

VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V LOKALITĚ HRANICE ROK 2022



ENVITECH BOHEMIA, s.r.o.



EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj
Operační program Životní prostředí

„Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií-
Evropského fondu pro regionální rozvoj v rámci
Operačního programu Životní prostředí“

Zhotovitel:

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

IČO: 47119209
DIČ: CZ47119209

Objednatel:

Město Hranice
Pernštejnské náměstí 1
753 01 Hranice
IČO: 00301311

Datum předání zprávy: 1. února 2023
Počet výtisků: 1
Výtisk číslo: 1



OBSAH

1	<u>ÚVOD</u>	4
1.1	IMISNÍ LIMITY	5
1.2	DATA A JEJICH ZPRACOVÁNÍ	5
1.3	ROK 2022 V ČR Z HLEDISKA METEOROLOGIE A KVALITY OVZDUŠÍ	6
2	<u>METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ</u>	7
2.1	VĚTRNÉ RŮŽICE	7
2.2	RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU	7
2.3	TEPLOTA VZDUCHU	9
2.4	RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU	10
2.5	ÚHRN SRÁŽEK	12
2.6	SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	13
2.7	ATMOSFÉRICKÝ TLAK	15
3	<u>VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ</u>	16
3.1	SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM ₁₀ , PM _{2,5} A PM ₁	16
3.1.1	PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE	18
3.1.2	PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE	19
3.1.3	PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE PM	21
3.1.4	ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	25
3.1.5	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍŤE IMISNÍHO MONITORINGU	29
3.2	OXIDY DUSÍKU NO ₂ , NO A NO _x	35
3.2.1	PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE	36
3.2.2	PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE	37
3.2.3	PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE NO, NO ₂ A NO _x	39
3.2.4	ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	41
3.2.5	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍŤE IMISNÍHO MONITORINGU	45
3.3	PŘÍZEMNÍ OZÓN	47
3.3.1	VÝVOJ 26. NEJVYŠŠÍCH 8HODINOVÝCH KLOUZAVÝCH PRŮMĚRŮ ZA DEN V ROCE	47
3.3.2	PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE	49
3.3.3	VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH DENNÍCH KONCENTRACÍ O ₃	50
3.3.4	ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	53
3.3.5	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍŤE IMISNÍHO MONITORINGU	56
4	<u>ZÁVĚRY</u>	58
5	<u>CITOVANÁ LITERATURA</u>	59



1 ÚVOD

Stanice v Hranicích je umístěna na dvoře Základní školy a mateřské školy Hranice, Šromotovo. Stanice byla zřízena na konci roku 2018. Jedná se o městskou požadovou stanici, která je umístěna v obytné zóně nedaleko centra. Reprezentativnost stanice je v rámci okrskového měřítka 0,5 – 4 km.

Výtěžnost dat byla počítána z denních hodnot. Do výpočtu byly zahrnuty všechny měřené škodliviny a meteorologické veličiny. Rychlost a směr větru byla počítána jako jedna veličina. Celková výtěžnost dat v roce 2022 v lokalitě Hranice byla 100 %.





1.1 IMISNÍ LIMITY

Pro škodliviny, měřené v lokalitě Hranice, 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 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	
Přízemní ozón O ₃	maximální denní osmihodinový klouzavý průměr	120 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	25

Kromě samotných imisních limitů tabulky uvádí také přípustnou četnost překročení za kalendářní rok (pLV, je-li stanovena). To znamená, že například v případě denního limitu pro PM₁₀ může být za kalendářní rok hodnota 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 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 Hranice rovněž použita data státní sítě imisního monitoringu za účelem srovnání lokality s okolními stanicemi. Data byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým ústavem. Veškerá uvedená data byla poskytnuta na základě žádosti MÚ Hranice a nemohou být použita jinak než pro tuto studii. Veškerá data ČHMÚ pocházejí z databáze ISKO (Informační systém kvality ovzduší).

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



1.3 ROK 2022 v ČR Z HLEDISKA METEOROLOGIE A KVALITY OVZDUŠÍ

Rok 2022 byl s průměrnou teplotou 9,2 °C a s odchylkou +0,9 °C od normálu 1991–2020 **nadnormální** (+1,7 °C od normálu 1961–1990), a je tak dalším „teplým“ rokem v řadě. Od roku 1996 zaznamenáváme v Česku pouze roky normální a v různém stupni nadnormální. Teplotní odchylka od normálu 1991–2020 v jednotlivých měsících kolísala od +3,2 °C v únoru až po –2,1 °C v dubnu.

Roční srážkový úhrn 632 mm zařazuje rok mezi roky srážkově normální (normál za období 1991–2020 je v Česku 684 mm). Nejvíce srážek, v průměru 101 mm, což bylo 123 % normálu, napadlo v Česku v červnu a nejméně, v průměru jen 16 mm, to je 35 % normálu, v březnu. V průběhu roku bylo vydáno 159 výstrah a 116 informací o výskytu nebezpečného jevu, tj. celkem 275 výstražných informací.

Na základě neverifikovaných dat ze stanic automatizovaného imisního monitoringu (AIM) lze konstatovat, že v roce 2022 byl překročen denní imisní limit pro suspendované částice PM₁₀, imisní limit pro maximální denní klouzavou 8hodinovou koncentraci přízemního ozonu (O₃) a roční imisní limit pro suspendované částice PM_{2,5}. Roční imisní limity pro PM₁₀ a oxidu dusičitého (NO₂) překročeny nebyly. Denní imisní limit PM₁₀ byl v roce 2022 překročen na třech stanicích ze 134, a to na venkovské stanici Věřňovice (okres Karviná), dopravní stanici Ostrava-Českobratrská (hot spot) a na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ. Imisní limit pro maximální denní 8hodinovou koncentraci O₃ byl překročen na dvou stanicích z 68, a to na regionálních stanicích Sněžník (okres Děčín) a Rudolice v Horách (okres Most). Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{2,5} byl překročen na pěti stanicích z 88 stanic, a to na průmyslových stanicích Ostrava-Radvanice ZÚ, Ostrava-Přívoz a Ostrava-Hrušov a na městské stanici Rychvald (okres Karviná) a venkovské stanici Věřňovice.

Nejvyšší průměrná denní koncentrace PM₁₀ (157 µg·m⁻³) byla naměřena na venkovské stanici Věřňovice, nejvyšší maximální denní 8hod. denní koncentrace O₃ (177 µg·m⁻³) na předměstské stanici Praha 4-Libuš. Nejvyšší roční průměrné koncentrace PM₁₀ (30 µg·m⁻³) i PM_{2,5} (23 µg·m⁻³) byly naměřeny na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ, nejvyšší roční průměrná koncentrace NO₂ (40 µg·m⁻³) pak na dopravní stanici Praha 2-Legerova (hot spot).

V roce 2022 bylo vyhlášeno pět smogových situací, všechny z důvodu vysokých koncentrací O₃ (jedna v červenci a čtyři v srpnu). V jednotlivých regionech převládala v roce 2022 velmi dobrá až dobrá kvalita ovzduší, přičemž její nejvyšší výskyt byl zaznamenán v Olomouckém kraji. Přijatelná kvalita ovzduší byla nejčastěji zaznamenána v Pardubickém kraji a zhoršená až špatná kvalita v aglomeraci O/K/F-M .

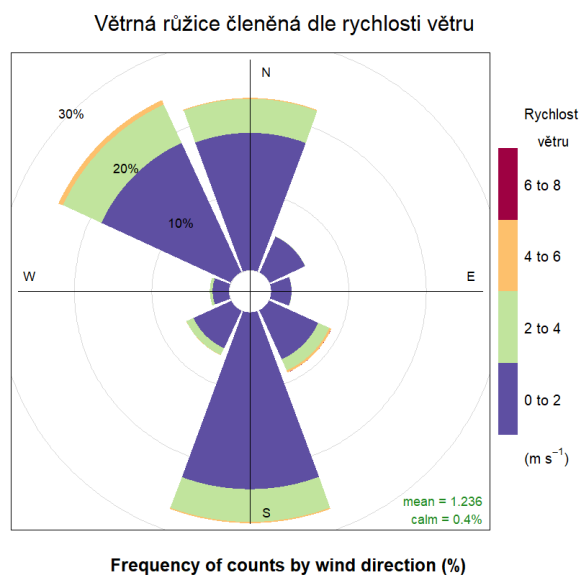
Uvedené hodnocení kvality ovzduší v návaznosti na meteorologické a rozptylové podmínky v ovzduší je předběžné. Vzhledem k procesu získání a zpracování odebraných vzorků je do článku [5] zahrnuto pouze hodnocení PM₁₀ a PM_{2,5}, O₃ a NO₂. Ve všech případech se jedná o neverifikovaná data ze stanic automatizovaného imisního monitoringu (AIM) ČHMÚ a dalších dodavatelů imisních dat [5].



