimální koncentrace těchto sloučenin byly zaznamenány v červenci a dubnu, kdy byly naměřeny hodnoty 21.6 a 22.1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Tyto údaje svědčí o sezónní variabilitě koncentrací těchto znečišťujících látek ve sledované lokalitě.

Poměr měsíčních koncentrací NO / NO₂ zobrazuje Obr. 44. Poměr je poměrně stabilní a nízký, charakteristický pro městské pozadové lokality. Nejvyšší zastoupení NO v NO₂ bylo naměřeno v květnu (0.8 %). Nejnižší zastoupení pak bylo naměřeno v březnu (0.3 %).

Vývoj průměrných měsíčních koncentrací NO₂ , NO , NO_x

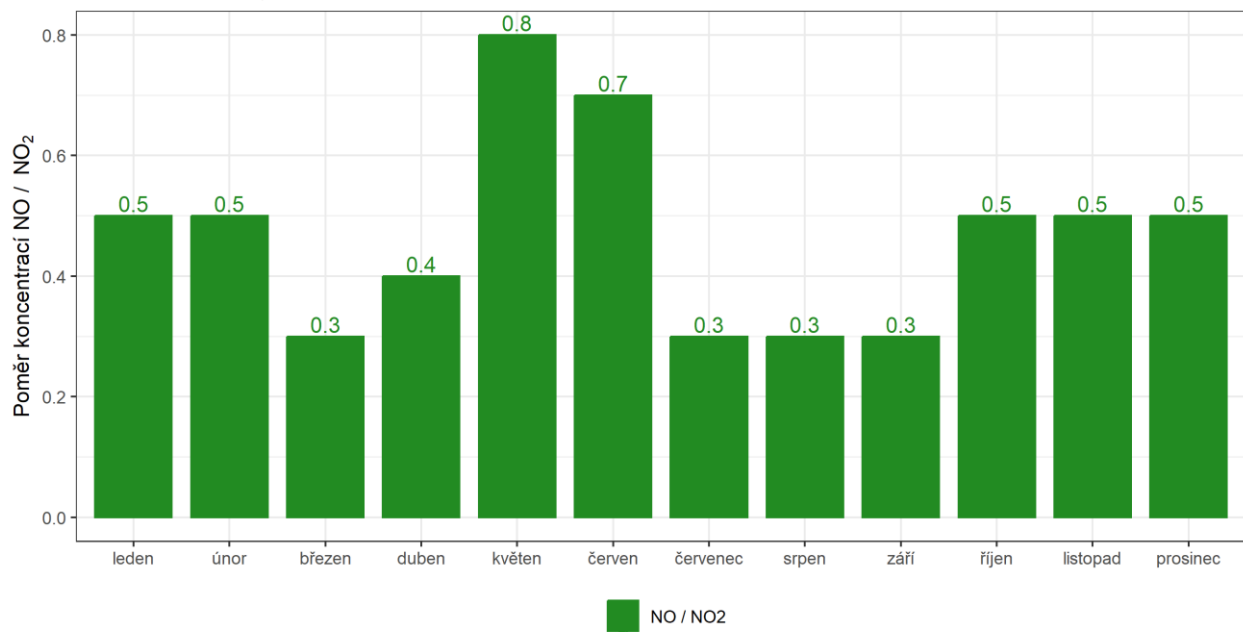
Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 43: Průměrné měsíční koncentrace oxidů dusíku v lokalitě Otrokovice – město, rok 2024

Průměrný měsíční poměr koncentrací NO / NO₂

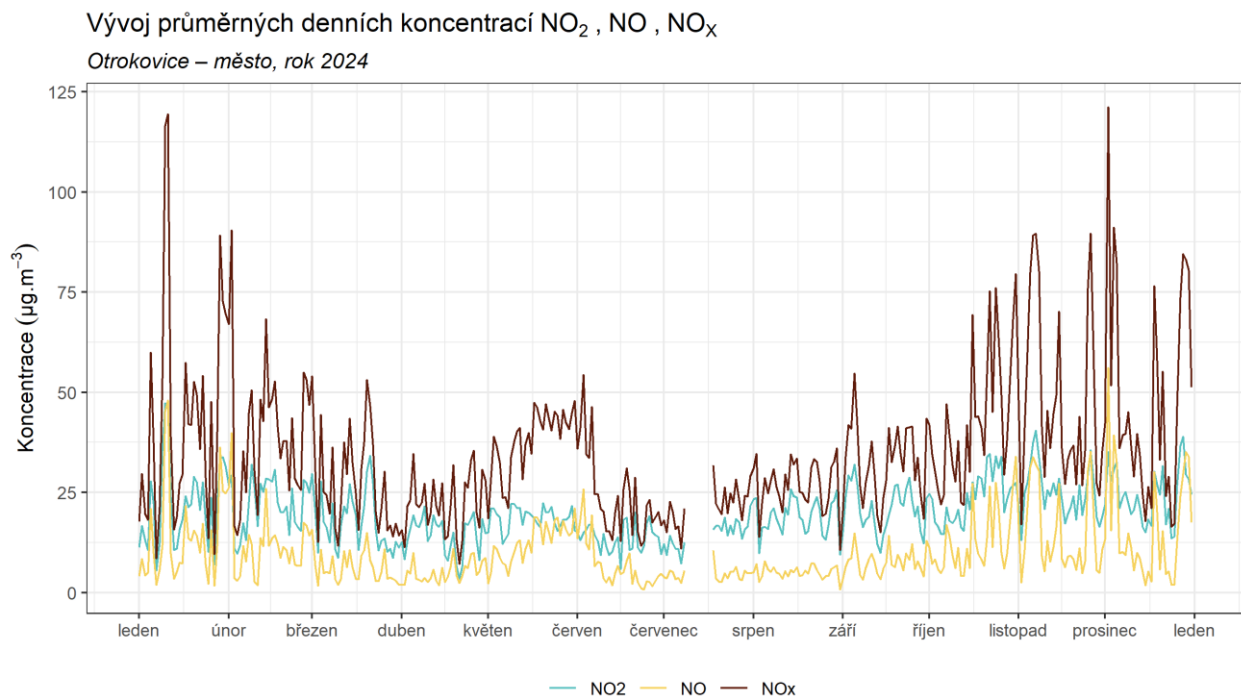
Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 44: Poměr měsíčních koncentrací NO / NO₂, lokalita Otrokovice – město, rok 2024

3.2.3 PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE

Vývoj průměrných denních koncentrací NO_2 , NO a NO_x v lokalitě Otrokovice – město zobrazuje následující Obr. 45.



Obr. 45: Vývoj průměrných denních koncentrací oxidů dusíku, Otrokovice – město, rok 2024

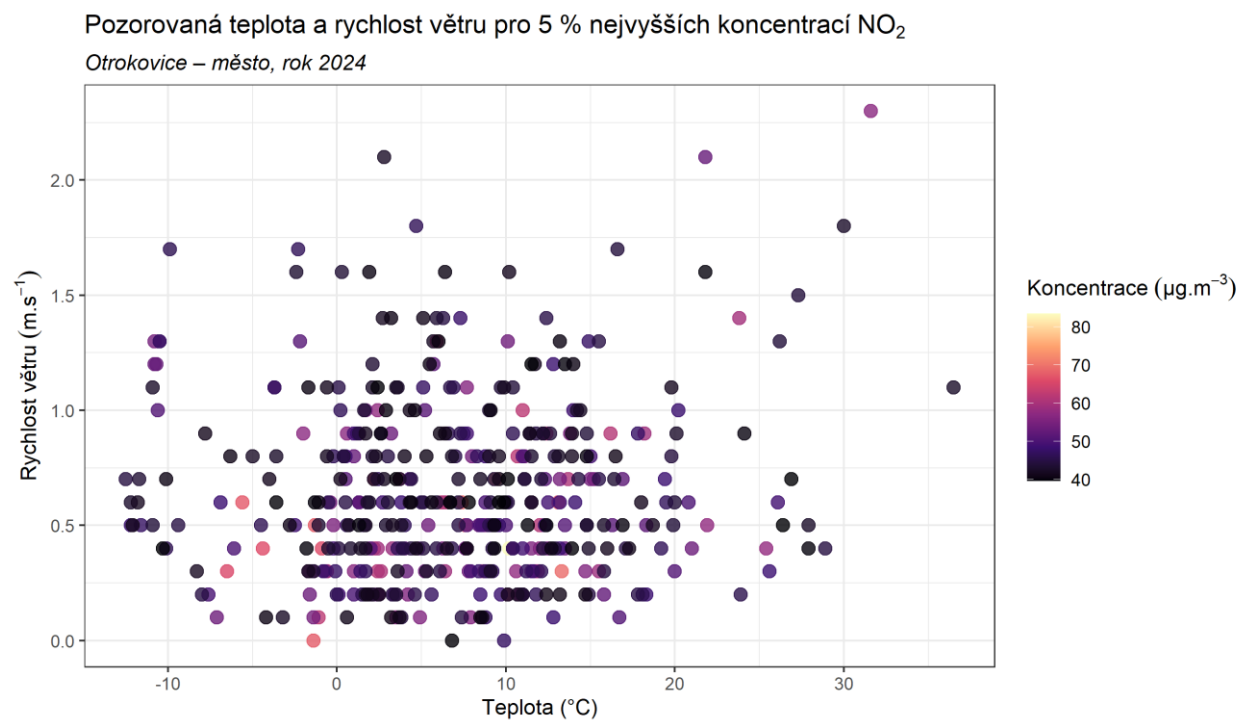
Z grafu je patrné, že nejnižší hodnoty jsou měřeny v letních měsících a směrem k zimním měsícům hodnoty postupně narůstají.

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

Obr. 46 zobrazuje, při jakých teplotách a rychlostech větru se vyskytuje 5 % nejvyšších hodinových koncentrací NO_2 naměřených v lokalitě Otrokovice – město v roce 2024. Z analýzy těchto 5 % nejvyšších koncentrací NO_2 lze vyčíst, že nejčastěji se tyto koncentrace vyskytují při teplotě kolem 1.3°C a rychlosti větru přibližně $0.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Na Obr. 47 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací NO_2 v dané lokalitě. Zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním relativní vlhkost vzduchu.

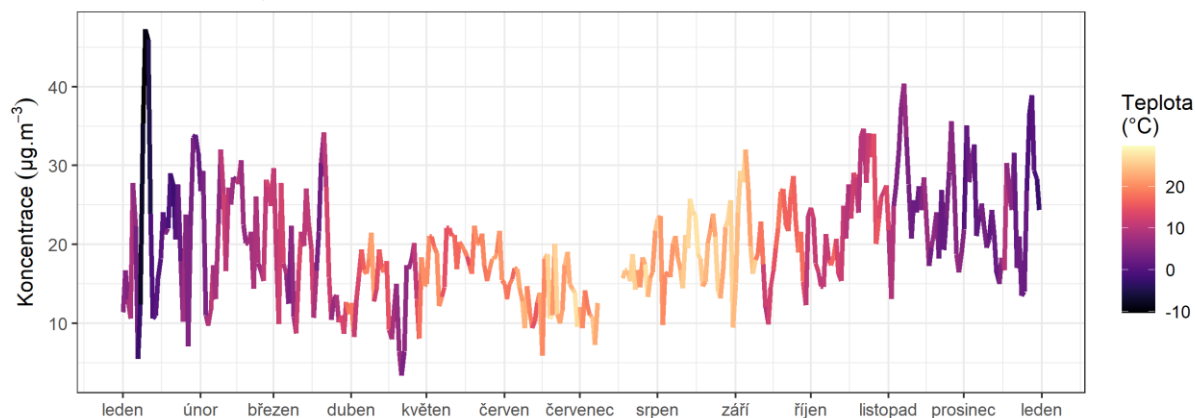
Z grafů je patrné, že na koncentrace NO_2 má vliv jak teplota, tak rychlost větru. Grafy pak potvrzují, co bylo patrné na předchozím grafu. Vyšší koncentrace jsou měřeny při velmi nízkých rychlostech větru, resp. při nízkých teplotách.



Obr. 46: Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací NO₂, Otrokovice – město, rok 2024

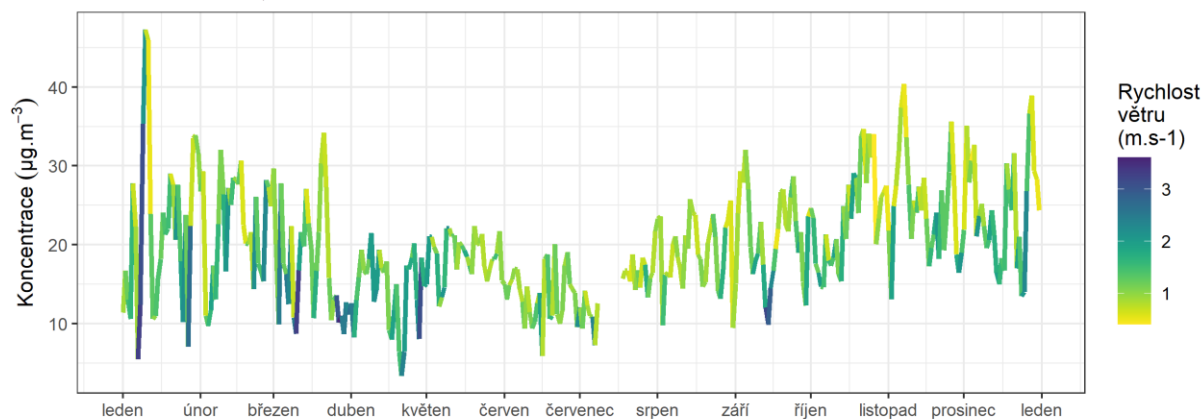
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na teplotě vzduchu

Otrokovice – město, rok 2024



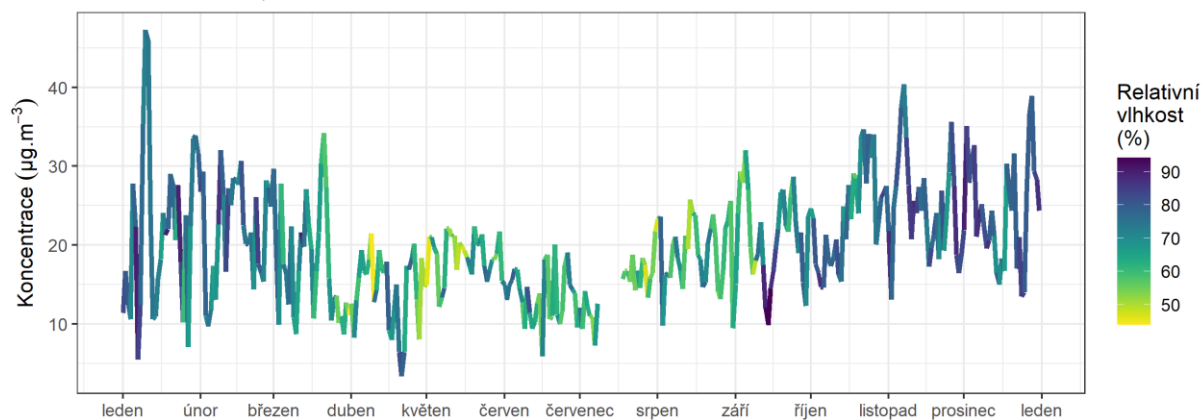
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na rychlosti větru

Otrokovice – město, rok 2024



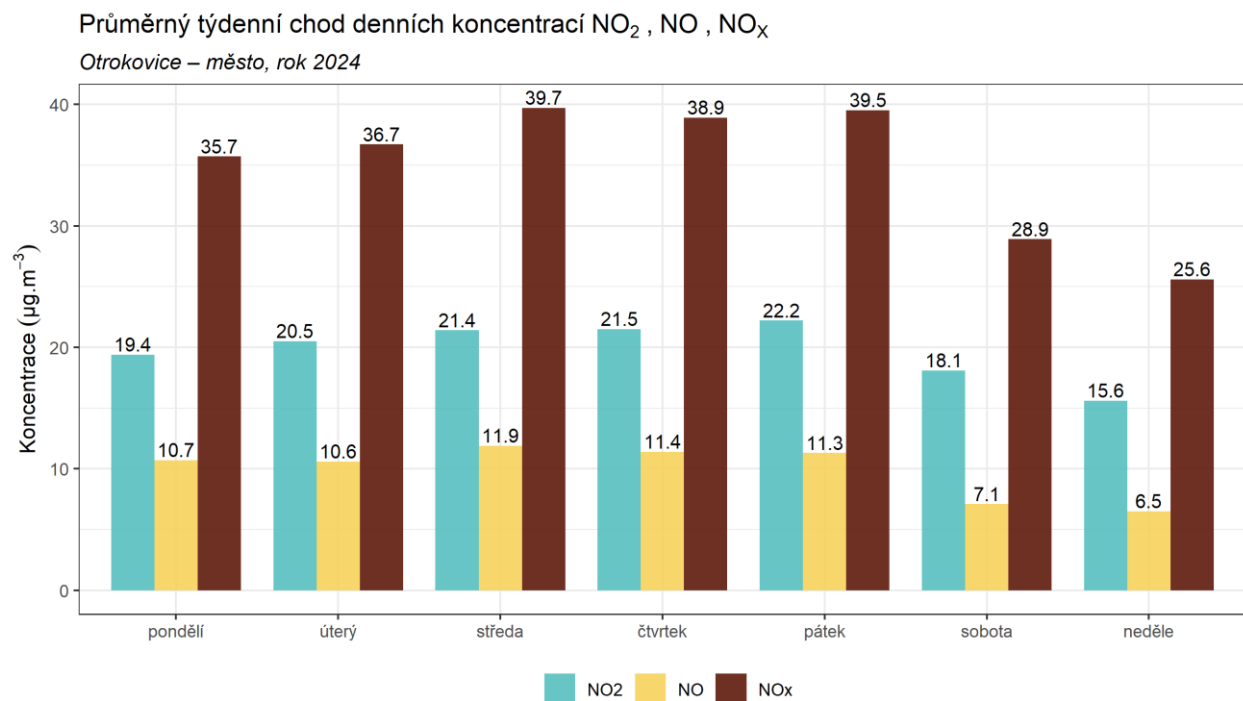
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 47: Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace NO₂, Otrokovice – město, rok 2024

Graf na Obr. 48 posuzuje denní koncentrace NO_2 , NO a NO_x z hlediska dne v týdnu. V průměru nejvyšší průměrná koncentrace NO_2 byla v roce 2024 naměřena v pátek s hodnotou $22.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Naopak nejnižší průměrná koncentrace NO_2 byla naměřena v neděli s hodnotou $15.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.



Obr. 48: Průměrný týdenní chod denních koncentrací oxidů dusíku, Otrokovice – město, rok 2024

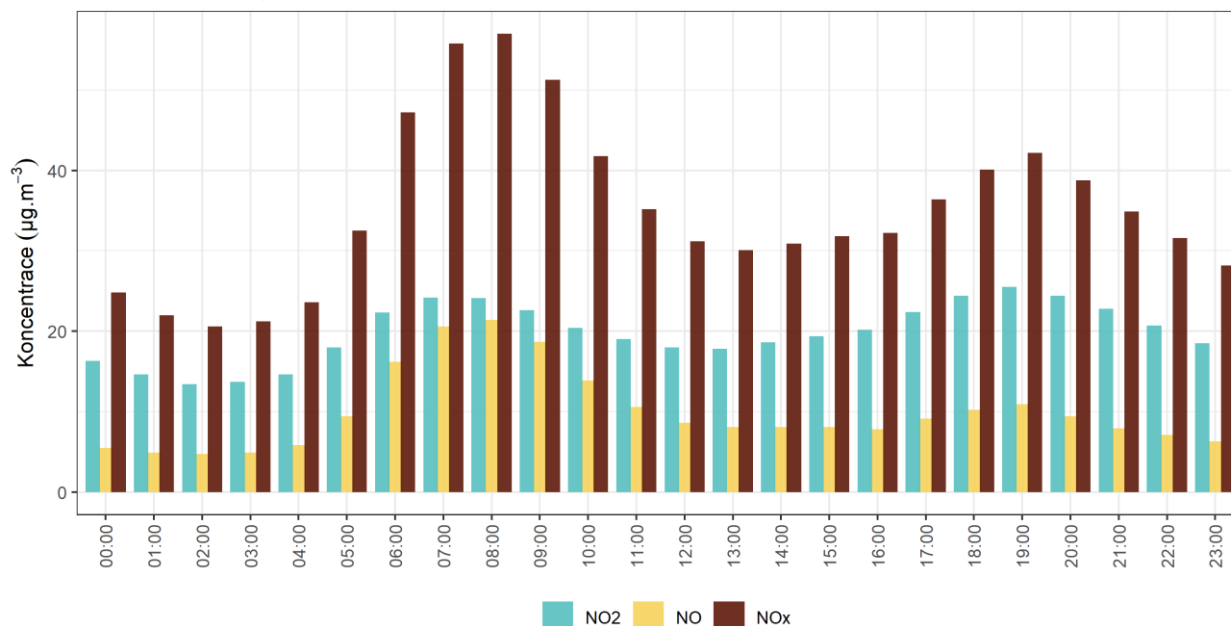
3.2.4 ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací NO_2 , NO a NO_x v lokalitě Otrokovice – město. Denní chod koncentrací PM_{10} zobrazuje Obr. 49.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací NO_2 dosahovány v době ranní a večerní dopravní špičky. Večerní hodnoty mohou být také navýšeny o vliv lokálních topenišť a vytápění. Přesto jsou koncentrace NO_2 nízké, typické pro pozadové lokality. Přes den dochází k mírnému poklesu koncentrací, což může být částečně způsobeno spotřebováním NO_2 na tvorbu přízemního ozónu. Tato reakce probíhá pouze díky slunečnímu záření, proto lze největší úbytek koncentrací NO_2 očekávat okolo poledne. V průměru nejvyšší koncentrace NO_2 byly měřeny v 19:00 s hodnotou $25.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Nejnižší koncentrace NO_2 pak byly naměřeny v 02:00 s hodnotou $13.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací NO_2 , NO , NO_x

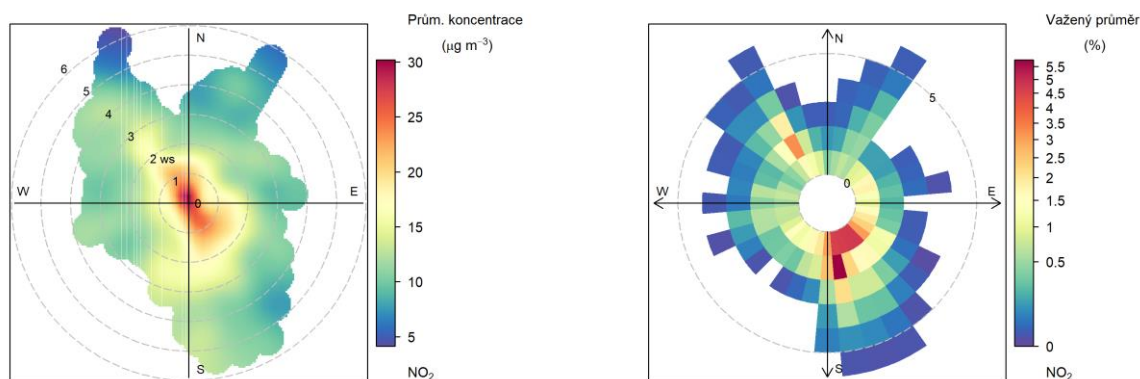
Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 49: Průměrný denní chod hodinových koncentrací oxidů dusíku, Otrokovice – město, rok 2024

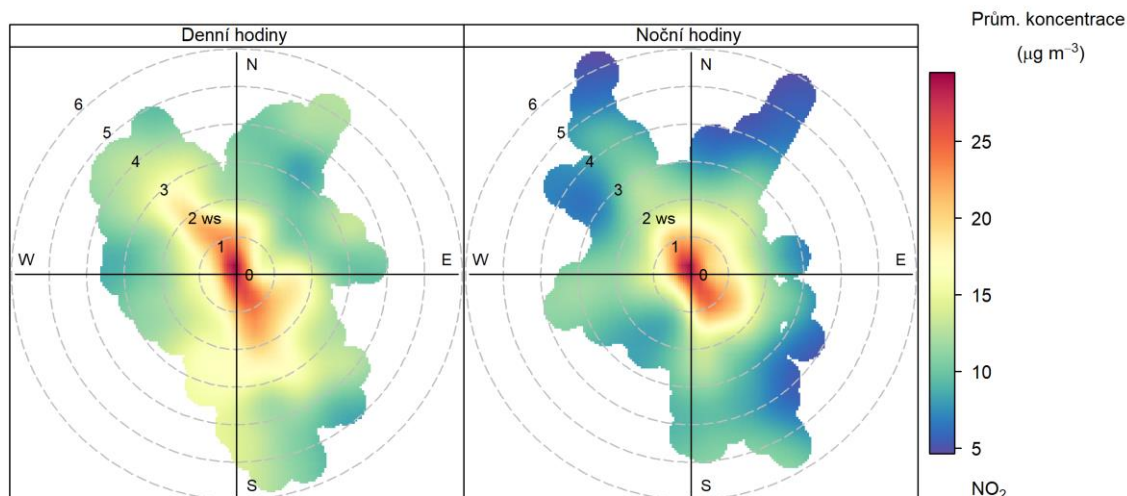
Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole koncentračních růžic pro PM .

Následující Obr. 50 zobrazuje dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Otrokovice – město – koncentrační a váženou koncentrační růžici.



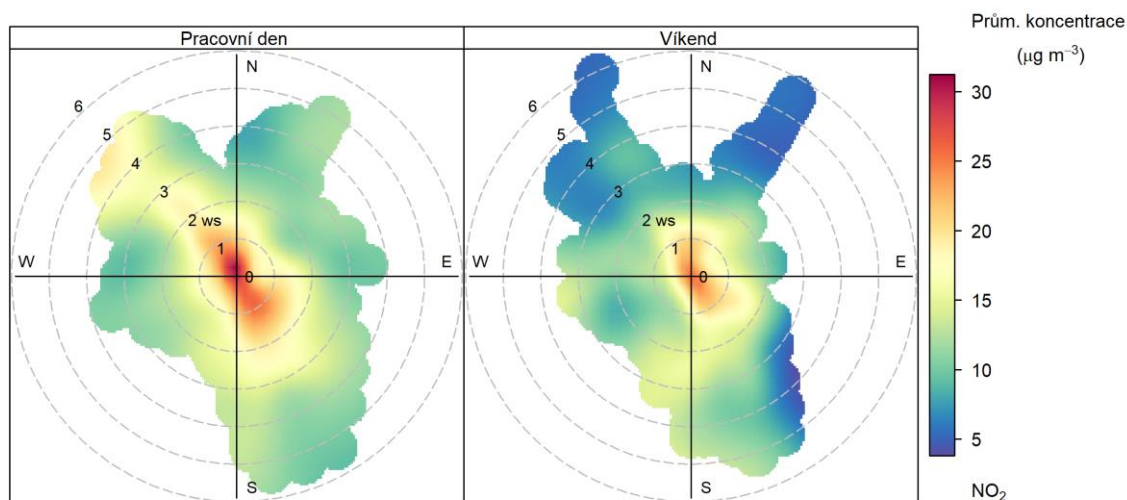
Obr. 50: Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro NO_2 , Otrokovice – město, rok 2024

Nejvyšší koncentrace ($30 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byla naměřena při proudění ze severu a rychlosti větru $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Nejvyšší vážená koncentrace NO_2 byla naměřena při proudění ze severu a rychlosti větru $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na následujícím Obr. 51 je koncentrační růžice rozdělená na den a noc. V denních i nočních hodinách byla naměřena přibližně stejná koncentrace NO_2 ($29 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$), v obou případech při bezvětří.



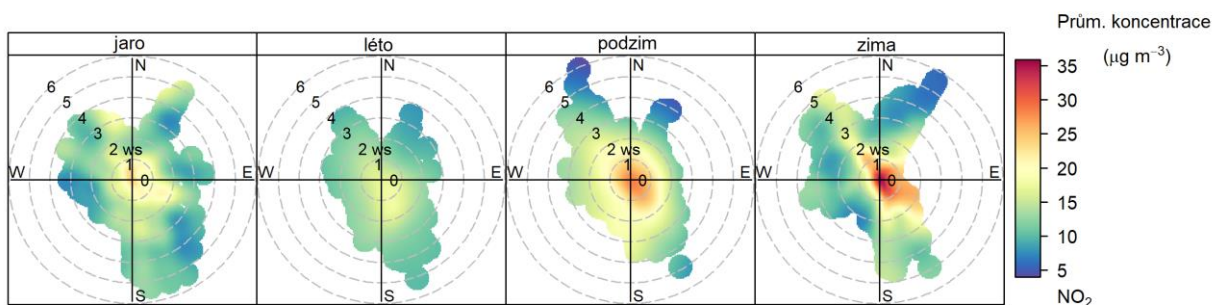
Obr. 51: Koncentrační růžice NO_2 v denních a nočních hodinách, Otrokovice – město, rok 2024

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendové dny (Obr. 52). Vyšší koncentrace NO_2 byla zaznamenána v pracovní dny, kdy byla maximální koncentrace NO_2 ($31 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při bezvětří resp. proudění ze severu a rychlosti větru $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. O víkendu byla maximální koncentrace NO_2 ($26 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při bezvětří.



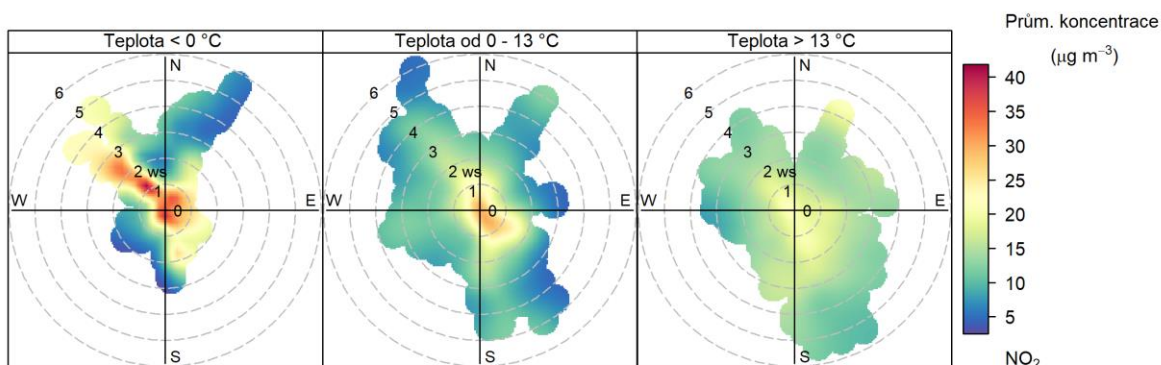
Obr. 52: Koncentrační růžice NO_2 v pracovní dny a o víkendu, Otrokovice – město, rok 2024

Následující Obr. 53 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Nejvyšší koncentrace NO_2 byla zaznamenána v zimních měsících. Na jaře byla nejvyšší koncentrace NO_2 ($24 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při bezvětří. V létě byla maximální koncentrace NO_2 ($18 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) zaznamenána při proudění z jihovýchodu s rychlostí $0.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na podzim ($28 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) i v zimě ($36 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byla nejvyšší koncentrace NO_2 naměřena při bezvětří.



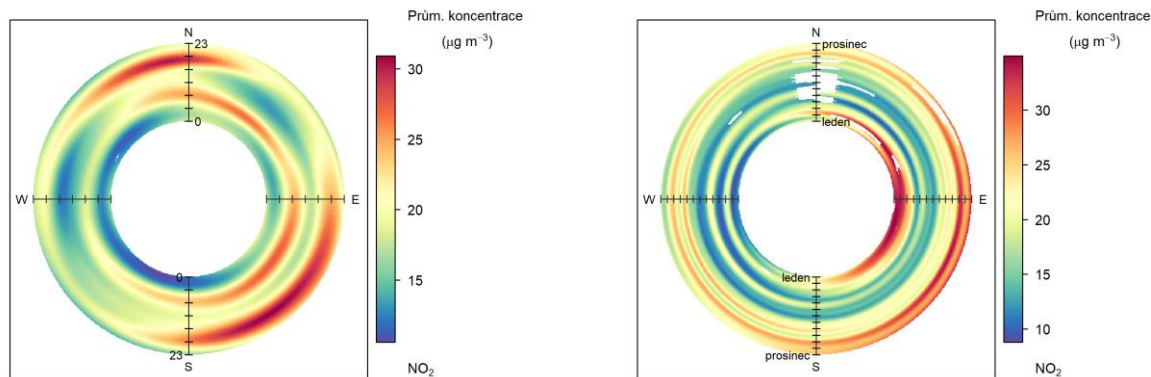
Obr. 53: Koncentrační růžice NO_2 v jednotlivých ročních obdobích, Otrokovice – město, rok 2024

Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu (Obr. 54). Nejvyšší koncentrace NO_2 byla naměřena v intervalu s teplotami pod bodem mrazu. Ve všech teplotních intervalech lze konstatovat, že maximálních hodnot bylo dosaženo při bezvětrí nebo velmi nízkých rychlostech větru.



Obr. 54: Koncentrační růžice NO_2 ve vybraných teplotních intervalech, Otrokovice – město, rok 2024

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. Koncentrace NO_2 v lokalitě Otrokovice – město jsou takto zobrazeny na Obr. 55.



Obr. 55: Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací NO_2 dle směru větru, Otrokovice – město, rok 2024

Nejvyšší koncentrace NO_2 ($31 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v rámci denního chodu byla zaznamenána kolem 19. hodiny při proudění větru z jihovýchodních směrů. Nejvyšší koncentrace NO_2 ($35 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v rámci ročního chodu byla zaznamenána v lednu při proudění větru z východních směrů.