2 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ

2.1 VĚTRNÉ RŮŽICE

Na následujícím Obr. 1 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Hranice konstruovaná z hodinových rychlostí a směrů větru. Růžice naznačuje převažující severozápadní, severní a jižní proudění (cca 25 %). Ostatní směry větru byly méně významné (do 10 %). Vyšší rychlosti větru byly zaznamenány především ze severozápadu. Bezvětří panovalo ve zhruba 0,4 % času měření. Průměrná rychlost větru za celé měřené období byla v lokalitě Hranice zhruba $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



Obr. 1 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, Hranice, rok 2022

2.2 RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU

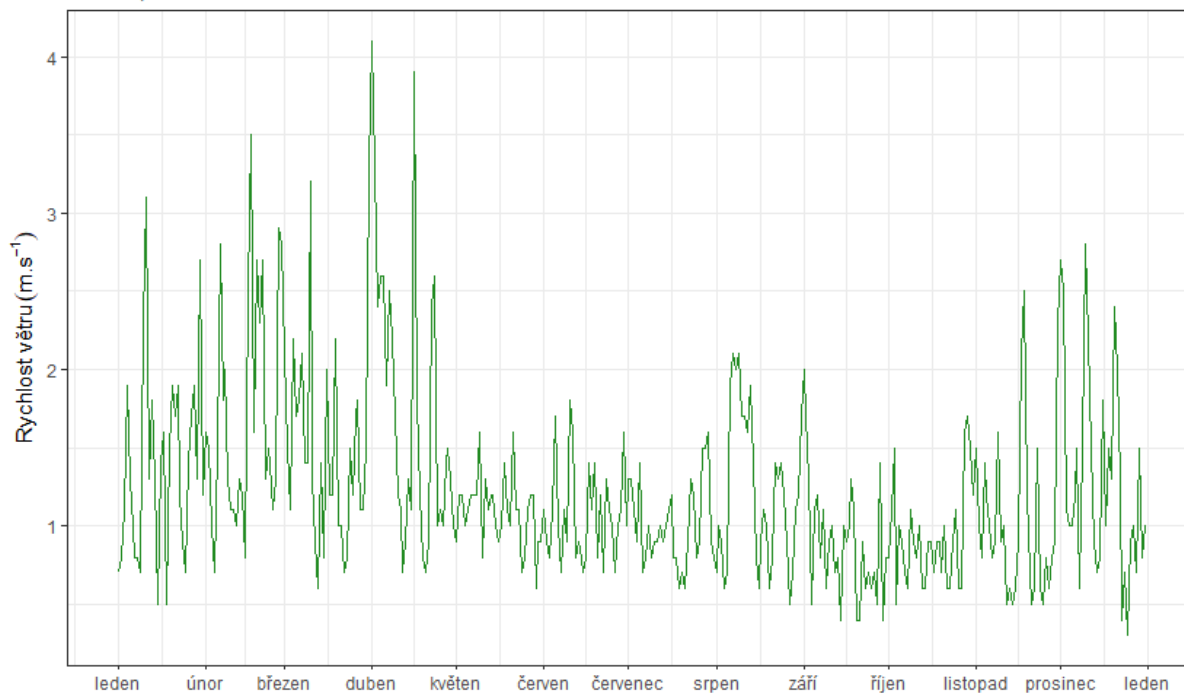
Meteorologické podmínky v chladné části roku vlivem častějších, a především silnějších teplotních inverzí napomáhají horším rozptylovým podmínkám – během teplotní inverze se v atmosféře vytvoří vrstva připomínající pokličku, pod kterou je stabilní atmosféra tzn., že je téměř bezvětří nebo pouze nízké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

Na následujícím Obr. 2 jsou uvedeny průměrné denní rychlosti proudění větru v lokalitě Hranice. Z grafu je patrné, že byly měřeny převážně rychlosti větru zhruba do $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, rychlosti okolo $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ se vyskytovaly výjimečně. Následující Obr. 3 zobrazuje průměrné měsíční hodnoty.



Vývoj průměrných denních rychlostí větru

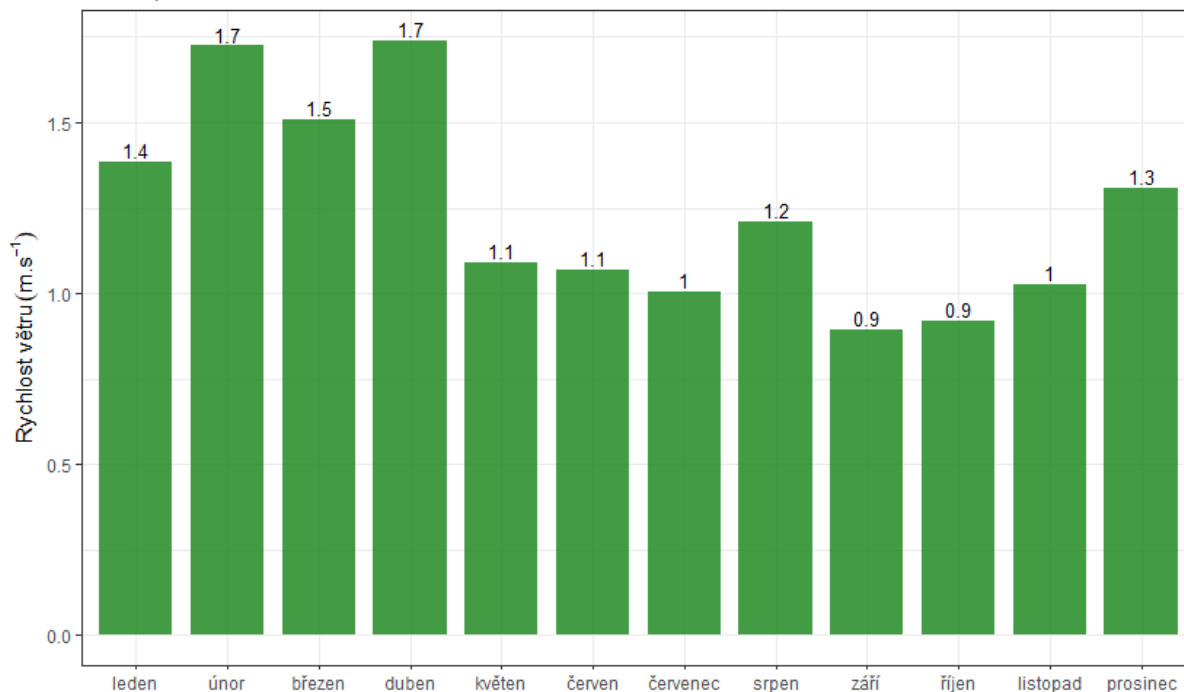
Hranice, rok 2022



Obr. 2 – Průměrné denní rychlosti větru, Hranice, rok 2022

Vývoj průměrných měsíčních rychlostí větru

Hranice, rok 2022



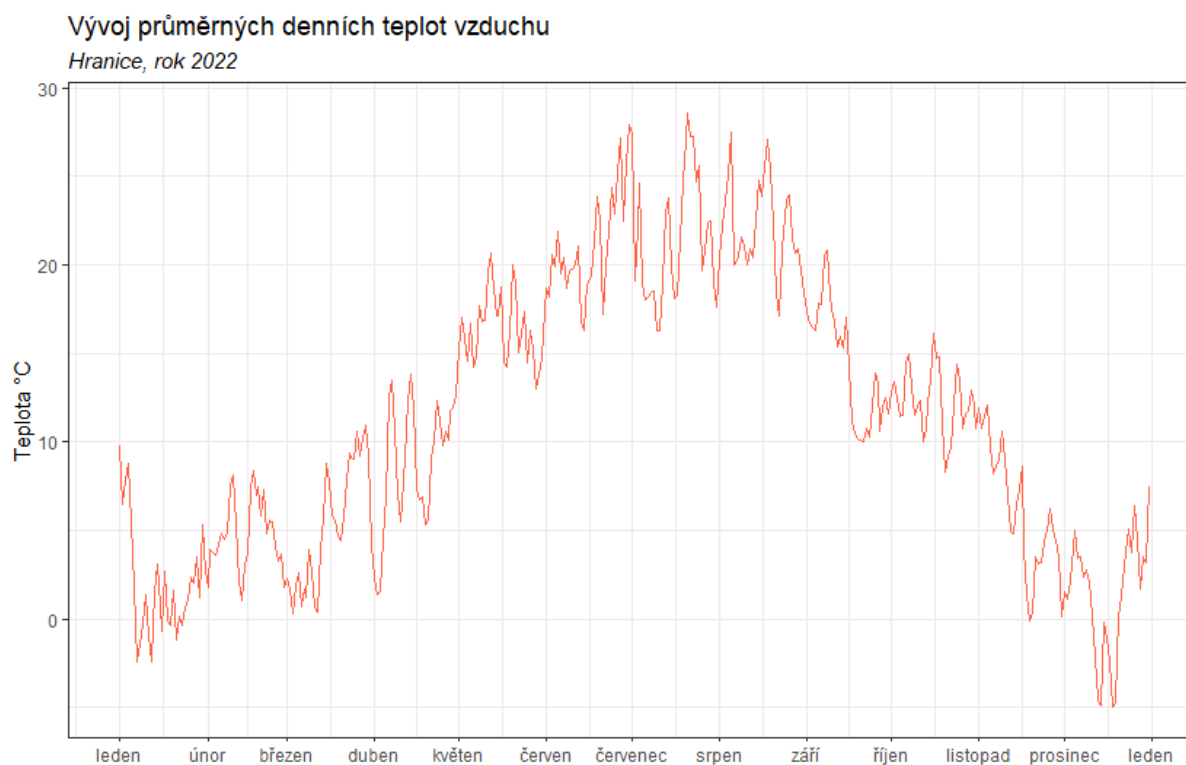
Obr. 3 – Průměrné měsíční rychlosti větru, Hranice, rok 2022



2.3 TEPLOTA VZDUCHU

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

Následující Obr. 4 zobrazuje průměrné denní teploty vzduchu v lokalitě Hranice. Z grafu vyplývá, že maximální hodnoty byly v této lokalitě měřeny v srpnu, minimální teploty pak byly měřeny v prosinci (Obr. 5).

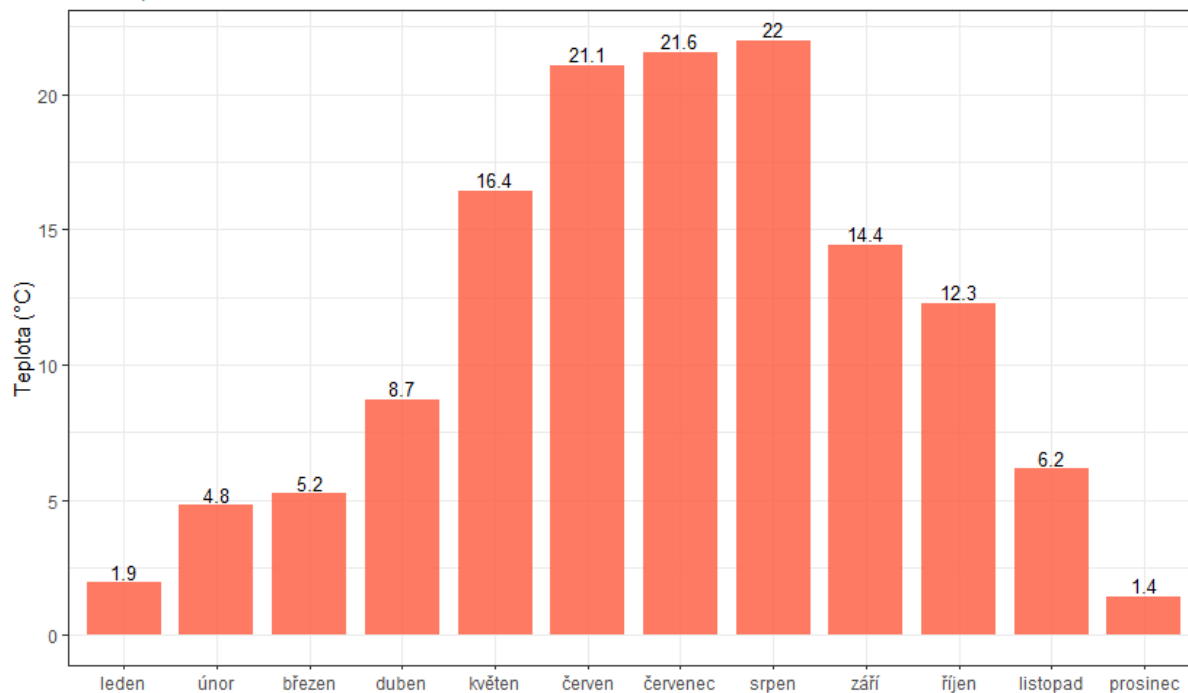


Obr. 4 – Průměrné denní teploty vzduchu, Hranice, rok 2022



Vývoj průměrných měsíčních teplot vzduchu

Hranice, rok 2022



Obr. 5 – Průměrné měsíční teploty, Hranice, rok 2022

2.4 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU

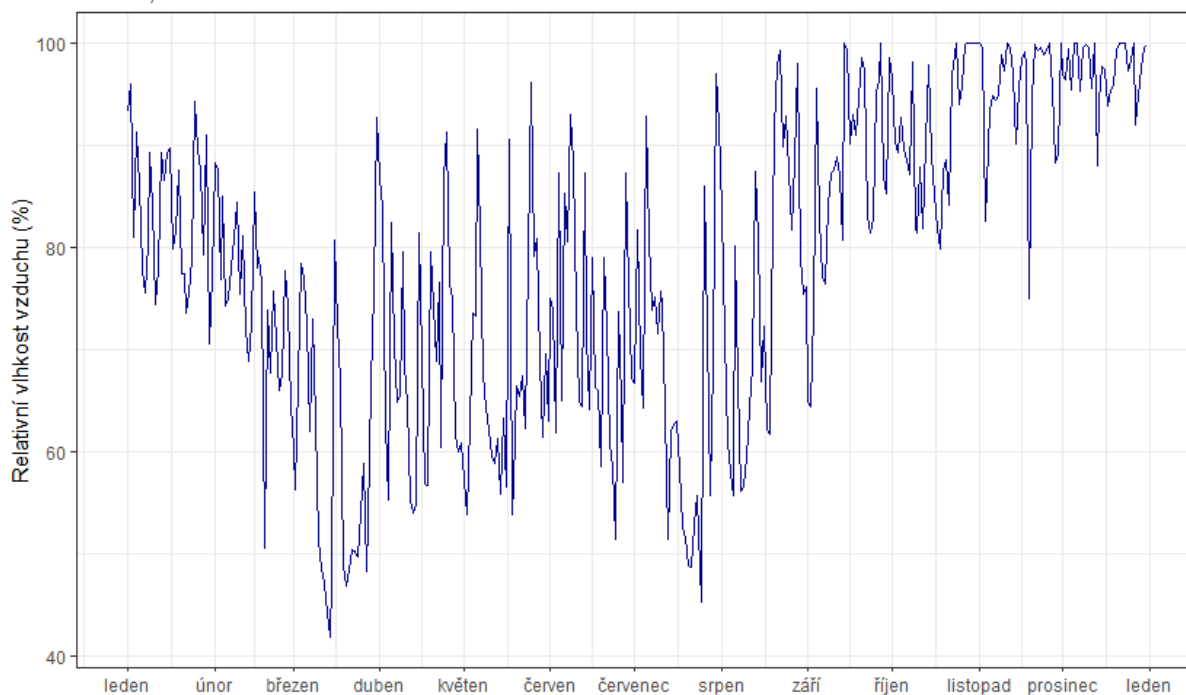
Důležitým faktorem, ovlivňujícím koncentrace a distribuci velikostních frakcí je i relativní vlhkost vzduchu. V dlouhodobém trendu platí, že s rostoucí relativní vlhkostí rostou koncentrace částic v ovzduší, přičemž je více zastoupená jemnější frakce, a naopak s klesající relativní vlhkostí koncentrace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

Následující Obr. 6 zobrazuje průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu v lokalitě Hranice. Z grafu vyplývá, že maximální hodnoty byly v této lokalitě měřeny v chladné části roku, naopak nejnižší hodnoty byly měřeny v březnu a v červenci. Průměrné měsíční hodnoty jsou uvedeny v grafu na Obr. 7