3.2.5 SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU

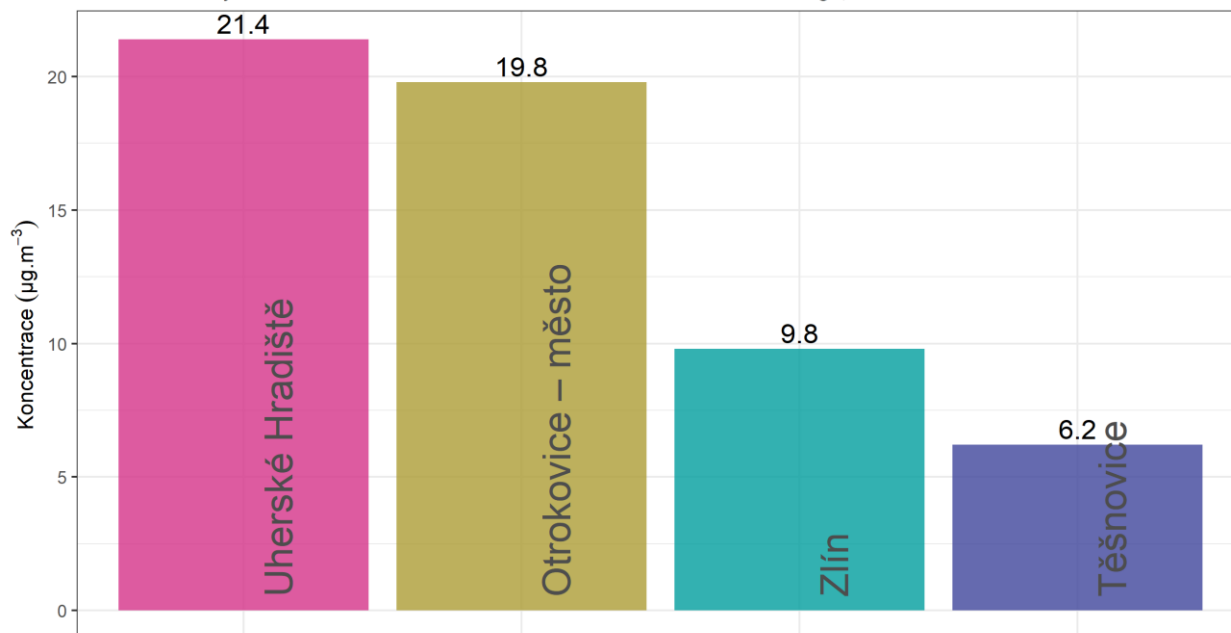
V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Otrokovice – město, srovnány s hodnotami naměřenými ve státní síti imisního monitoringu Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Charakteristika lokalit je uvedena v kapitole *Data a jejich zpracování* v Tab. 2.

Na následujícím Obr. 56 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace NO_2 na lokalitách v blízkém okolí lokality Otrokovice – město a srovnány s koncentracemi zde měřenými v roce 2024. Zjištěné hodnoty se pohybovaly v rozmezí od $6.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ do $21.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Nejvyšší koncentrace byla zaznamenána v lokalitě Uherské Hradiště, nejnižší zaznamenaná koncentrace byla naměřena v Těšnovicích. V žádné z analyzovaných lokalit nebyl překročen imisní limit $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ pro oxid dusičitý.

Lokalita Otrokovice – město, s naměřenou hodnotou $19.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, spadá mezi lokalitami s vyššími koncentracemi oxidu dusičitého, když ve srovnání s ostatními lokalitami vykazuje hodnotu vyšší než Těšnovice a Zlín, ale nižší než Uherské Hradiště.

Průměrné roční koncentrace NO₂

Srovnání lokality Otrokovice – město s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



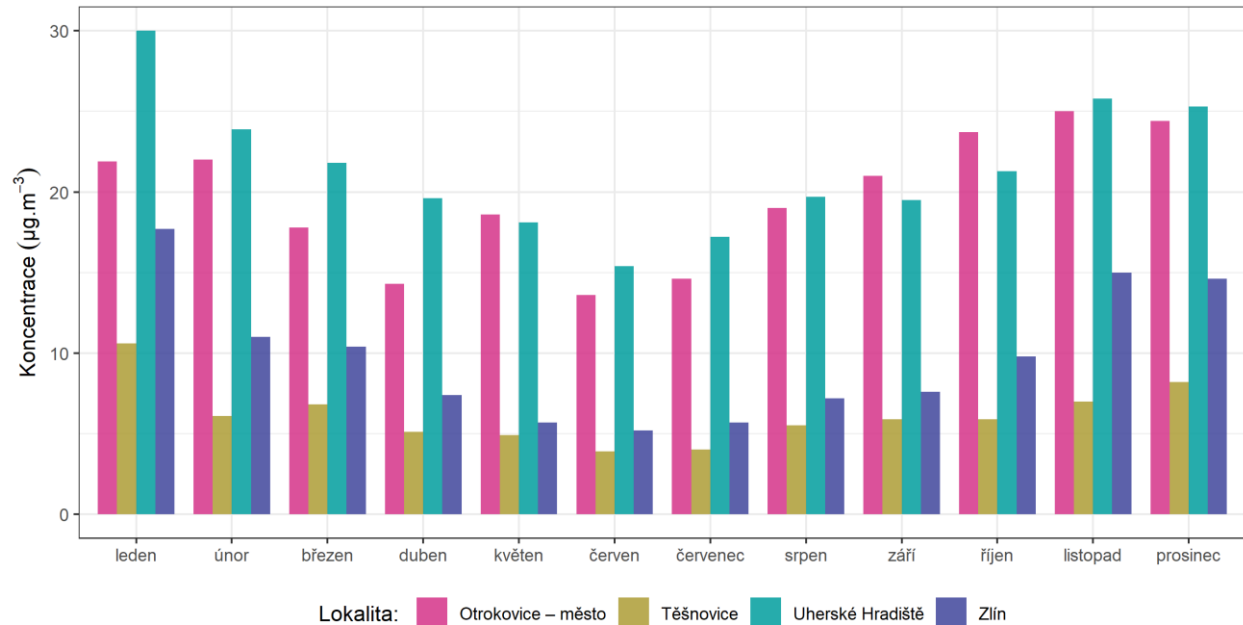
Obr. 56: Srovnání průměrné roční koncentrace NO₂ lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Následující graf na Obr. 57 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace NO₂ naměřené ve vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že vývoj koncentrací v jednotlivých měsících byl na všech lokalitách podobný. Hodnoty na jednotlivých lokalitách se liší v závislosti na míře ovlivnění dopravou – dopravní lokality Uherské Hradiště a Otrokovice – město měří vyšší hodnoty koncentrací.

Graf na Obr. 58 srovnání průměrných denních koncentrací NO₂ v lokalitě Otrokovice – město s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Uherské Hradiště. Z grafu je patrné, že koncentrace v lokalitě Otrokovice – město jsou velmi podobné těm v lokalitě Uherské Hradiště.

Průměrné měsíční koncentrace NO₂

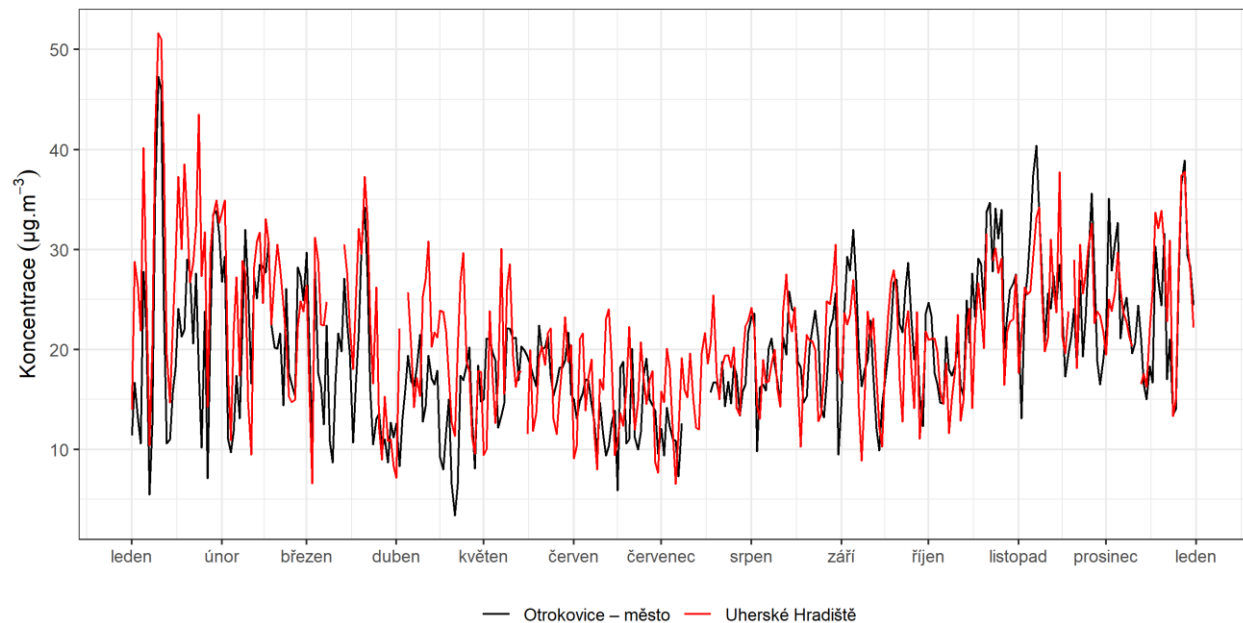
Srovnání lokality Otrokovice – město s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 57: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací NO₂ lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Srovnání průměrných denních koncentrací NO₂

Lokality Otrokovice – město a Uherské Hradiště, rok 2024



Obr. 58: Srovnání průměrných denních koncentrací NO₂, lokality Otrokovice – město a Uherské Hradiště, rok 2024

3.3 OXID UHELNATÝ CO

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

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

Oxid uhelnatý je produktem spalování paliv obsahujících uhlík za nízké teploty a nedostatku spalovacího vzduchu. Největší množství emisí CO vzniká v sektoru *1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření*, který se v roce 2022 podílel na celorepublikových emisích 71,5 %. Mezi další významné zdroje patřily sektory *1A2a – Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Železo a ocel* (7,6 %) a sektor *2C1 – Výroba železa a oceli* (7,5 %), viz. Obr. 59 [9].



Obr. 59: Podíl sektorů NFR na celkových emisích CO v ČR, rok 2023 [9]

3.3.1 VÝVOJ NEJVYŠŠÍCH 8HODINOVÝCH KLOUZAVÝCH PRŮMĚRŮ ZA DEN V ROCE

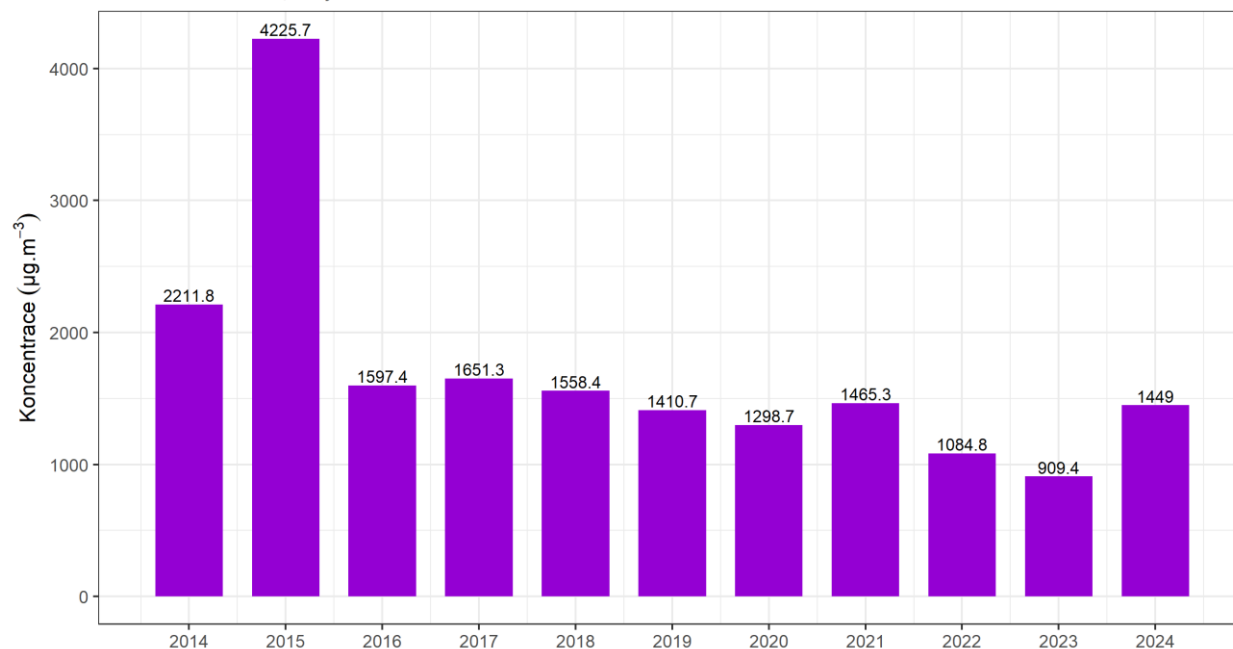
V případě oxidu uhelnatého se sledují 8–hodinové klouzavé průměry, přičemž ten maximální nesmí za kalendářní rok překročit hodnotu $10000 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Tato hodnota nebyla v ČR již dlouho dosažena. Vývoj maximálních 8–hodinových klouzavých průměrů CO je pro lokalitu Otrokovice – město uveden v grafu na Obr. 60.

Maximální hodnota 8h klouzavého průměru CO za den v roce 2024 činila $1449 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, imisní limit tedy překročen nebyl.

Proti předchozímu roku 2023 došlo v roce 2024 k nárůstu koncentrací CO o $539.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (59.3 %). Relativní vývoj 26. nejvyššího maximálního 8h klouzavého průměru CO za den vzhledem k počátečnímu roku měření zobrazuje následující graf na Obr. 61. Rok 2014 zde pro každou škodlivinu představuje 100 % a křivka zobrazuje relativně vývoj koncentrací vůči tomuto roku. Čárkovaně je pak zobrazena křivka lineární regrese.

Vývoj nejvyšších 8h klouzavých průměrů CO za den

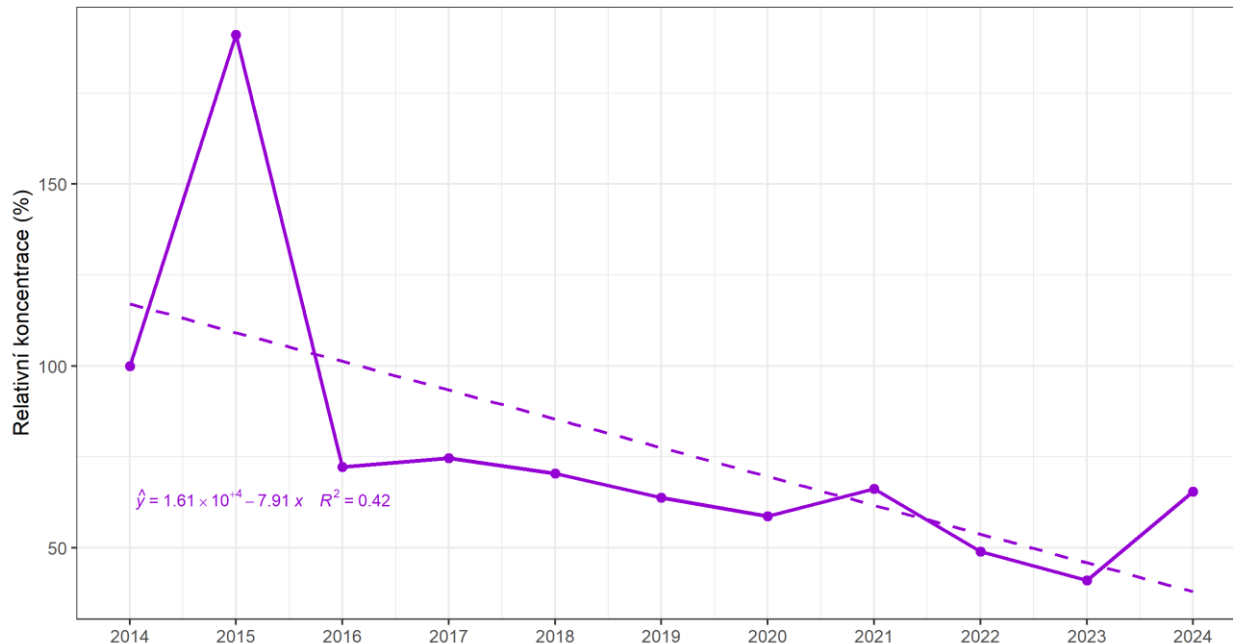
Otrokovice – město, roky 2014–2024



Obr. 60: Vývoj nejvyššího 8hodinového klouzavého průměru CO za den, lokalita Otrokovice – město, rok 2024

Relativní vývoj nejvyššího 8hodinového klouzavého průměru CO za den

Otrokovice – město, roky 2014–2024 (normalizováno na 2014 = 100 %)



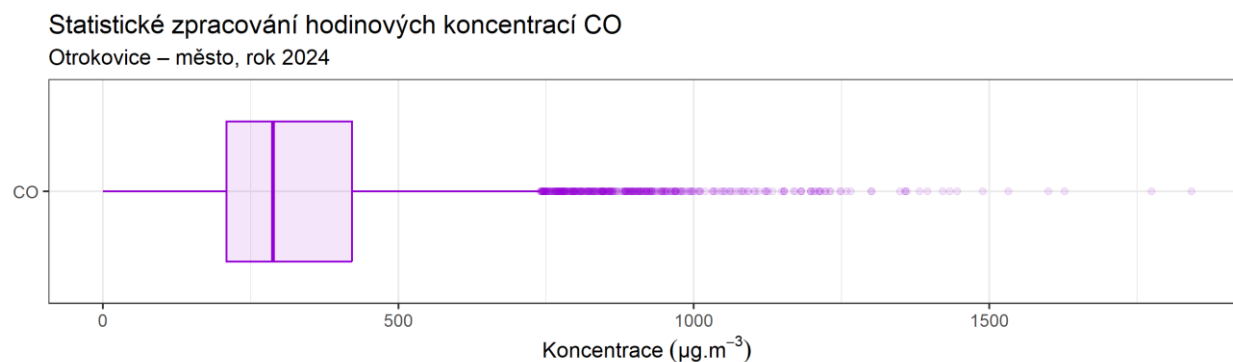
Obr. 61: Relativní vývoj nejvyššího 8hodinového klouzavého průměru CO za den proti počátečnímu roku měření (2014), Otrokovice – město, rok 2024

Koncentrace CO klesá v průměru o $175 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ročně a relativně klesá o 7.9 % ročně ($R^2 = 0.42$).