Vývoj relativních denních vlhkostí vzduchu

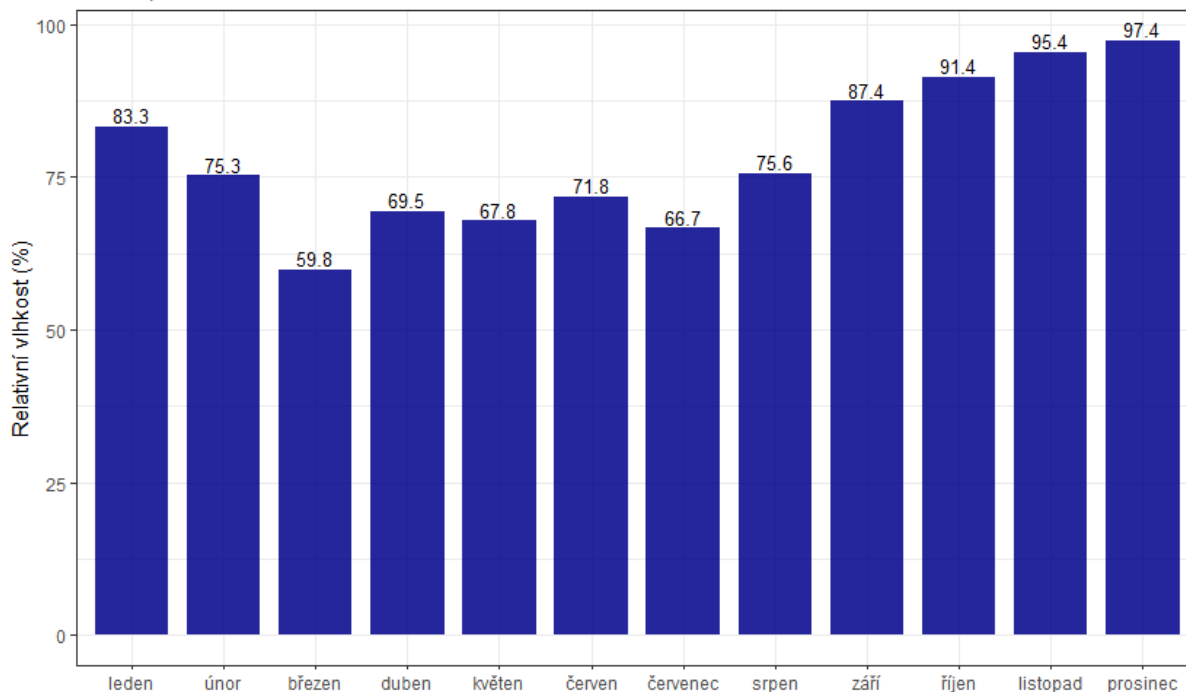
Hranice, rok 2022



Obr. 6 - Průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu, Hranice, rok 2022

Vývoj průměrných měsíčních relativních vlhkostí vzduchu

Hranice, rok 2022



Obr. 7 – Průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu, Hranice, rok 2022



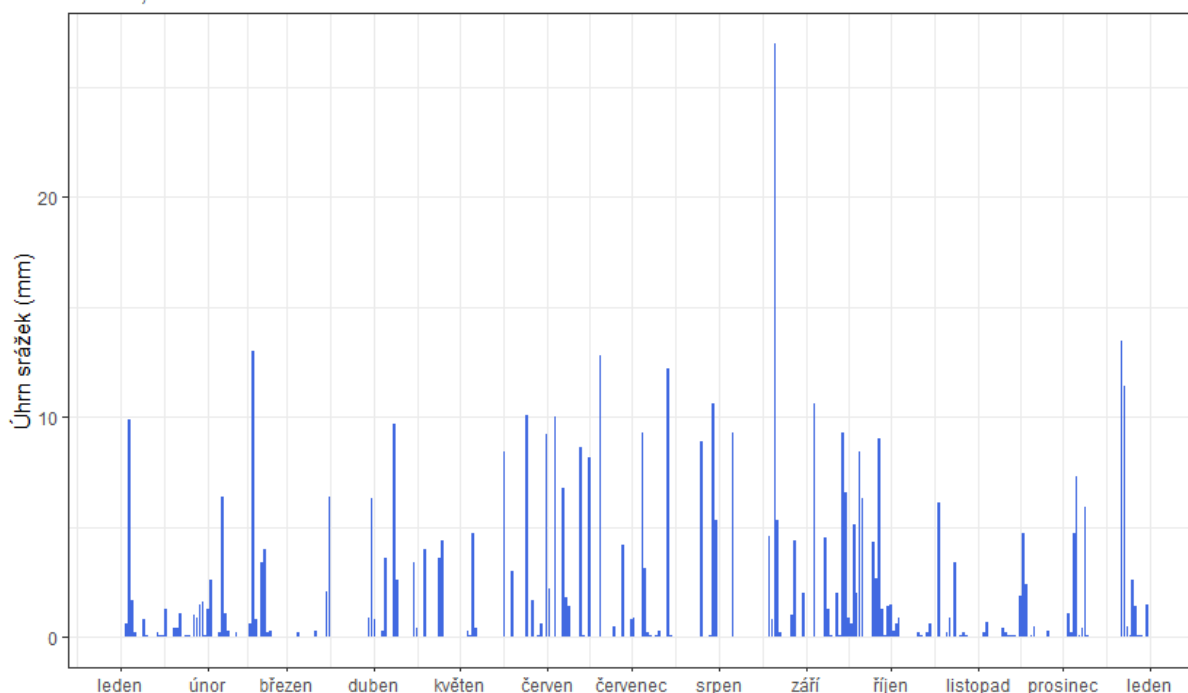
2.5 ÚHRN SRÁŽEK

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 bezsrážková epizoda může v zimě značit delší epizodu s inverzním charakterem počasí, v teplé části roku pak může docházet k vysychání půdy a větrné erozi.

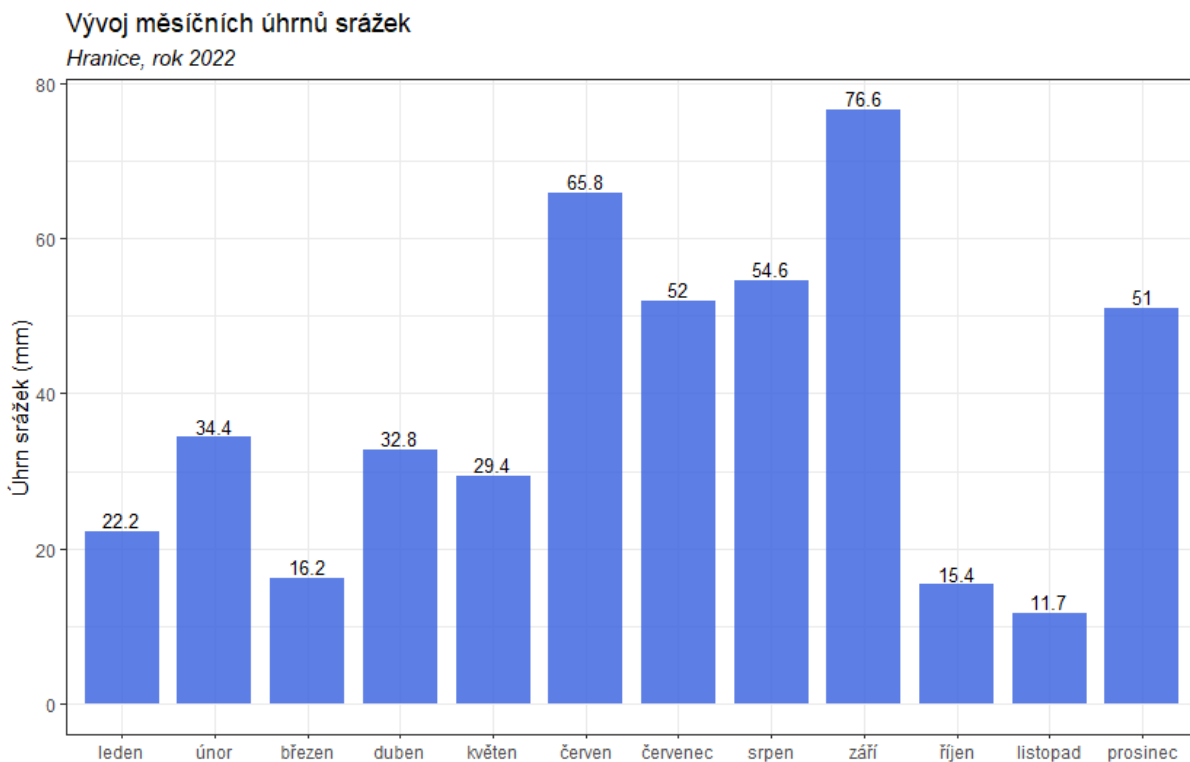
Následující Obr. 8 zobrazuje denní úhrn srážek v lokalitě Hranice. Následující graf na Obr. 9 zobrazuje měsíční úhrny srážek. Nejnižší úhrny srážek se vyskytly v březnu, říjnu a listopadu (do 20 mm). Naopak nejvyšší úhrny srážek byly zaznamenány v září a červnu.

Vývoj denních úhrnů srážek

Hranice, rok 2022



Obr. 8 – Denní úhrn srážek, Hranice, rok 2022

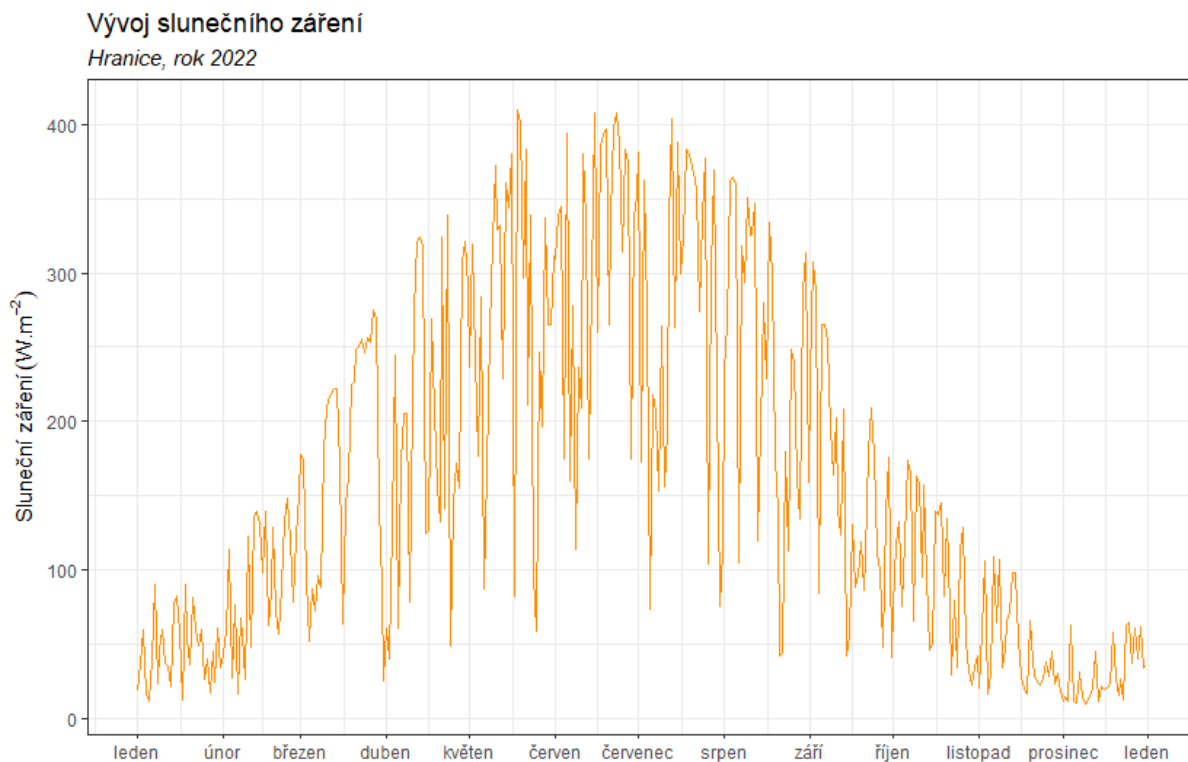


Obr. 9 – Měsíční úhrn srážek, Hranice, rok 2022

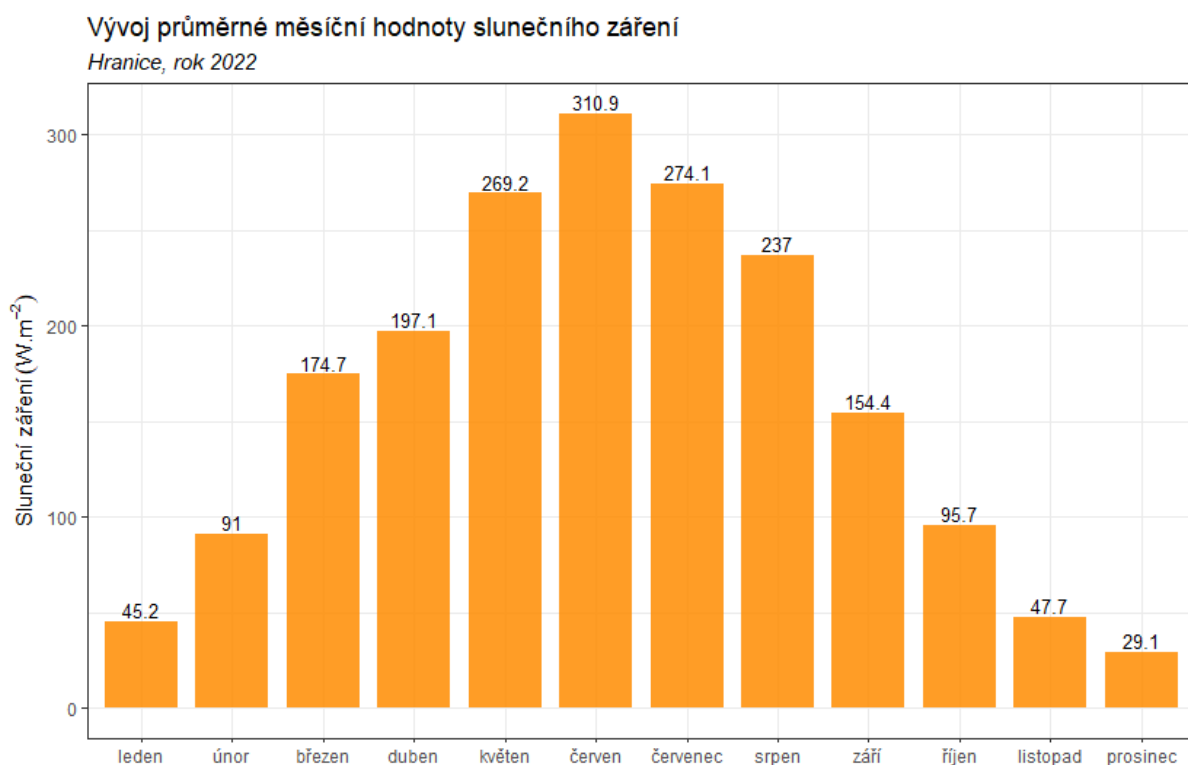
2.6 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

Koncentrace přízemního ozónu velmi výrazně ovlivňuje sluneční záření. Přízemní ozón se tvoří fotochemickou reakcí. Aby reakce vůbec proběhla, nutně vyžaduje sluneční záření. S rostoucím slunečním zářením tedy rostou koncentrace přízemního ozónu, naopak při nižších hodnotách slunečního záření (převážně v zimě) jsou koncentrace přízemního ozónu pouze nízké.

Následující Obr. 10 zobrazuje průměrné denní hodnoty slunečního záření v lokalitě Hranice. Vyšší hodnoty slunečního záření jsou měřeny v letním období. Z průměrných měsíčních hodnot (Obr. 11) lze vyčíst, že slunce nejvíce svítilo v červnu a nejméně v prosinci.