Následující *Tab. 5* pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro oxid uhelnatý. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2024 pak zobrazuje *Obr. 62*. Maximální naměřená hodinová koncentrace CO měla hodnotu $1841.9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Tab. 5: Statistické charakteristiky hodinových koncentrací CO v lokalitě Otrokovice – město, rok 2024

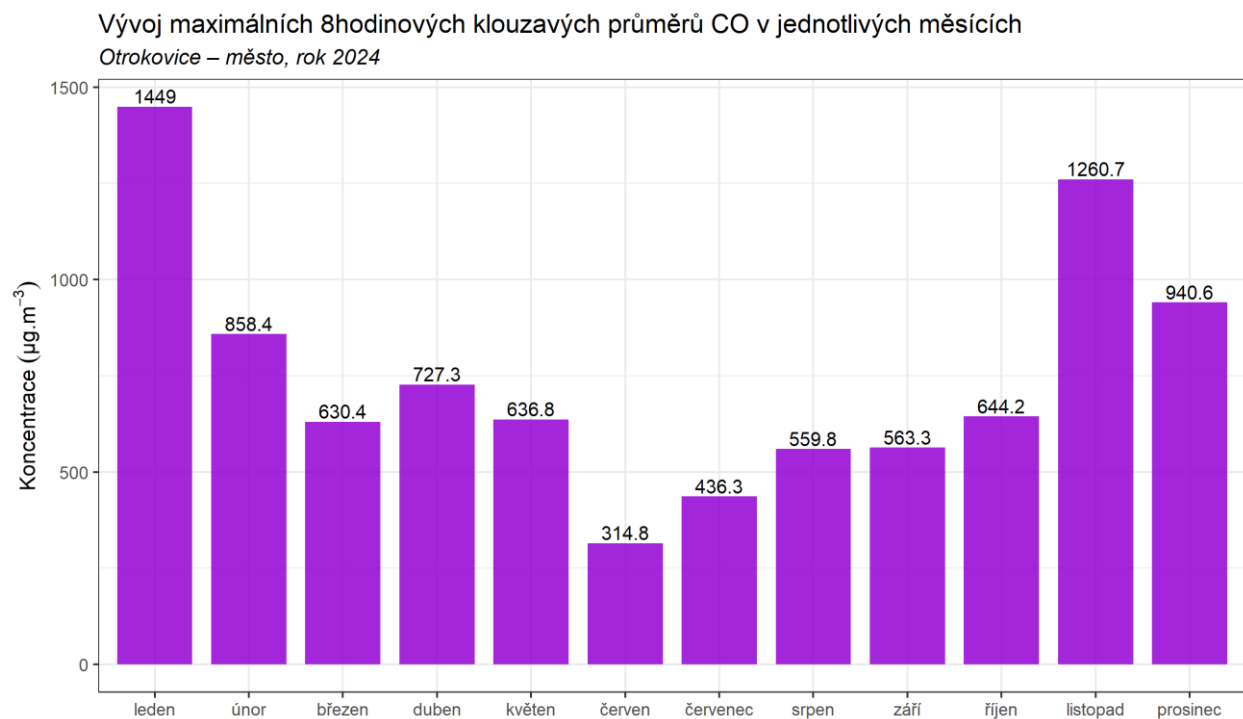
STATISTIKA	CO
PRŮMĚR	337.4
MAXIMUM	1,841.9
MEDIÁN	287.8
MINIMUM	0.0



Obr. 62: Statistické zpracování hodinových koncentrací CO v lokalitě Otrokovice – město, rok 2024

3.3.2 VÝVOJ MĚSÍČNÍCH KONCENTRACÍ

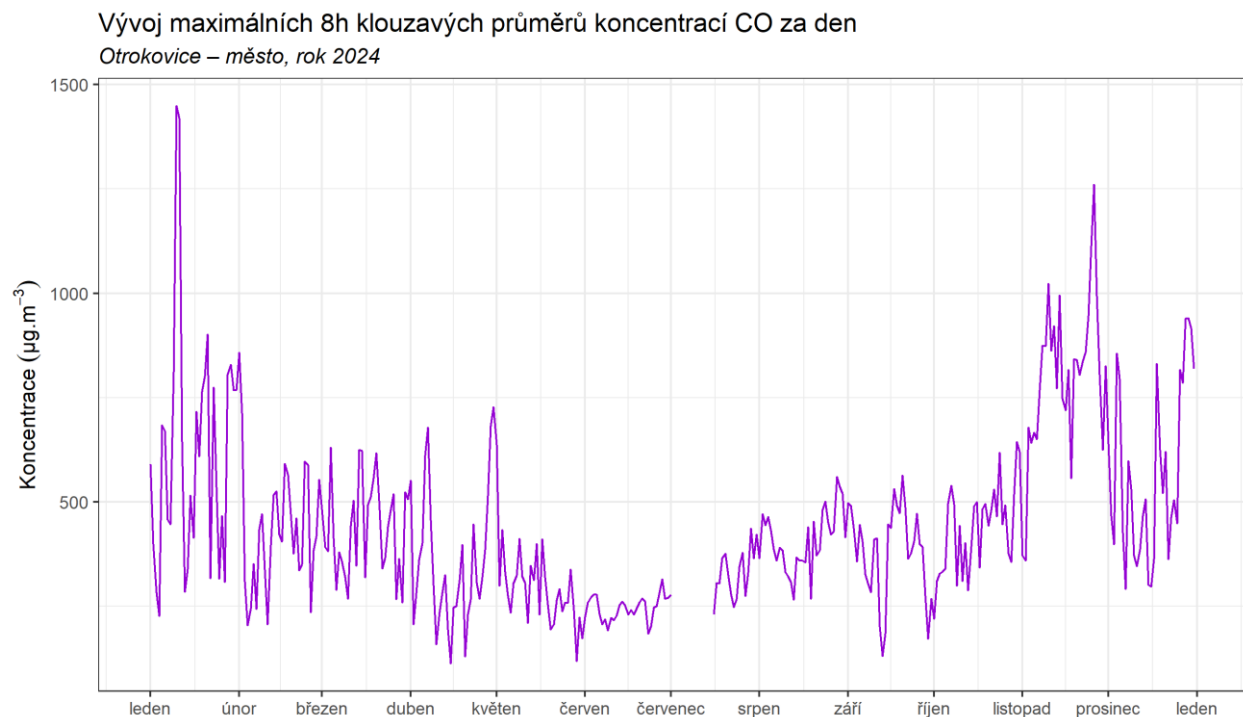
Na *Obr. 63* jsou zobrazeny maximální 8h klouzavé průměry CO za den v jednotlivých měsících. Vyšší koncentrace jsou zpravidla měřeny v chladné části roku, tedy v měsících, kdy je v provozu nejvíce spalovacích zdrojů produkujících CO (doprava + lokální topeniště). Z grafů vyplývá, že nejvyšší 8h klouzavé průměry CO za den byly v této lokalitě měřeny v lednu a listopadu (1449 , resp. $1260.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$). Nejnižší 8h klouzavé průměry pak byly měřeny v červnu a červenci (314.8 , resp. $436.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$).



Obr. 63: Průměrné měsíční koncentrace CO v lokalitě Otrokovice – město, rok 2024

3.3.3 VÝVOJ DENNÍCH KONCENTRACÍ CO

Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů CO v lokalitě Otrokovice – město zobrazuje následující Obr. 64



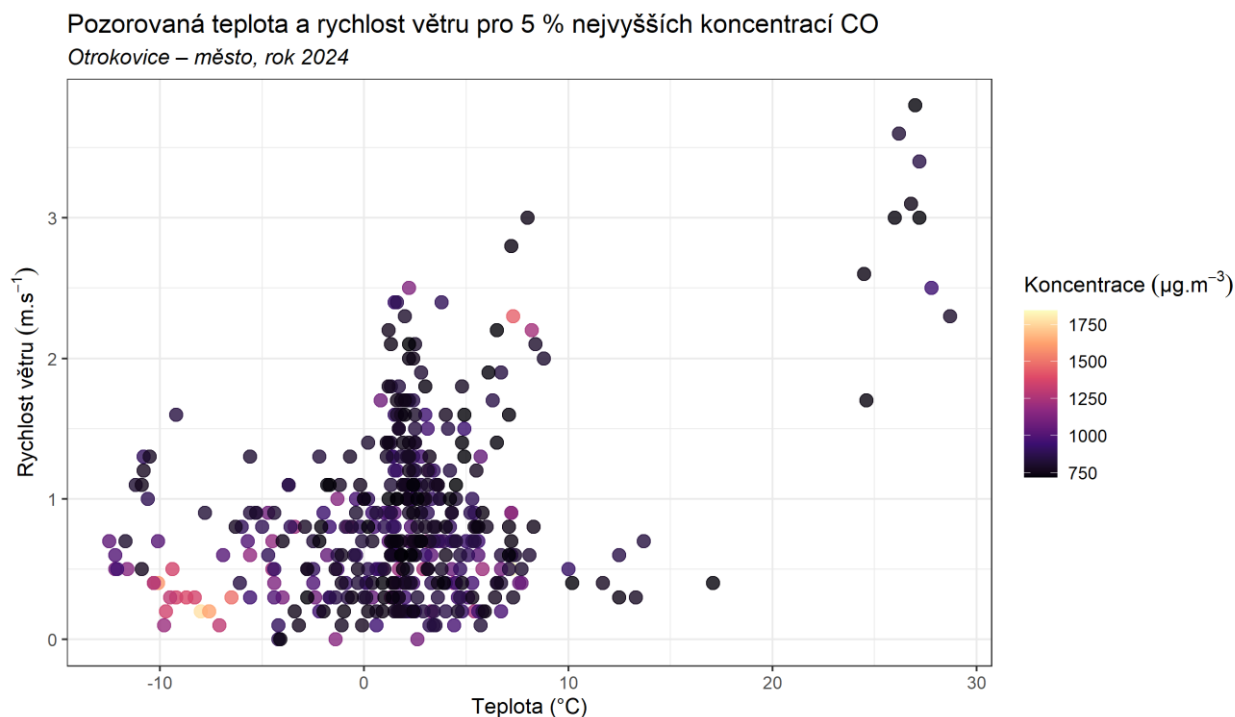
Obr. 64: Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů koncentrací CO, Otrokovice – město, rok 2024

Z grafů je patrné, že v případě vývoje koncentrací CO dochází ke kulminaci zejména v chladné části roku. To souvisí s nízkými teplotami a vyšší potřebou topit a dále se zhoršenými rozptylovými podmínkami.

Obr. 65 zobrazuje, při jakých teplotách a rychlostech větru se vyskytuje 5 % nejvyšších koncentrací CO naměřených v lokalitě Otrokovice – město v roce 2024. Z analýzy těchto 5 % nejvyšších koncentrací CO lze vyčíst, že nejčastěji se tyto koncentrace vyskytují při teplotě kolem 2.1 °C a rychlosti větru přibližně 0.7 m·s⁻¹.

Na Obr. 66 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací CO v dané lokalitě. Zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním větru relativní vlhkost vzduchu.

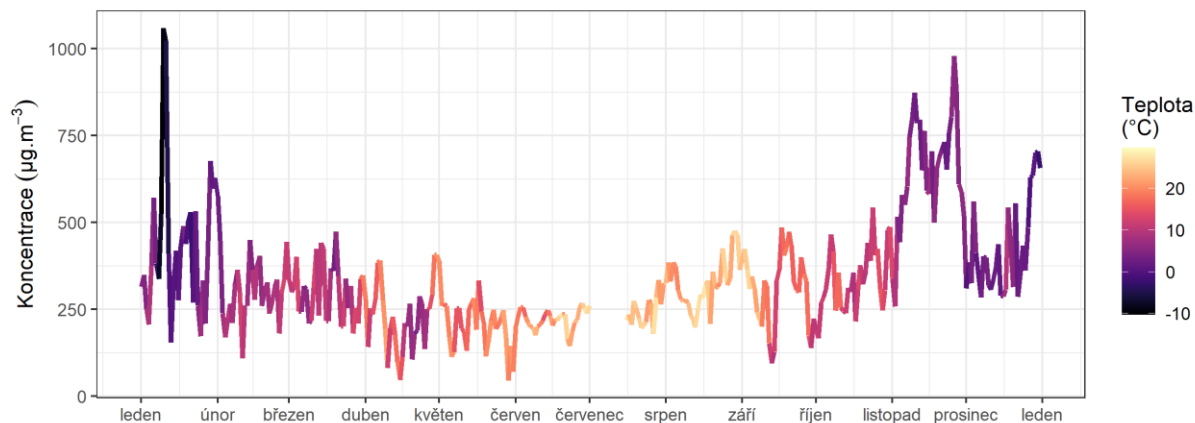
Grafy pak potvrzují, co bylo patrné na předchozím grafu. Vyšší koncentrace CO jsou měřeny při nízkých teplotách a nízkých rychlostech větru a spíše při vyšší relativní vlhkosti vzduchu. To jsou podmínky charakteristické pro teplotní inverzi. Nízké teploty se dále promítnou do potřeby více topit, takže se zvyšují emise z lokálních topenišť – v chladné části roku nejvýznamnější zdroj CO. Nízké rychlosti větru pak zabraňují dostatečnému rozptylu škodlivin a koncentrace se tak neustále zvyšují



Obr. 65: Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací CO, Otrokovice – město, rok 2024

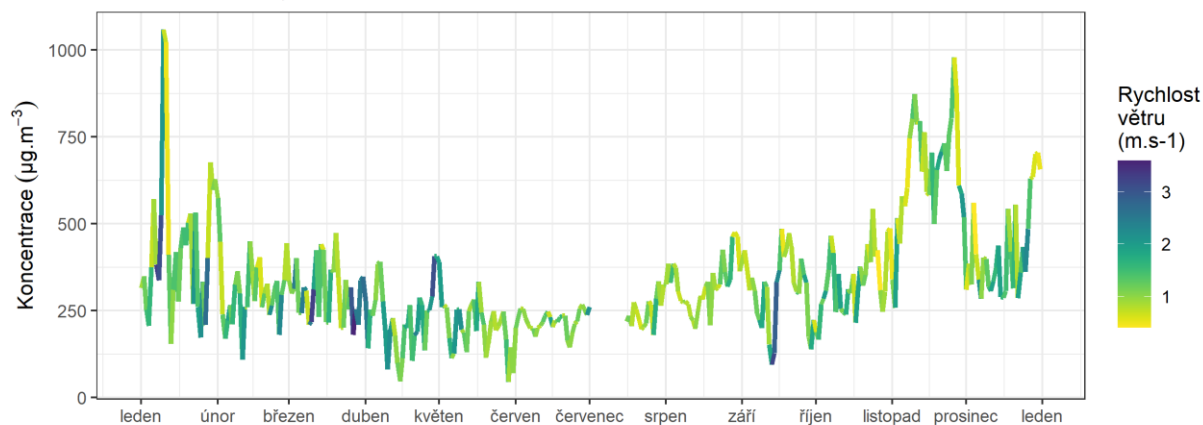
Vývoj průměrných denních koncentrací CO v závislosti na teplotě vzduchu

Otrokovice – město, rok 2024



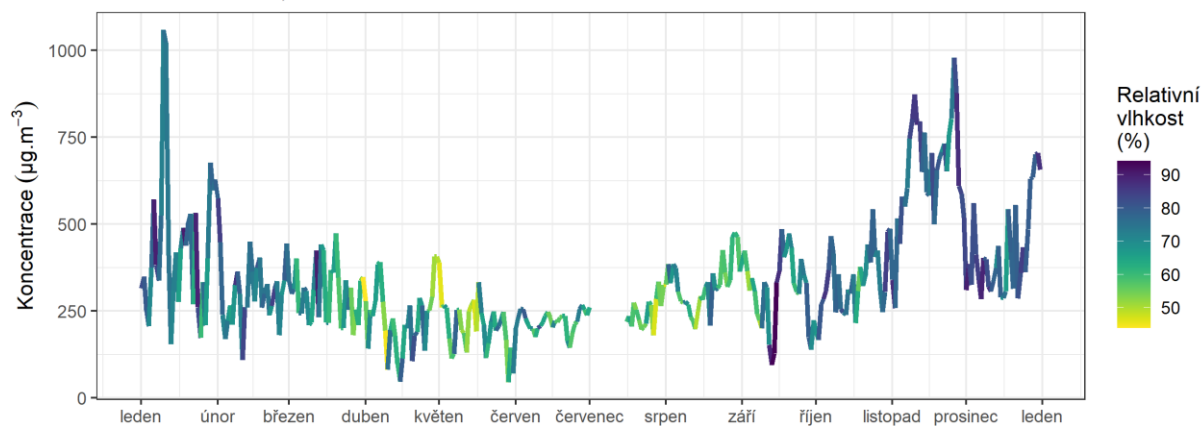
Vývoj průměrných denních koncentrací CO v závislosti na rychlosti větru

Otrokovice – město, rok 2024



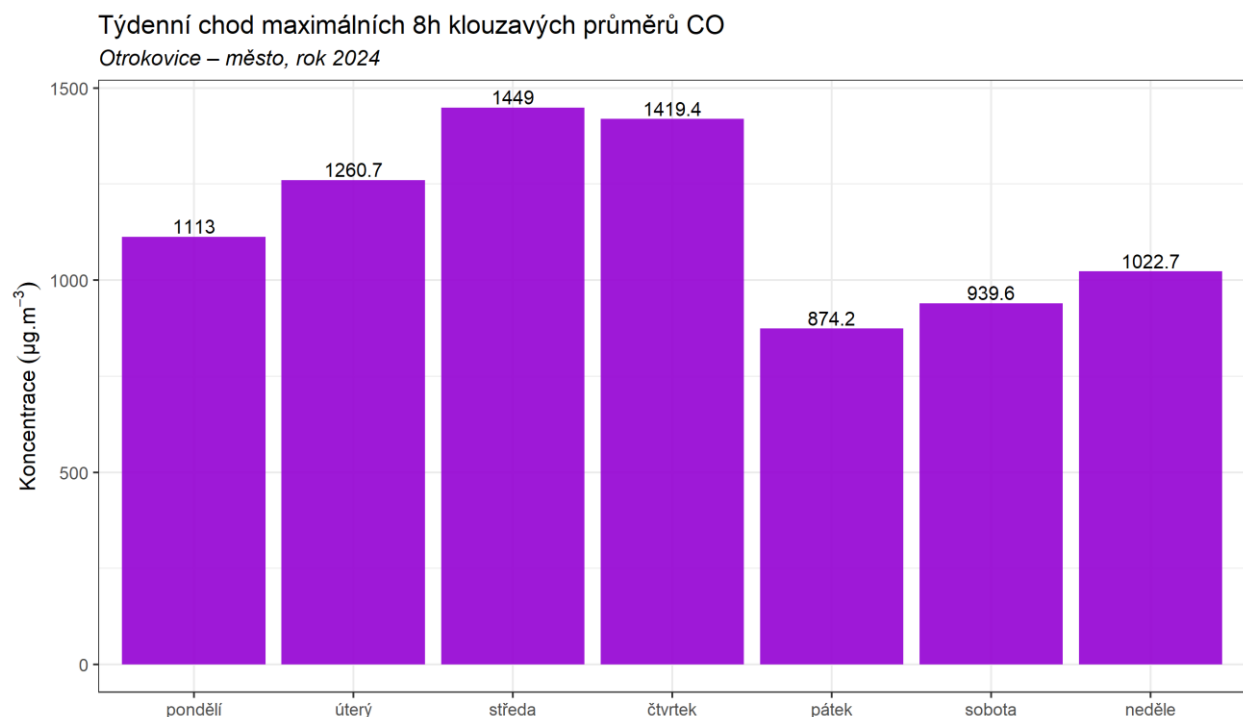
Vývoj průměrných denních koncentrací CO v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 66: Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace CO, Otrokovice – město, rok 2024

Graf na Obr. 67 posuzuje maximální 8h klouzavý průměr CO za den z hlediska dne v týdnu. Nejvyšší 8h klouzavé průměry koncentrací CO byly v roce 2024 naměřeny v středu s hodnotou $1449 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Naopak nejnižší 8h klouzavé průměry koncentrací CO byly naměřeny v pátek s hodnotou $874.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.



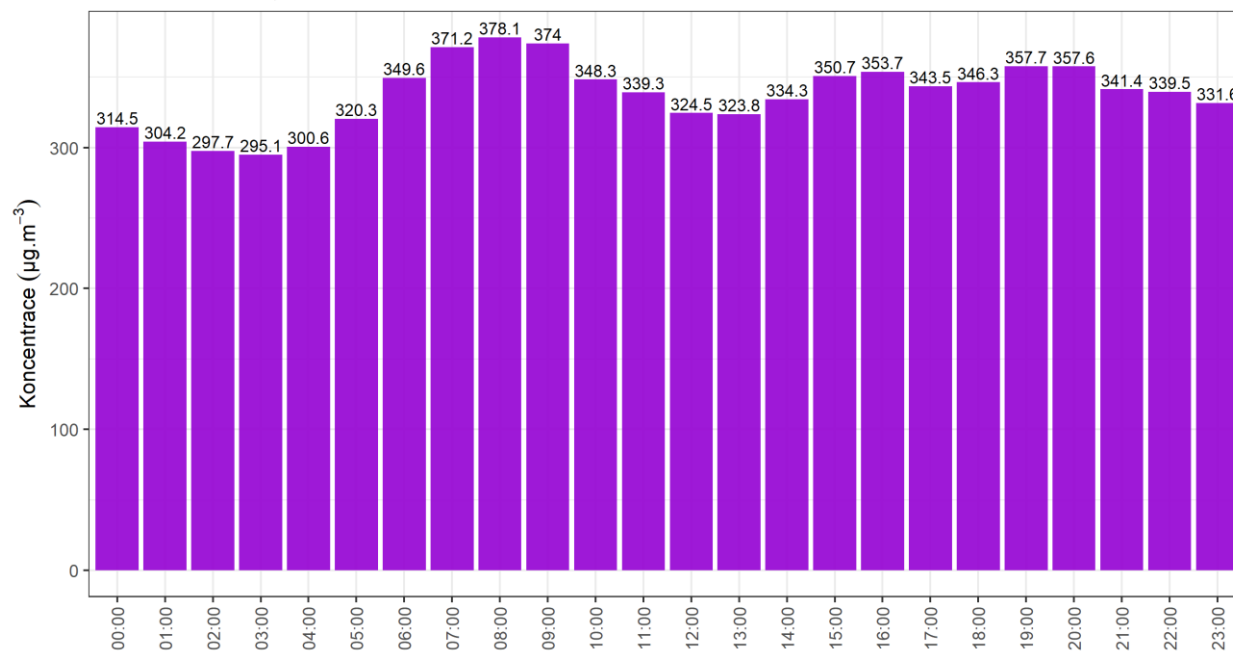
Obr. 67: Týdenní chod maximálních 8h klouzavých průměrů CO za den, Otrokovice – město, rok 2024

3.3.4 ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod CO v lokalitě Otrokovice – město. Tento denní chod koncentrací zobrazuje následující Obr. 68. V průměru nejvyšší koncentrace CO byly měřeny v 08:00 s hodnotou $378.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Nejnižší koncentrace CO pak byly naměřeny v 03:00 s hodnotou $295.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací CO

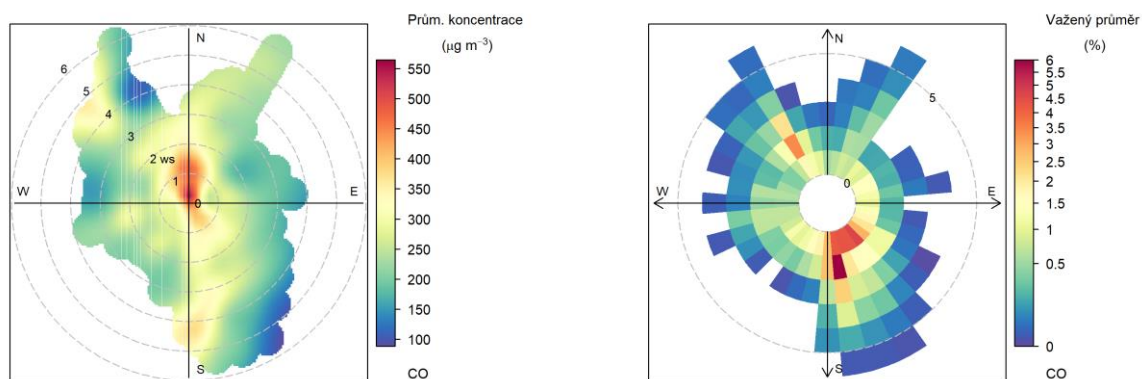
Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 68: Průměrný denní chod hodinových koncentrací CO, Otrokovice – město, rok 2024

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole koncentračních růžic pro PM.

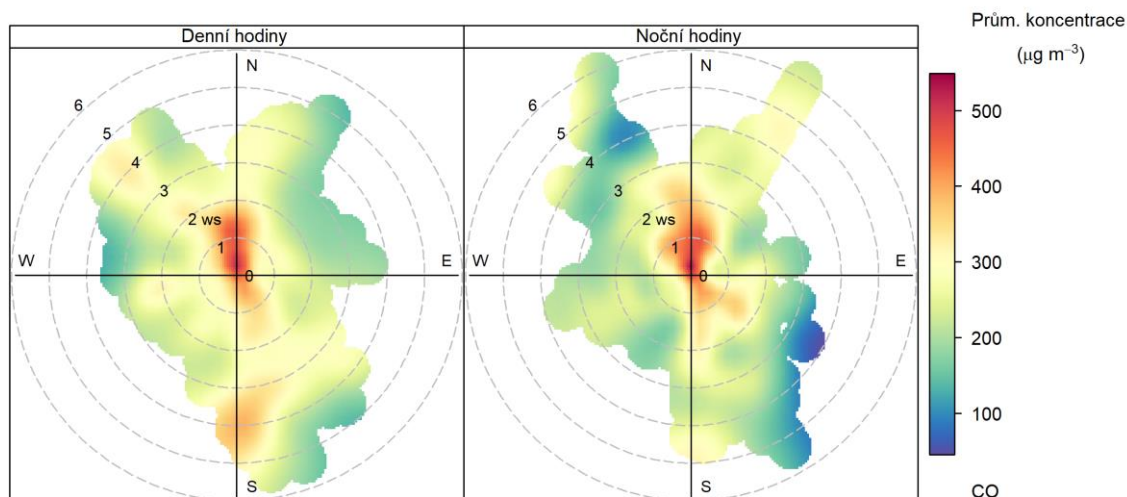
Následující Obr. 69 zobrazuje dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Otrokovice – město – koncentrační a váženou koncentrační růžici.



Obr. 69: Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro CO, Otrokovice – město, rok 2024

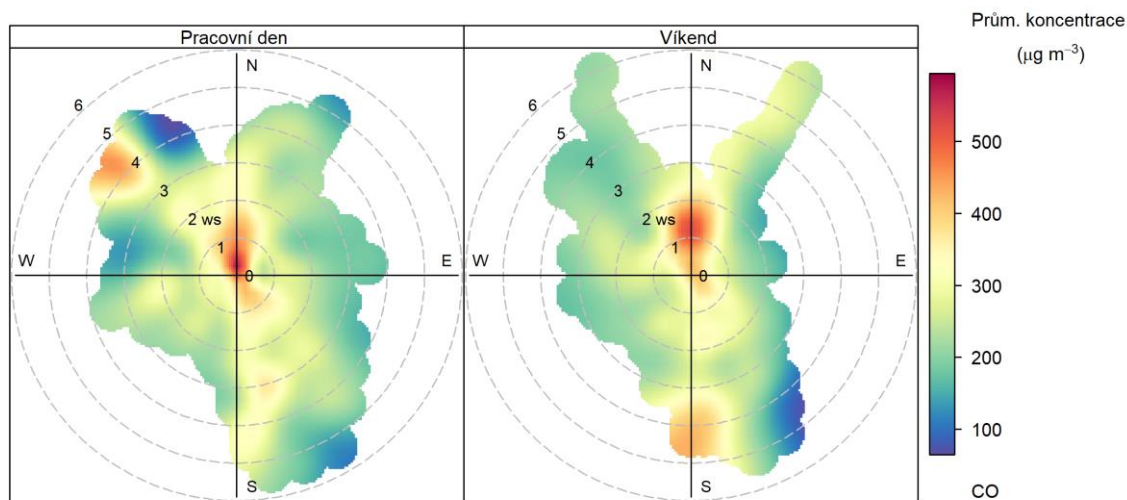
Nejvyšší koncentrace ($564 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byla naměřena při bezvětrí, resp. proudění ze severu a rychlosti větru $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Nejvyšší vážená koncentrace CO byla zaznamenána při proudění z jihu a rychlosti větru $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Na následujícím Obr. 70 je koncentrační růžice rozdělená na den a noc. Mírně vyšší koncentrace CO byla zaznamenána během nočních hodin. V obou případech bylo maxima dosaženo při bezvětří resp. Při velmi nízkých rychlostech větru a proudění spíše ze severu.



Obr. 70: Koncentrační růžice CO v denních a nočních hodinách, Otrokovice – město, rok 2024

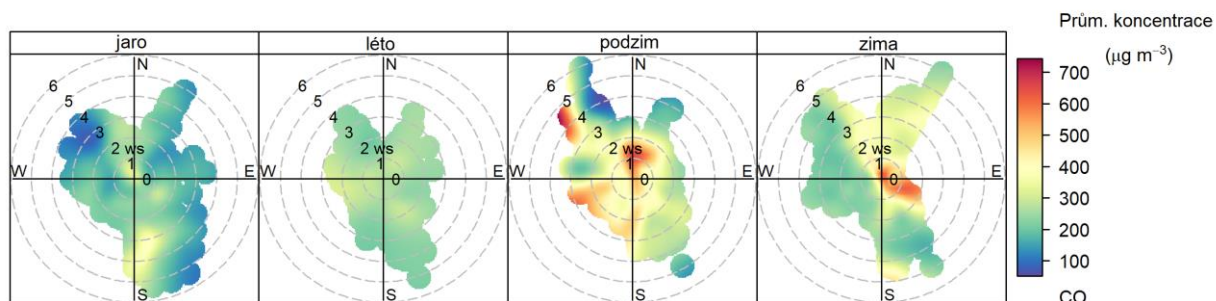
Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendové dny (Obr. 71). Mírně vyšší koncentrace byly měřeny ve všední dny. Nejvyšší koncentrace CO ($595 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v pracovní dny byla naměřena při bezvětří. O víkendu byla nejvyšší koncentrace CO ($530 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) zaznamenána při proudění ze severu a rychlosti větru $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 71: Koncentrační růžice CO v pracovní dny a o víkendu, Otrokovice – město, rok 2024

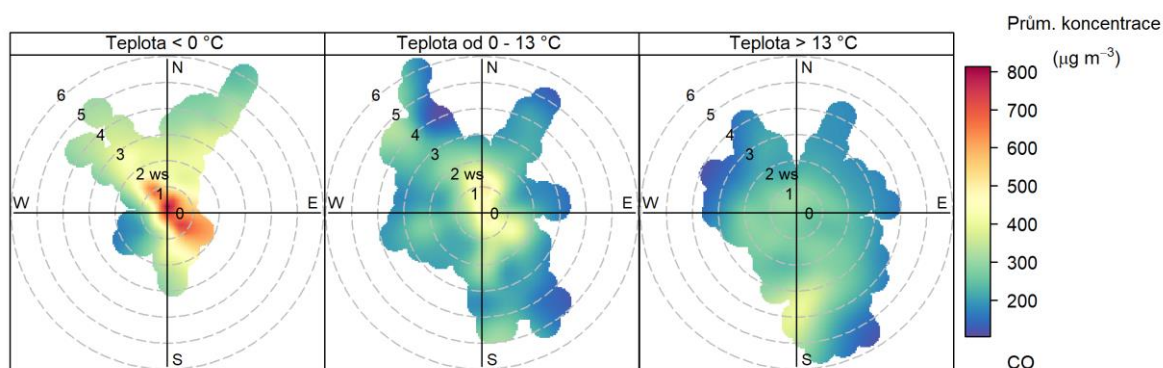
Následující Obr. 72 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Nejvyšší koncentrace oxidu uhelnatého v průběhu roku byla zaznamenána v podzimních měsících. Na jaře byla nejvyšší koncentrace CO ($398 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při proudění z jihu a rychlosti větru $3.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V letních měsících

byla maximální koncentrace CO ($313 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) zaznamenána při proudění ze západu a rychlosti větru $2.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Na podzim byla zaznamenána nejvyšší roční koncentrace CO ($743 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), při proudění ze severozápadu a rychlosti větru $4.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V zimních měsících byla maximální koncentrace CO ($635 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) naměřena při bezvětrí, resp. proudění ze severu a minimální rychlosti větru $0.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



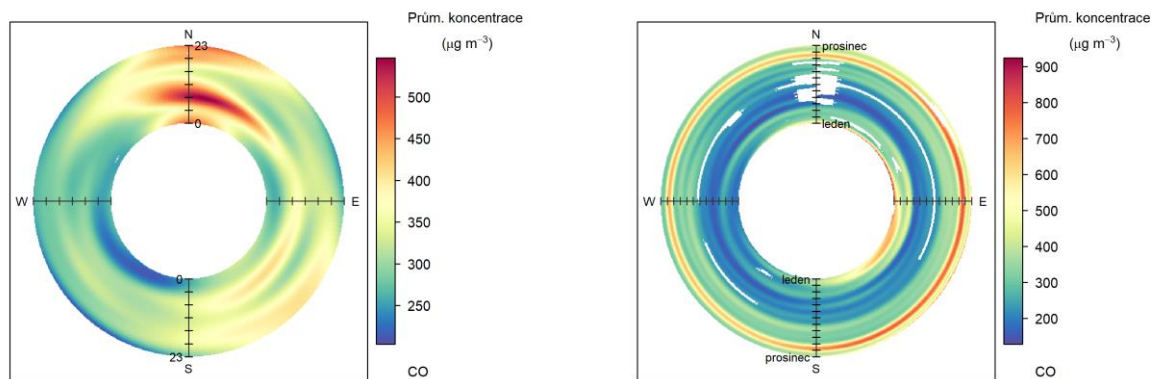
Obr. 72: Koncentrační růžice CO v jednotlivých ročních obdobích, Otrokovice – město, rok 2024

Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu (Obr. 73). V teplotním intervalu nižších teplot pod bodem mrazu byla zaznamenána nejvyšší koncentrace oxidu uhelnatého, která činila $813 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Tato koncentrace byla naměřena při bezvětrí, resp. proudění o rychlosti $0.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ze severu. Ve středním teplotním rozmezí od 0 do 13°C byla naměřena nejvyšší koncentrace CO, která dosáhla $511 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ při rychlosti větru $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, znovu proudícího ze severu. V teplotním intervalu vyšších teplot nad 13°C byla nejvyšší koncentrace oxidu uhelnatého $403 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a byla naměřena při rychlosti větru $3.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, který proudil z jihu.