Obr. 10 - Průměrné denní hodnoty slunečního záření, Hranice, rok 2022

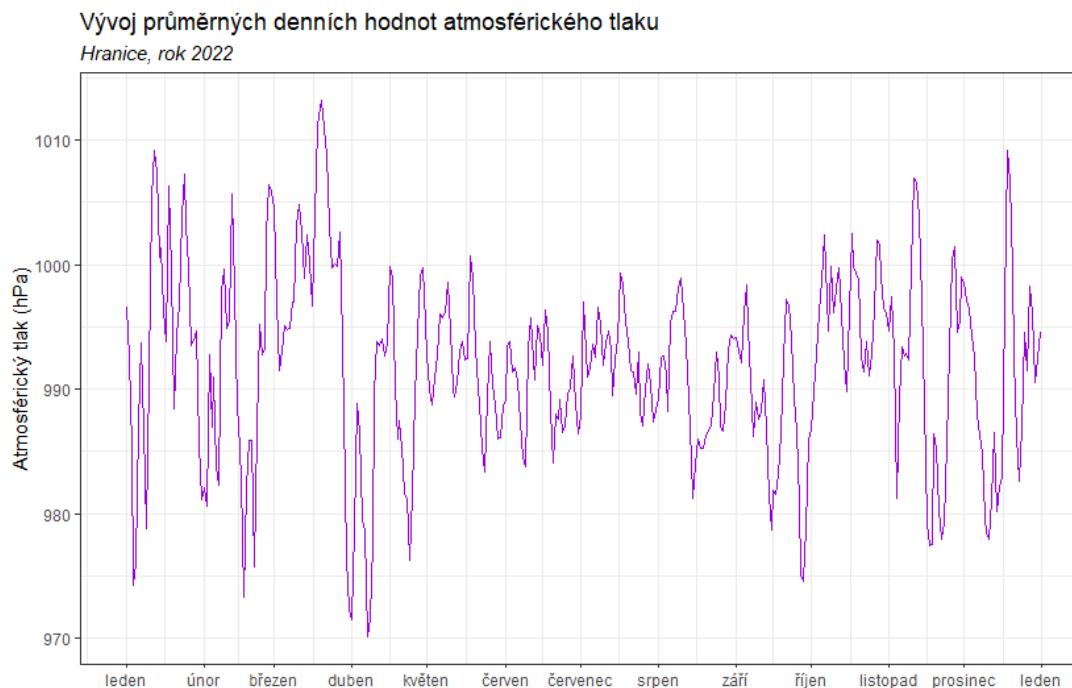


Obr. 11 – Průměrné měsíční hodnoty slunečního záření, Hranice, rok 2022

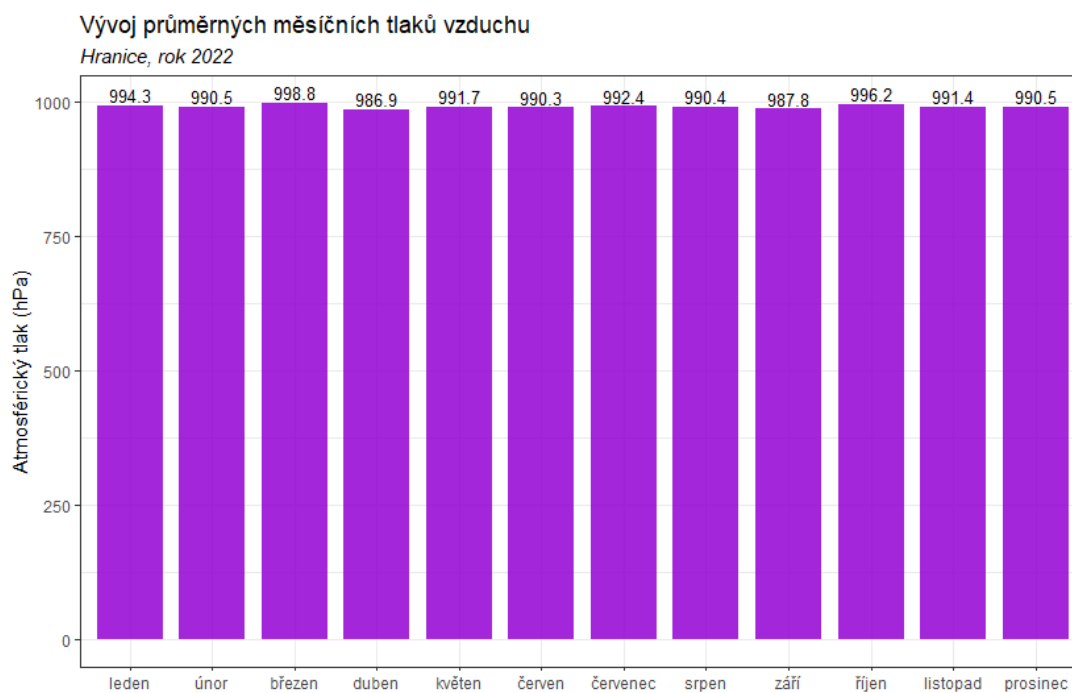


2.7 ATMOSFÉRICKÝ TLAK

Následující Obr. 12 a Obr. 13 zobrazují průměrné denní a měsíční hodnoty atmosférického tlaku v lokalitě Hranice. Hodnoty jsou celoročně poměrně vyrovnané, denní i měsíční maximum bylo zaznamenáno v březnu.



Obr. 12 - Průměrné denní hodnoty atmosférického tlaku, Hranice, rok 2022



Obr. 13 – Průměrné měsíční hodnoty atmosférického tlaku, Hranice, rok 2022

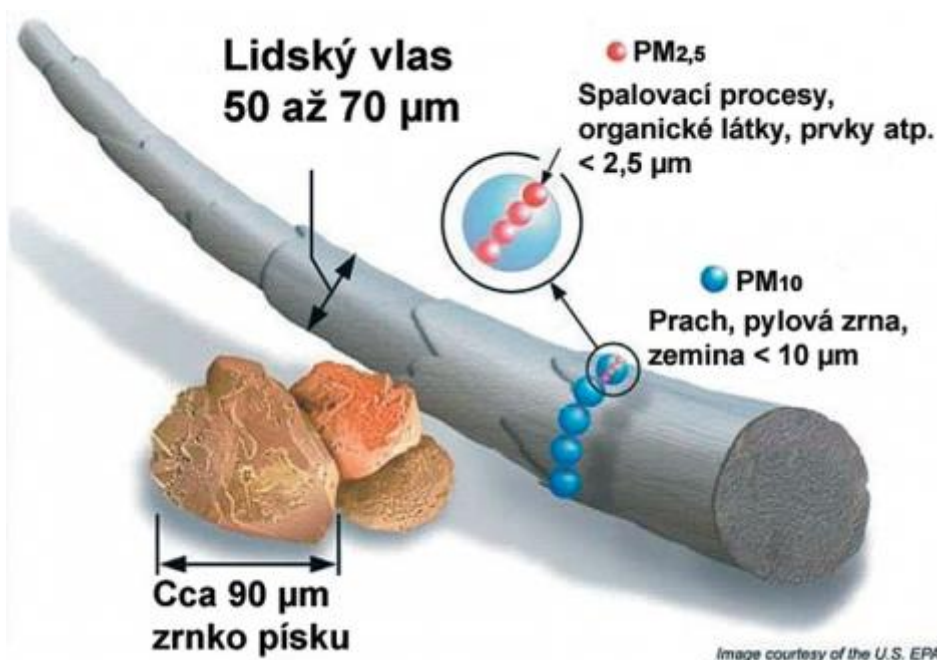


3 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

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

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

Z hlediska platné legislativy [1] jsou v ovzduší sledovány dvě velikostní frakce suspendovaných částic. Jedná se o hrubší frakci 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. 14.



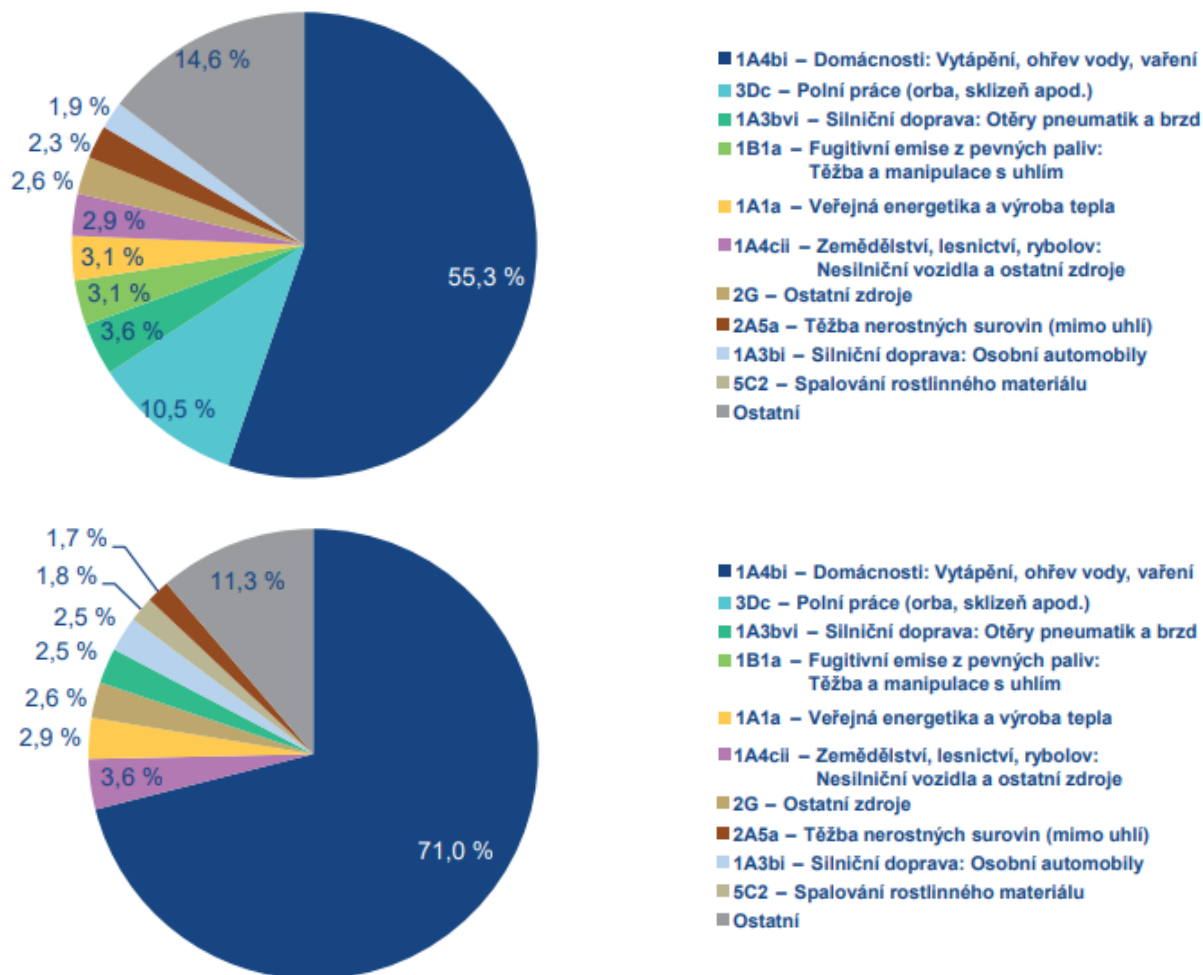
Obr. 14 – Srovnání velikostí částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ s lidským vlasem a zrnkem písku. Zdroj: US EPA

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 2020 patřil sektor 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami PM_{10} 55,3 % a $PM_{2,5}$ 71 %. Mezi další významné zdroje emisí PM_{10} patřil sektor 3Dc – Polní práce, kde tyto emise



vznikají při zpracování půdy, sklizni a čištění zemědělských plodin. Tento sektor představoval 10,5 % emisí PM_{10} . Z hlediska účinku na lidské zdraví jsou velkým rizikem emise částic pocházející z dopravy, především ze spalování paliv ve vznětových motorech, které produkují částice o velikosti jednotek až stovek nanometrů [6]. Mobilní zdroje se na emisích PM_{10} v roce 2020 podílely 11,7 % a na emisích $PM_{2,5}$ 11,8 % [7].