Obr. 73: Koncentrační růžice CO ve vybraných teplotních intervalech, Otrokovice – město, rok 2024

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. Koncentrace CO v lokalitě Otrokovice – město jsou takto zobrazeny na Obr. 74.



Obr. 74: Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací CO dle směru větru, Otrokovice – město, rok 2024

Nejvyšší koncentrace CO ($547 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v rámci denního chodu byla zaznamenána kolem 8. hodiny při proudění větru ze severních směrů. Nejvyšší koncentrace CO v rámci ročního chodu byla zaznamenána v lednu a listopadu při proudění větru z východních směrů.

3.3.5 SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU

V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Otrokovice – město srovnány s hodnotami naměřenými ve státní síti imisního monitoringu Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Charakteristika lokalit je uvedena v kapitole *Data a jejich zpracování* v Tab. 2.

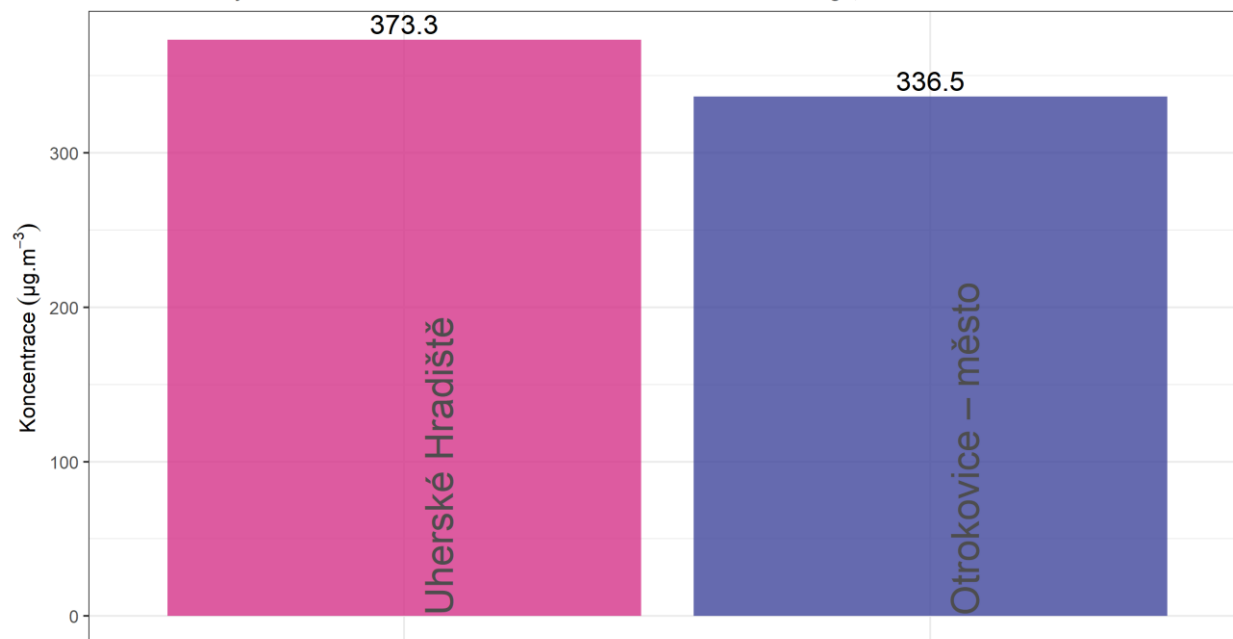
Na následujícím Obr. 75 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace CO v lokalitách v blízkém okolí lokality Otrokovice – město a srovnány s koncentracemi zde měřenými v roce 2024. Pro vyhodnocení průměrných ročních koncentrací oxidu uhelnatého (CO) byla analyzována data ze dvou lokalit. V lokalitě Uherské Hradiště byla naměřena nejvyšší koncentrace CO, která činila $373,3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, v lokalitě Otrokovice – město byla zaznamenána nižší koncentrace, a sice $336,5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Následující graf na Obr. 76 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace CO naměřené ve vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že vysoké koncentrace jsou vždy měřeny v chladné části roku. Vývoj koncentrací je ve všech lokalitách podobný.

Graf na Obr. 77 srovnání průměrných denních koncentrací CO v lokalitě Otrokovice – město s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Uherské Hradiště. Z grafu je patrné, že koncentrace v lokalitě Otrokovice – město jsou velmi podobné těm v lokalitě Uherské Hradiště v lokalitě Uherské Hradiště jsou koncentrace CO po celý rok mírně vyšší.

Průměrné roční koncentrace CO

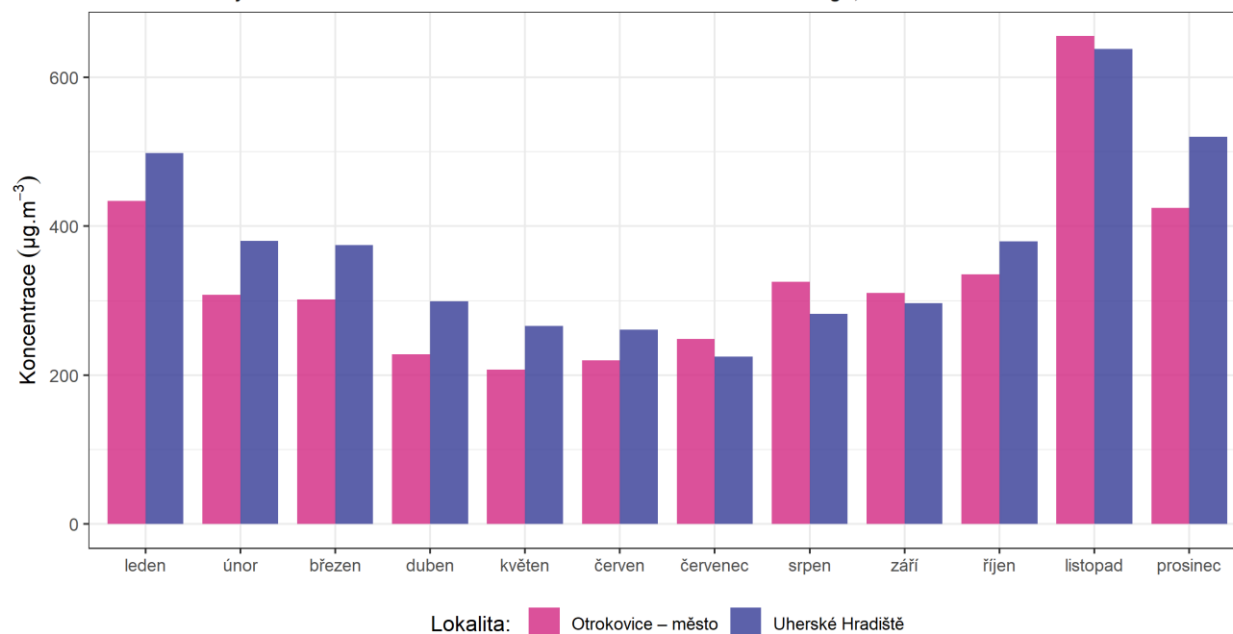
Srovnání lokality Otrokovice – město s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



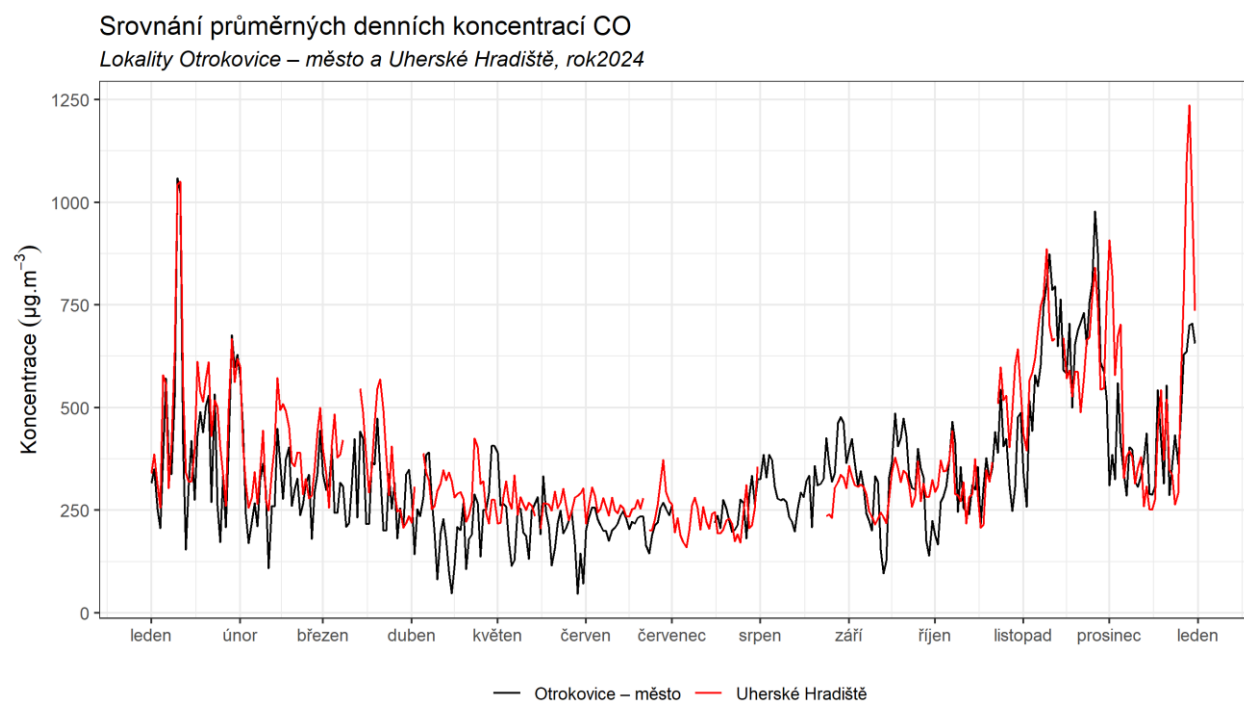
Obr. 75: Srovnání průměrné roční koncentrace CO lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Průměrné měsíční koncentrace CO

Srovnání lokality Otrokovice – město s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 76: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací CO lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

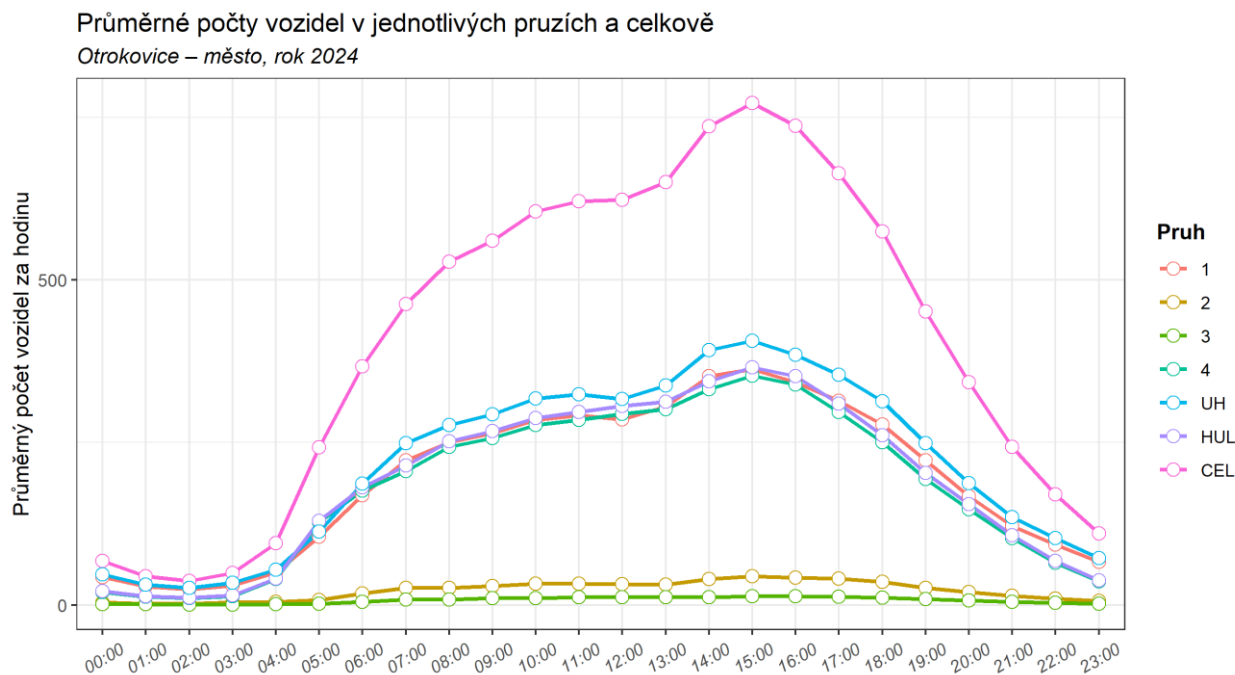


Obr. 77: Srovnání průměrných denních koncentrací CO, lokality Otrokovice – město a Uherské Hradiště, rok2024

4 DOPRAVNÍ INTENZITY A ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Kromě škodlivin a meteorologických prvků byla v lokalitě Otrokovice – město sledována intenzita dopravy včetně dalších charakteristik, jako je obsazenost pruhu či průměrná rychlost. Tyto výsledky byly dány do souvislosti s měřením kvality ovzduší.

Intenzita dopravy je měřena celkem pro 4 pruhy – 2 pruhy směrem na Uherské Hradiště, 2 pruhy směrem na Hulín. Počty vozidel v jednotlivých pruzích, součty v jednotlivých směrech (UH, HUL) a celkový součet všech vozidel (CEL) uvádí v průměru pro jednotlivé hodiny dne následující Obr. 78.



Obr. 78: Průměrné počty vozidel v jednotlivých pruzích, směrech a celkově, Otrokovice – město, rok 2024, čas uváděn v UTC

Z grafu je patrný výrazný nárůst počtu vozidel od zhruba 3. hodiny ranní (UTC). Ranní špička pak kulminuje počtem vozidel kolem 9. hodiny ranní, poté počet vozidel stagnuje nebo mírně roste až do 15:00 UTC, kdy je v lokalitě Otrokovice – město naměřeno denní maximum počtu vozidel (za všechny pruhy v průměru 772 vozidel). Poté dochází k postupnému útlumu dopravy.

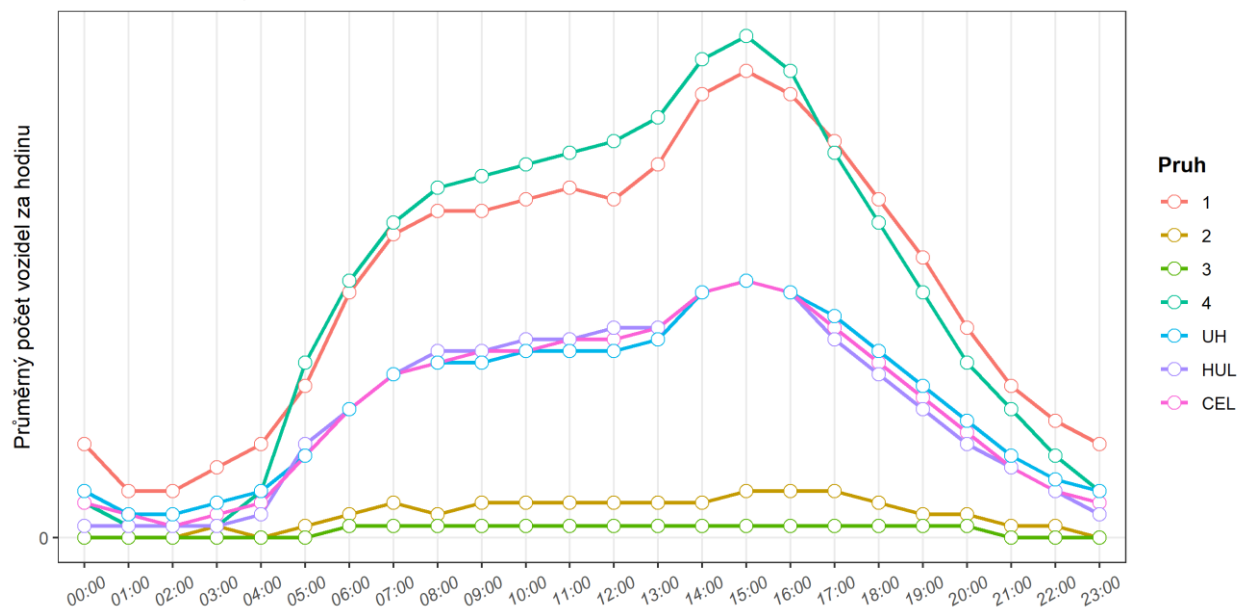
Obdobně jsou pak na Obr. 79 a Obr. 80 srovnány po hodinách průměrné obsazenosti pruhů a průměrné rychlosti vozidel v jednotlivých pruzích.

Z hlediska průměrné obsazenosti pruhů bylo v roce 2024 v lokalitě Otrokovice – město dosaženo nejvyšších hodnot v 15:00 hodin UTC. V průměru nejvyšší obsazenost za celý den vykazoval pruh 4.

V případě průměrných rychlostí vozidel v jednotlivých pruzích bylo v roce 2024 v lokalitě Otrokovice – město dosaženo nejvyšších hodnot v 15:00 hodin UTC. V průměru nejvyšších rychlostí za celý den vykazoval pruh 4.