Obr. 15 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM_{10} (nahoře) a $PM_{2,5}$ (dole) v ČR, rok 2020 [7]

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



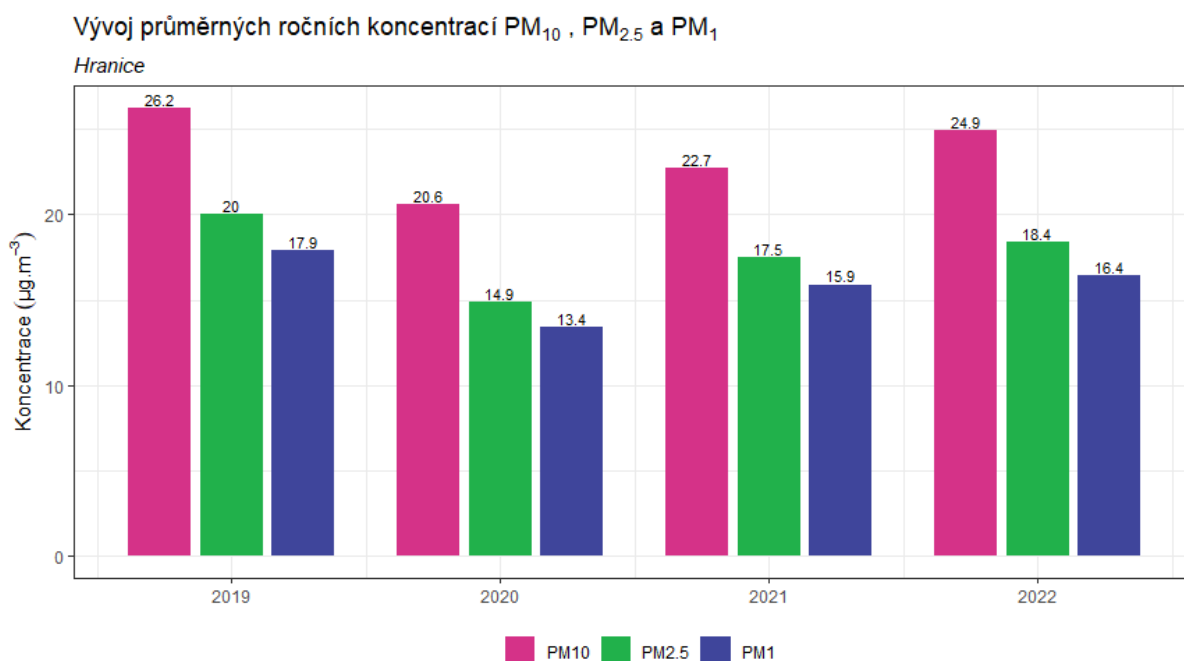
a navýšení úmrtnosti, mají jemné a ultra jemné částice s velikostí aerodynamického průměru pod 1 μm [8], [9].

3.1.1 Průměrné roční koncentrace

Průměrná roční koncentrace PM_{10} činila v roce 2022 v lokalitě Hranice 24,9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Imisní limit tedy překročen nebyl. Průměrná roční koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ činila v roce 2022 v lokalitě Hranice 18,4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Imisní limit tedy překročen nebyl.

Průměrná roční koncentrace PM_1 činila v roce 2022 v lokalitě Hranice 16,4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Následující Obr. 16 zobrazuje průměrné roční koncentrace PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Hranice. Z grafu je patrné, že proti roku 2021 došlo ve všech sledovaných frakcích prašnosti k mírnému nárůstu průměrných ročních koncentrací, avšak hodnoty jsou nižší než v roce 2019.



Obr. 16 – Průměrné roční koncentrace PM, lokalita Hranice

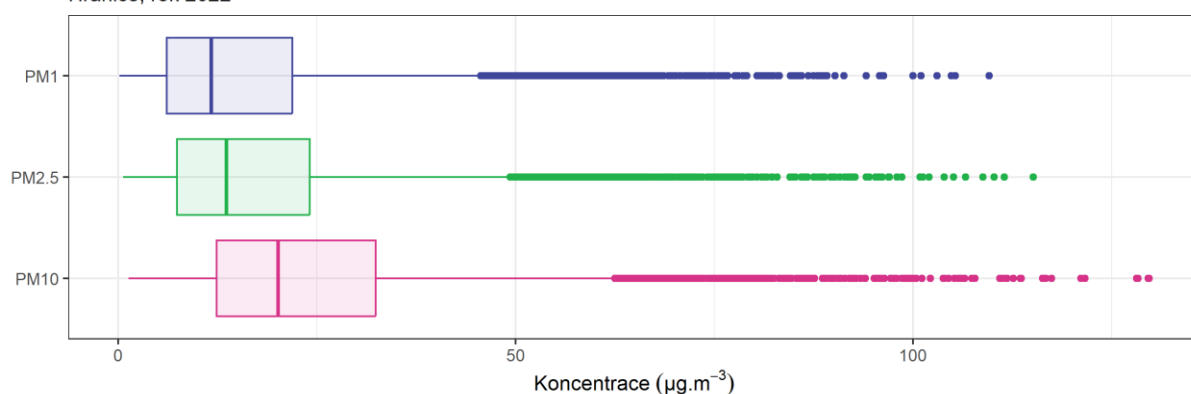
Následující Tab. 2 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé frakce PM. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2022 pak zobrazuje Obr. 17.



Tab. 2 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Hranice, rok 2022

STATISTIKA	PM10	PM25	PM1
PRŮMĚR	24,9	18,4	16,4
MAXIMUM	129,7	115,1	109,6
MEDIÁN	20,1	13,6	11,7
MINIMUM	1,3	0,6	0,2

Statistické zpracování hodinových koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1
Hranice, rok 2022



Obr. 17 – Statistické zpracování hodinových koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Hranice, rok 2022

3.1.2 Průměrné měsíční koncentrace

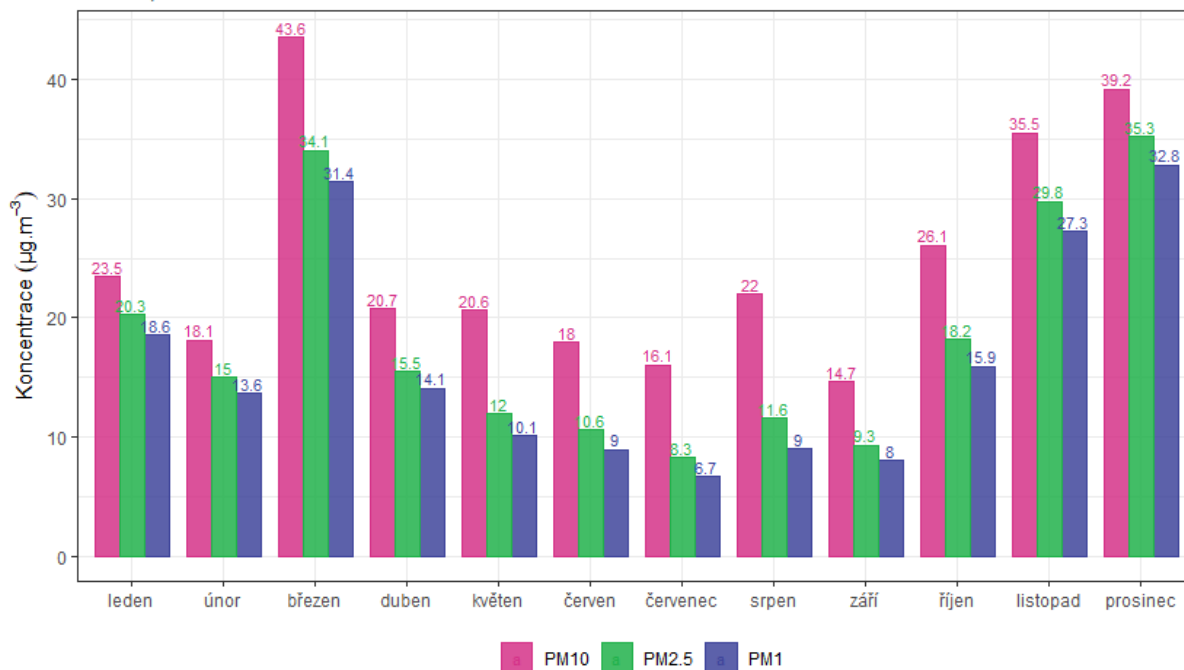
Na Obr. 18 jsou průměrné měsíční koncentrace PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 . Z obrázku je patrné, že v teplé části roku jsou koncentrace nižší, naopak v chladné části roku jsou měřeny vyšší koncentrace. Nejvyšší průměrná měsíční koncentrace PM_{10} byla naměřena v březnu a dále pak v prosinci. Rovněž je patrné, že o prázdninách mírně vzrostly koncentrace PM, zejména pak hrubší frakce PM_{10} , což může být důsledek víření prašnosti včetně větrné eroze.