Průměrná obsazenost pruhů v jednotlivých pruzích a celkově

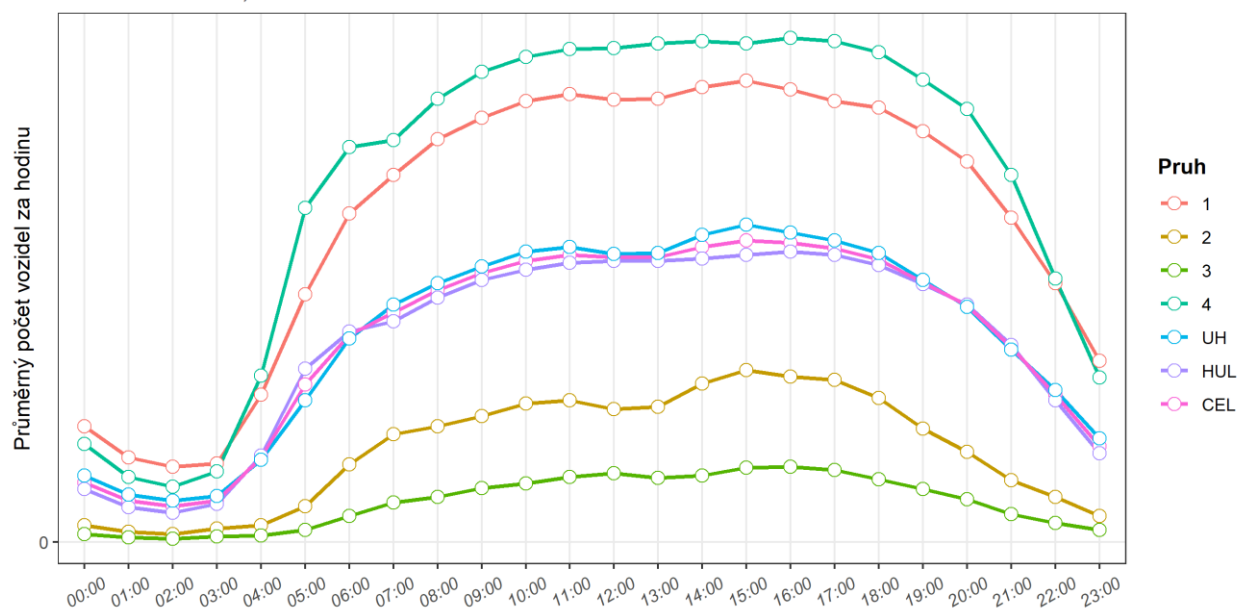
Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 79: Průměrná obsazenost v jednotlivých pruzích, směrech a celkově, Otrokovice – město, rok 2024, čas uváděn v UTC

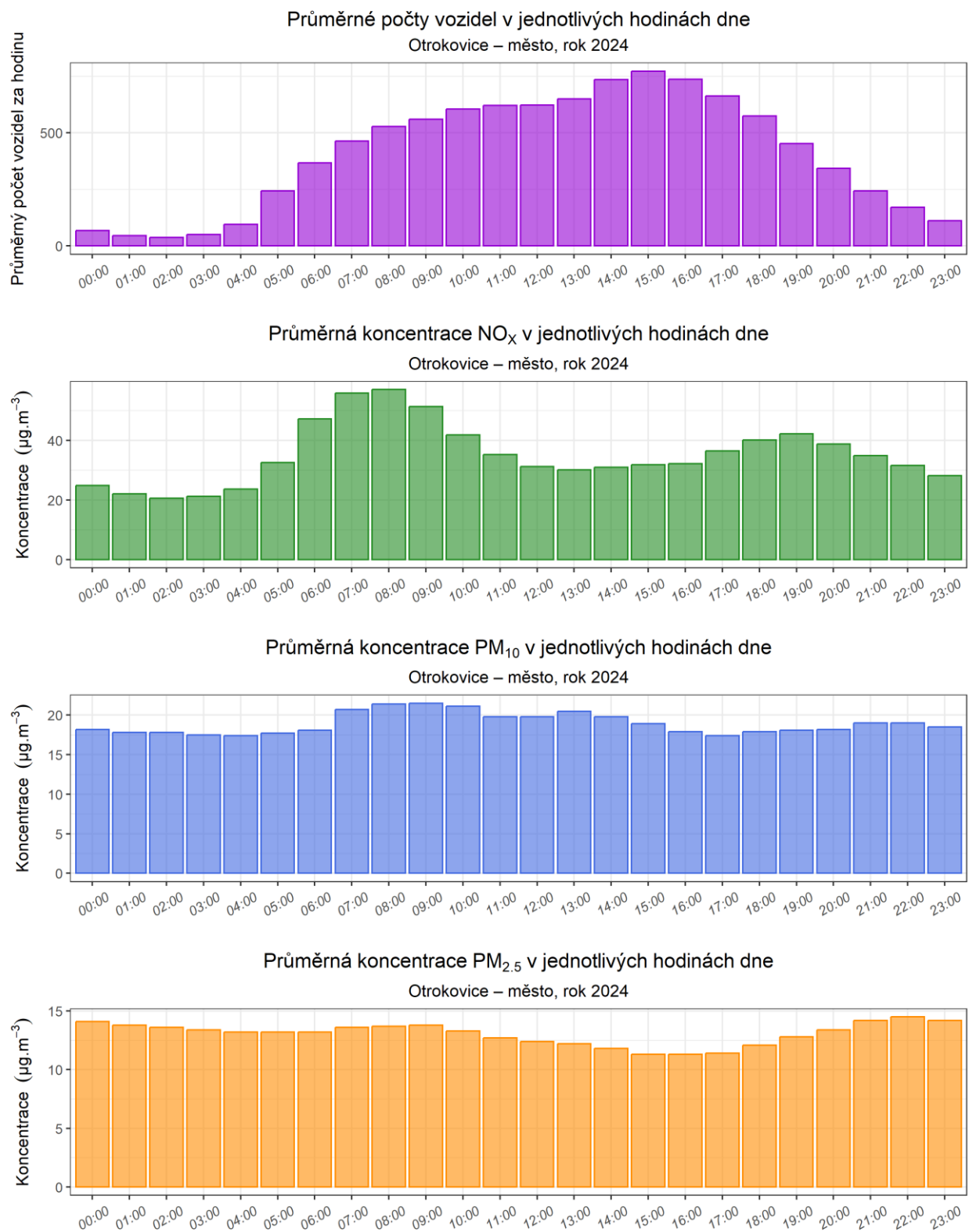
Průměrné rychlosti vozidel v jednotlivých pruzích a celkově

Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 80: Průměrná rychlost v jednotlivých pruzích, směrech a celkově, Otrokovice – město, rok 2024, čas uváděn v UTC

Průměrné počty vozidel v lokalitě Otrokovice – město (v součtu za všechny pruhy) byly srovnány s průměrnými koncentracemi oxidů dusíku, PM_{10} a $PM_{2,5}$ v této lokalitě. Srovnání uvádí grafy na Obr. 81.



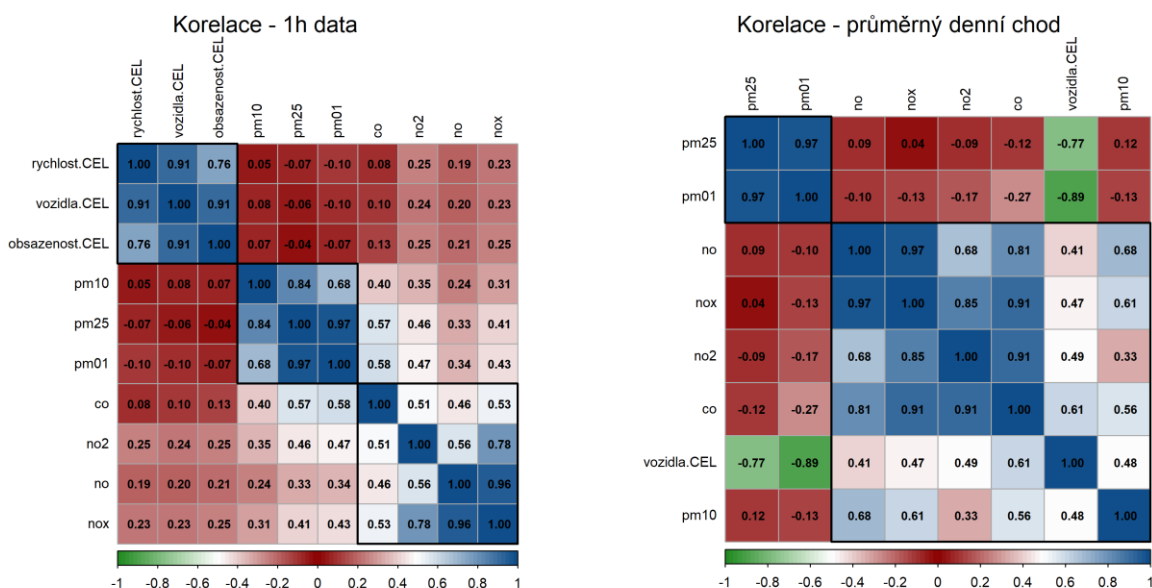
Obr. 81: Průměrné počty vozidel a průměrné koncentrace NO_x , PM_{10} a $\text{PM}_{2.5}$ v jednotlivých hodinách dne, Otrokovice – město, rok 2024

Z grafů na Obr. 81 vyplývá, že koncentrace škodlivin s počtem vozidel příliš nekorelují. V případě oxidů dusíku je patrný nárůst koncentrací v době ranní špičky, poté však koncentrace poklesnou, což se v případě intenzity dopravy neděje. Pokles koncentrací NO_x může být způsoben spotřebou částí koncentrací na tvorbu troposférického ozónu. Další nárůst koncentrací NO_x kulminuje až kolem 18. hodiny UTC, kdy již intenzita dopravy klesá. Nárůst koncentrací NO_x tak může být způsoben i vlivem vytápění a lokálních topenišť.

V případě koncentrací PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ jsou patrné zvýšené koncentrace především v dopoledních a ve večerních a nočních hodinách (postupný nárůst koncentrací od 18. hodiny UTC až k 23. hodině), což opět naznačuje vliv lokálních topenišť a vytápění na koncentrace PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ v této lokalitě. U PM_{10} je zřetelnější nárůst koncentrací i kolem 8. hodiny ranní než v případě $\text{PM}_{2,5}$, což může být v důsledku významnějších mechanických emisí z dopravy v této lokalitě v dopoledních hodinách, přesto je patrné, že koncentrace vzrůstají později, než narostou počty vozidel. Takže kromě dopravy se na tomto dopoledním maximu mohou podílet i další zdroje.

Horší korelaci potvrzuje i následující Obr. 82. Ten na dvou korelogramech zobrazuje, jak spolu jednotlivé měřené veličiny korelují. Modrá barva symbolizuje silnou pozitivní korelaci (když roste jedna veličina, roste i druhá), červená značí žádnou korelaci, zelená pak silnou negativní korelaci (jedna veličina stoupá a druhá klesá). Bílá přechodová barva symbolizuje slabé korelace.

Levý korelogram zobrazuje korelace sestavené nad 1h daty z měření v lokalitě Otrokovice – město. Korelogram je rozdělen do 3 clusterů, mezi kterými korelace existuje. Velmi dobře mezi sebou korelují PM, oxidy dusíku s oxidem uhelnatým a dopravní charakteristiky. Avšak mimo tyto clustery korelace tak silné korelace nejsou. Dobře koreluje CO s PM (zejména jemnějšími frakcemi), mezi NO_2 a NO_x a jemnějšími frakcemi PM rovněž existuje slabší korelace.



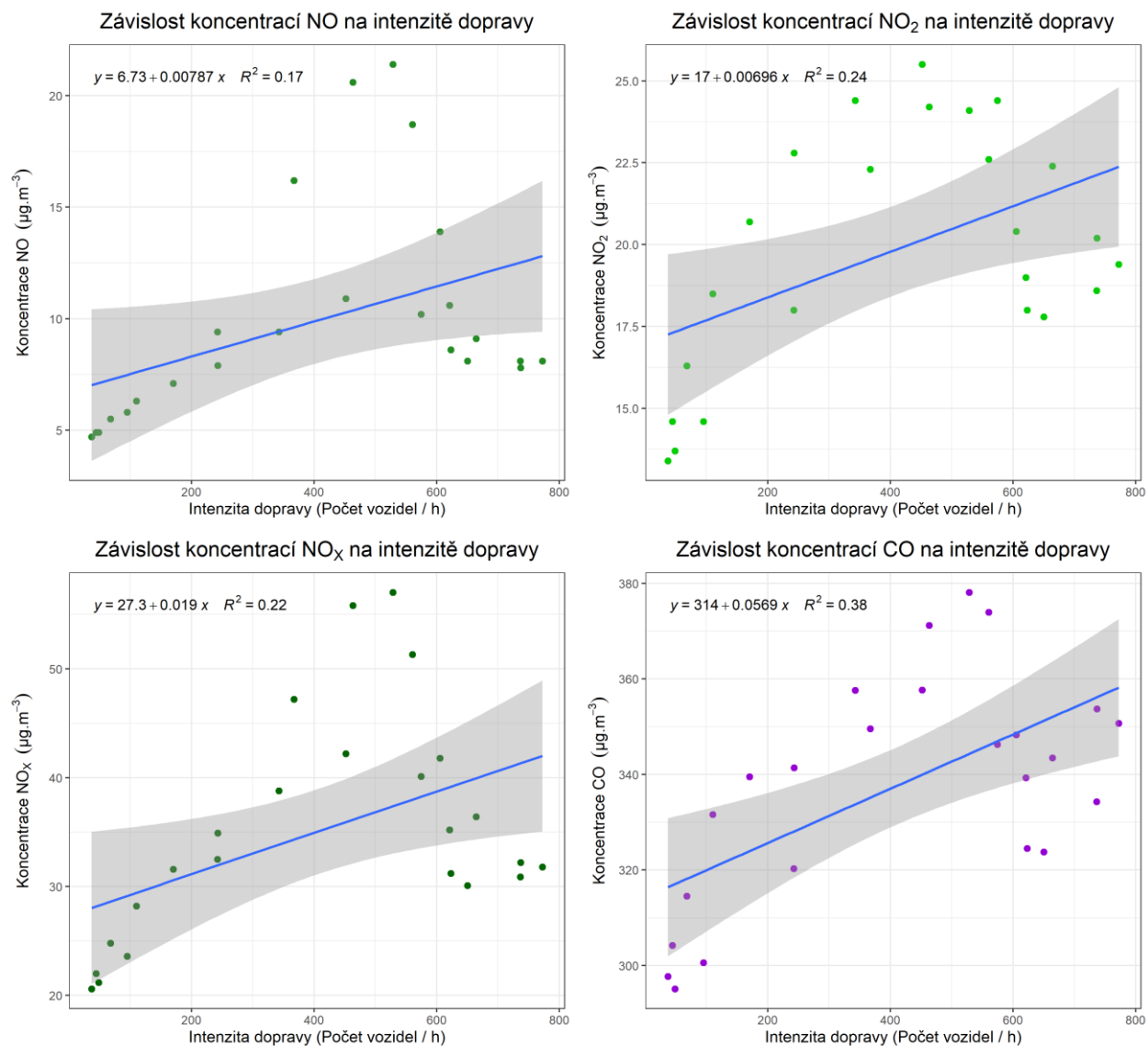
Obr. 82: Korelogramy měřených dat. Hodinová data (vlevo) a průměrný denní chod (vpravo), Otrokovice – město, rok 2024

Pravý korelogram pak zobrazuje korelaci mezi denními chody jednotlivých veličin, tedy zprůměrovanými hodnotami pro jednotlivé hodiny za celou dobu měření (viz. např. *Obr. 25* nebo *Obr. 49*). Na úrovni průměrných denních chodů je již možné vidět pouze dva velké clustery – jemnější frakce PM a plynné polutanty spolu s dopravními charakteristikami a PM₁₀. Zprůměrované hodnoty zejména CO, ale také NO₂, NO_x a PM₁₀ vykazují dobrou až slabší korelaci s dopravními charakteristikami. V případě NO je vazba slabší.

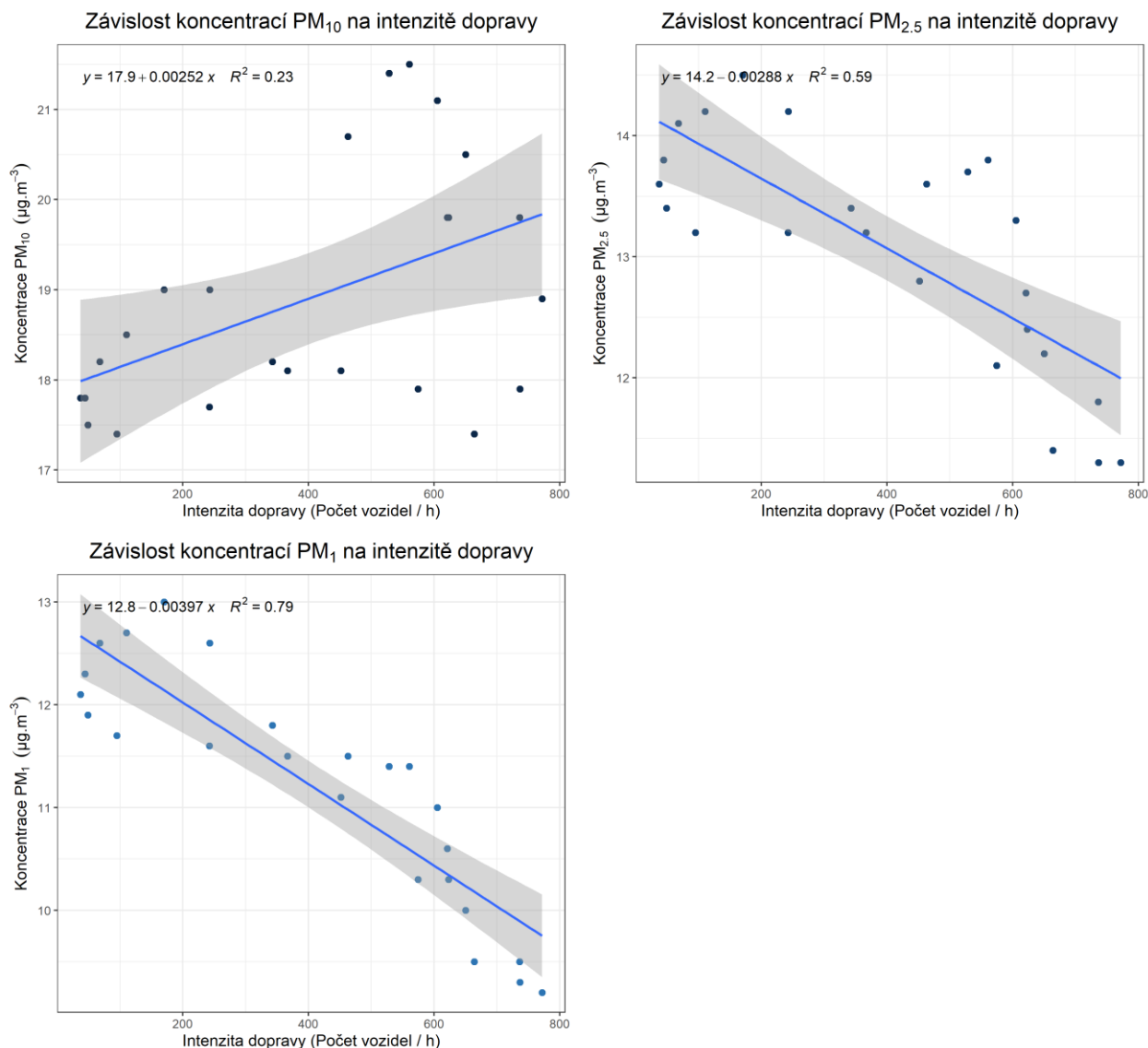
V případě jemnějších PM opět zůstává velmi silná pozitivní vazba mezi sebou. Vůči koncentracím oxidů dusíků žádná vazba neexistuje. U srovnání s dopravními charakteristikami je patrná silná negativní korelace, tedy že s rostoucí intenzitou dopravy koncentrace jemnějších frakcí PM spíše klesají. Avšak tato korelace není kauzalitou! Je to zejména důsledek horších rozptylových podmínek v nočních hodinách a současně jsou převážně ve večerních a nočních hodinách v provozu lokální topeniště, coby nejvýznamnější zdroj PM *Obr. 12*. A protože v nočních hodinách klesá intenzita dopravy na minimum, vytváří se tak negativní korelace mezi těmito veličinami.

Vztah mezi intenzitou dopravy a jednotlivými škodlivinami může zobrazit také regresní křivka, jak ukazuje následující *Obr. 83* pro plynné škodliviny a *Obr. 84* pro částice. Koeficient determinace (R^2) vyjadřuje procento rozptylu závislé proměnné vysvětlené nezávislou proměnnou, což může pomoci při interpretaci síly vztahu.

Hranice pro interpretaci síly korelace (R^2 nebo korelačního koeficientu r) nejsou pevně dané a mohou se lišit podle oboru a kontextu analýzy. Pro tuto studii byly zvoleny následující meze: R^2 vyšší než 0.6 značí silnou korelaci, R^2 vyšší než 0.4 střední korelaci a R^2 vyšší než 0.2 slabou korelaci. Hodnoty nižší než 0.2 říkají, že žádná korelace neexistuje [15].



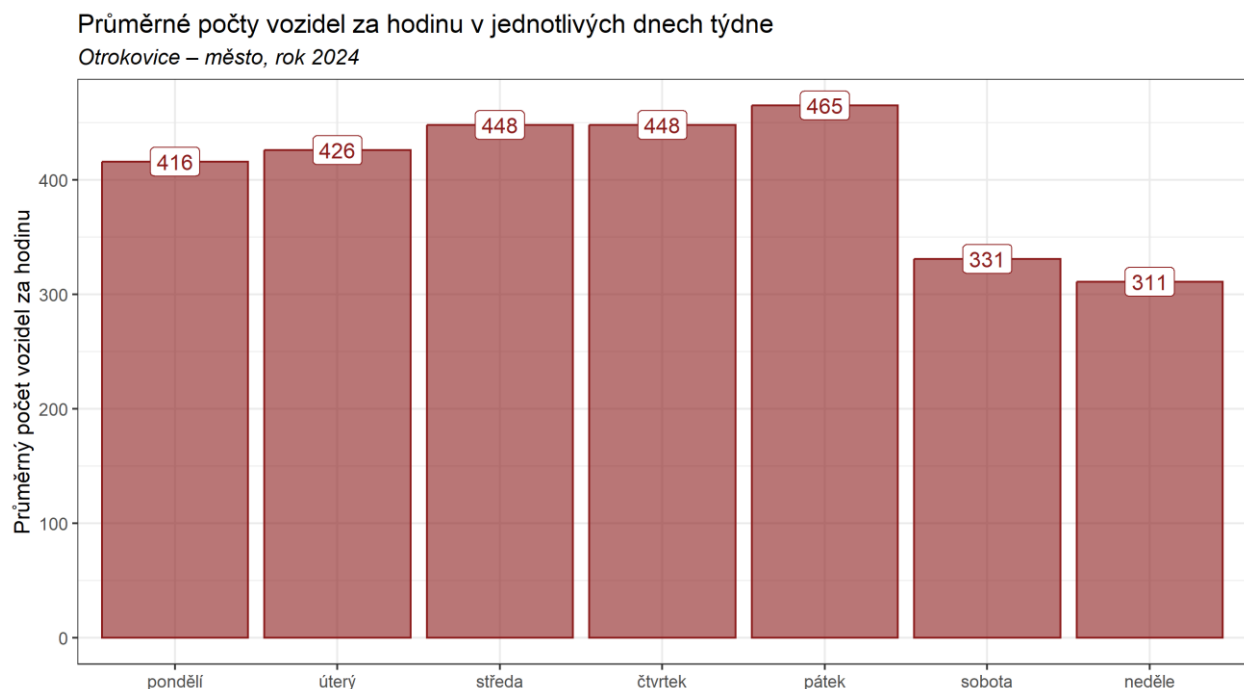
Obr. 83: Závislost koncentrací oxidů dusíku a CO na intenzitě dopravy včetně regresních křivek, Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 84: Závislost koncentrací PM na intenzitě dopravy včetně regresních křivek, Otrokovice – město, rok 2024

Pro látku PM₁₀ byla naměřena pozitivní slabá korelace s intenzitou dopravy, charakterizovaná hodnotou $R^2 = 0.23$. Obdobně slabá pozitivní korelace byla identifikována i u látek NO₂ s $R^2 = 0.24$ a NO_x s $R^2 = 0.22$. V případě CO byla pozitivní slabá korelace vyhodnocena s $R^2 = 0.38$. Naopak pro látku NO nebyla korelace s intenzitou dopravy detekována ($R^2 = 0.17$). V rámci analýzy byla také zjištěna negativní střední korelace pro PM_{2.5} s $R^2 = 0.59$ a silně negativní korelace pro PM₁ s $R^2 = 0.79$. Tato zjištění poukazují na různou úroveň ovlivnění kvality vzduchu jednotlivými škodlivinami v závislosti na intenzitě dopravy.

Rozdíl v intenzitách v dopravě v jednotlivých dnech týdne pak zobrazuje následující Obr. 85, ve kterém jsou vyčísleny průměrné počty za hodinu v jednotlivých dnech týdne. Nejvyšší průměrná hodinová intenzita dopravy je měřena v pátek (465 vozidel/h), zatímco nejnižší v neděli (311 vozidel/h). Nejnižší den dosahuje 66.9% hodnoty nejvyššího dne.



Obr. 85: Průměrné počty vozidel za hodinu v jednotlivých dnech týdne, Otrokovice – město, rok 2024

Relativní vztah počtu vozidel o víkendu proti pracovním dnům zobrazuje graf na Obr. 86, kde jsou rovněž relativní hodnoty jednotlivých škodlivin o víkendu ve srovnání s pracovními dny.

Z analyzovaných dat vyplývá, že relativní pokles vozidel o víkendu proti pracovním dnům činí 27.1 %. Tento pokles slouží jako referenční hodnota pro posouzení vlivu dopravy na koncentrace jednotlivých škodlivin.

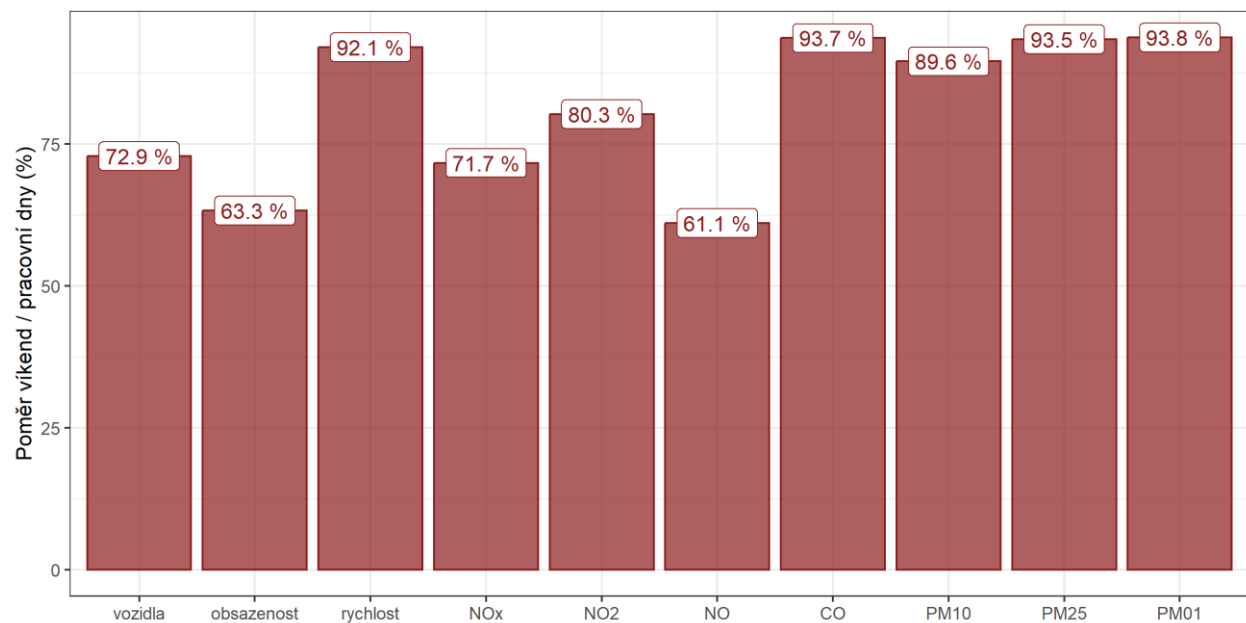
Pokles v obsazenosti jízdních pruhů o víkendech byl zjištěn ve výši 36.7 %, což je vyšší hodnota oproti poklesu počtu vozidel. To ukazuje, že se nejen snižuje množství vozidel, ale dochází k výraznějšímu snížení hustoty provozu. Naopak pokles rychlosti vozidel byl měřen pouze na 7.9 %, což naznačuje, že rychlost vozidel je o víkendech relativně méně ovlivňována.

Relativní poklesy koncentrace některých typů částic a plynů jsou uváděny níže s poznámkami o možném vlivu dopravy: **PM₁₀**: Pokles o 10.4 %, neboli menší než poloviční pokles vozidel. To naznačuje, že doprava zřejmě není hlavním zdrojem této škodliviny. **PM_{2,5}**: Pokles o 6.5 %, což je v souladu s malým vlivem dopravy na jemnější frakce částic. **PM₁**: Pokles o 6.2 %, analogicky k PM_{2,5}, což naznačuje minimální vliv dopravy na tyto velmi jemné částice. **NO₂**: Pokles o 19.7 %, což je blíže k poloviční hodnotě poklesu vozidel. Hodnota ukazuje, že doprava může být jedním ze zdrojů, ale pravděpodobně ne hlavním. **NOx**: Výrazný pokles o 28.3 % naznačuje, že doprava je významným zdrojem sumy oxidů dusíku. **NO**: Největší pokles o 38.9 % jednoznačně ukazuje, že oxid dusnatý je silně spojen s dopravní aktivitou. **CO**: Pokles o 6.3 % je podobně jako u frakce PM_{2,5}, což ukazuje, že doprava není hlavním zdrojem.

Analýza ukázala, že zatímco oxid dusnatý a oxidy dusíku jsou významně ovlivňovány množstvím vozidel, jemné částice jako PM_{2,5}, PM₁₀ a CO jsou méně závislé na dopravní aktivitě.

Relativní hodnoty měřených veličin o víkendu proti pracovním dnům

Otrokovice – město, rok 2024



Obr. 86: Relativní srovnání hodnot intenzity dopravy a škodlivin měřených o víkendu proti hodnotám měřeným v pracovní dny, Otrokovice – město, rok 2024

5 ZÁVĚRY

V závěrečné části vědecké zprávy o kvalitě ovzduší v lokalitě Otrokovice – město, hodnotíme rozsáhlý soubor dat shromážděný z monitorovacích stanic za rok 2024. Tato analýza poskytuje komplexní přehled o stavu a vývoji znečištění ovzduší v dané oblasti a jejím okolí. Výsledky naznačují, že většina monitorovaných škodlivin zůstává pod legislativně stanovenými imisními limity ČR i EU, což odráží účinnost implementovaných opatření pro zlepšení kvality ovzduší. Přesto vývoj některých polutantů vyžaduje další pozornost a potenciální úpravy ve strategiích ochrany ovzduší.

- **PM₁₀:**
 - Roční imisní limit: Naměřená průměrná roční koncentrace = $18.9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$; Imisní limit = $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. **Limit překročen nebyl.**
 - Denní imisní limit: Počet překročení v roce = 10; Imisní limit = $50 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, za kalendářní rok je povoleno 35 dní s překročenou hodnotou. **Limit překročen nebyl.**
 - Nejvyšší a nejnižší měsíční koncentrace: Maximální = $25.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ v březnu a listopadu, minimální = $13.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ v únoru a květnu.
- **PM_{2,5}:**
 - Roční imisní limit: Naměřená průměrná roční koncentrace = $13 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$; Imisní limit = $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. **Limit překročen nebyl.**
- **Oxidy dusíku (NO_x, NO₂, NO):**
 - NO₂ roční imisní limit: Naměřená průměrná roční koncentrace = $19.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$; Imisní limit = $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. **Limit překročen nebyl.**
 - NO₂ 19. nejvyšší hodinová koncentrace: Naměřená hodnota = $62 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$; Imisní limit = $200 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. **Limit překročen nebyl.**
 - Nejvyšší a nejnižší měsíční koncentrace NO₂: Maximální = $25 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, minimální = $13.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.
- **CO:**
 - Maximální 8h klouzavý průměr na den = $1449 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$; Imisní limit = $10,000 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. **Limit překročen nebyl.**

Na základě prováděné regresní analýzy lze konstatovat, že zvýšená dopravní aktivita má pozorovatelný vliv na koncentrace NO, NO_x, a v menší míře na NO₂. Naopak, zdá se, že PM a CO jsou méně ovlivněné dopravními aktivitami. Všechny zjištěné vzorce naznačují potřebu specifictějších opatření v oblasti redukce dopravních emisí, zejména v případě oxidů dusíku.

Celkově data ukazují na dobrou úroveň dodržování limitů pro většinu sledovaných škodlivin, avšak stále existuje prostor pro další zlepšení, zejména v oblasti snížení dopravního vlivu na kvalitu vzduchu.

6 SEZNAM LITERATURY

1. MŽP *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů*; 2012;
2. Team, R.C. *R: A language and environment for statistical computing*; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria., 2018;
3. H. Wickham, et al. Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software* **2019**, 4, 1686.
4. Carslaw Openair - an R package for air quality data analysis. *Environmental* **2012**, 27-28, 52–61.
5. ČHMÚ Předběžná zpráva s hodnocením kvality ovzduší za rok 2024. *Tisková zpráva ČHMÚ 2025*, https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2025/TZ_Predbezna_zprava_2024_UKO_isko.pdf.
6. ČHMÚ Velikonoční písečný prach ze Sahary pohledem dálkového průzkumu i pozemního měření. *Tisková zpráva ČHMÚ 2024*, https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2024/Sahara2024TZ.pdf.
7. ČHMÚ Předběžná zpráva s hodnocením kvality ovzduší za rok 2023; ČHMÚ, 2025;
8. Vojtíšek, M. O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkováných v městských aglomeracích 2010.
9. ČHMÚ *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2023*; 2024; ISBN 978-80-7653-071-3.
10. EPA, U. *Particulate Matter (PM) Pollution*;
11. Keder, J. Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátoru Grimm 2007.
12. EPA, U. *Nitrogen Dioxide (NO2) Pollution*;
13. Derwent, R.G. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **2001**, 127, 2205–2205.
14. Commission, E. *Position paper on air quality: nitrogen dioxide*;
15. Karl L. Wuensch, J.D.E. Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences. *Journal of the American Statistical Association* **1996**, 91, 1750, doi:10.2307/2291607.