Průměrné měsíční zastoupení jemnějších frakcí v PM_{10} zobrazuje Obr. 19. Z něj je patrné, že v chladné části roku je jemnější a nebezpečnější frakce zastoupena podstatně více (až 90 %), než v létě.



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

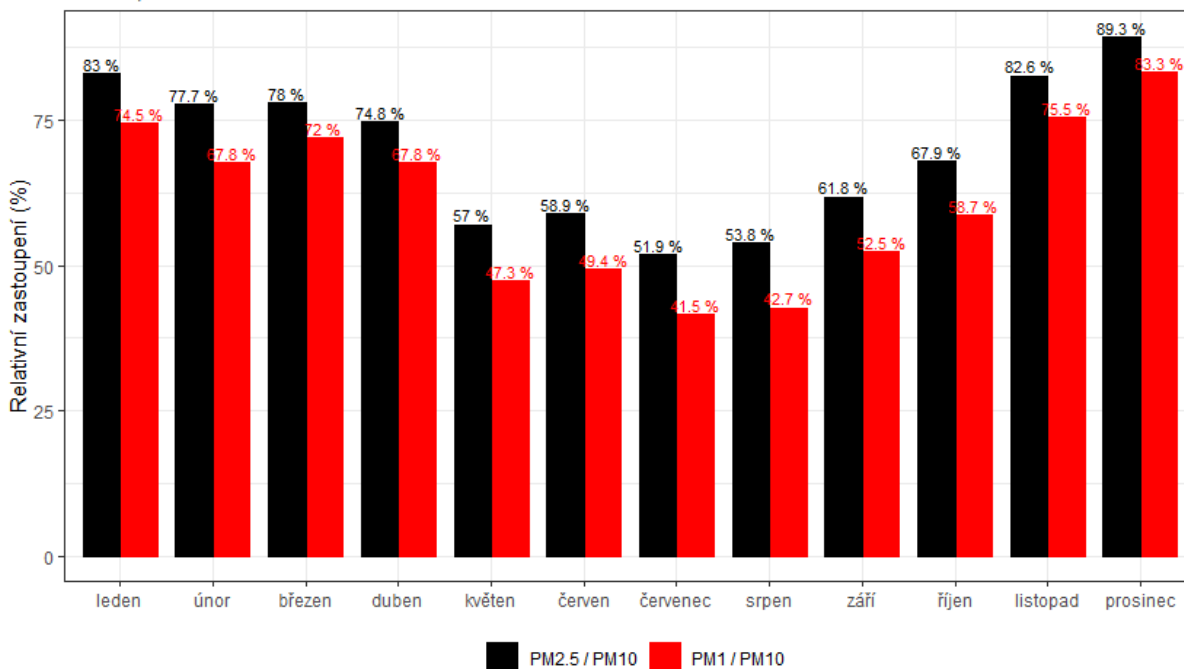
Hranice, rok 2022



Obr. 18 - Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁, Hranice, rok 2022

Průměrné měsíční relativní zastoupení PM_{2.5} v PM₁₀ a PM₁ v PM₁₀

Hranice, rok 2022



Obr. 19 – Průměrné měsíční zastoupení PM_{2,5} v PM₁₀ a PM₁ v PM₁₀, lokalita Hranice, rok 2022

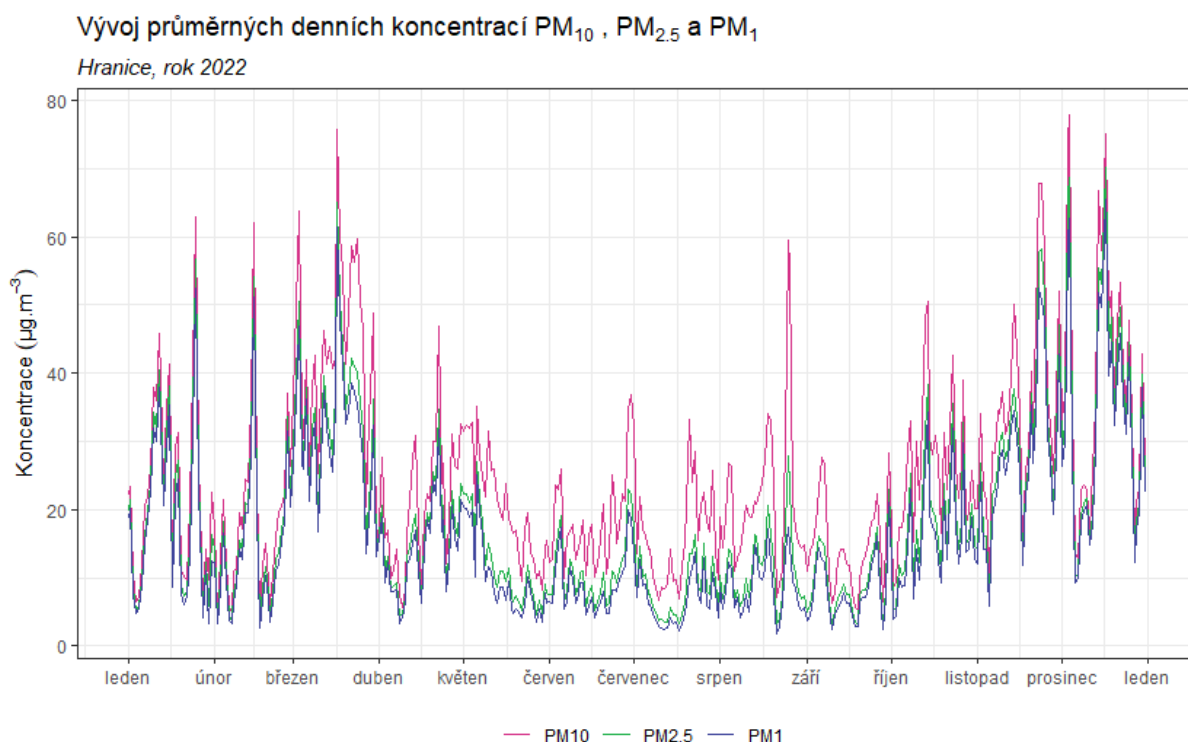


3.1.3 Průměrné denní koncentrace PM

Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁ v lokalitě Hranice zobrazuje následující Obr. 20. Z grafu je patrné, že koncentrace jemnějších frakcí PM_{2,5} a PM₁ do značné míry kopírují hrubší frakci PM₁₀ a z velmi velké části tak PM₁₀ tvoří.

Průměrné denní koncentrace vyšší, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ (50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) se vyskytují především v chladné části. V měsících květen–září, kdy nejsou v provozu lokální topeniště a jsou příznivější rozptylové podmínky, jsou koncentrace všech frakcí PM nízké a k překračování hodnoty limitu až na výjimky nedochází. Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu v jednotlivých měsících zobrazuje následující Obr. 21. Nejvíce překročení bylo zaznamenáno v březnu a v prosinci. Za rok 2022 došlo souhrnně k 25 překročením hodnoty imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀, imisní limit tedy překročen nebyl (zákon umožňuje za kalendářní rok 35 překročení této hodnoty). Dny s překročením jsou vyznačeny na Obr. 23.

Vývoj charakteristik, vztahujících se k dennímu imisnímu limitu pro PM₁₀ (36. nejvyšší koncentrace PM₁₀ za kalendářní rok a počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu) zobrazuje Obr. 22. Obě charakteristiky proti roku 2021 mírně stouply, avšak proti roku 2019 jsou nižší.

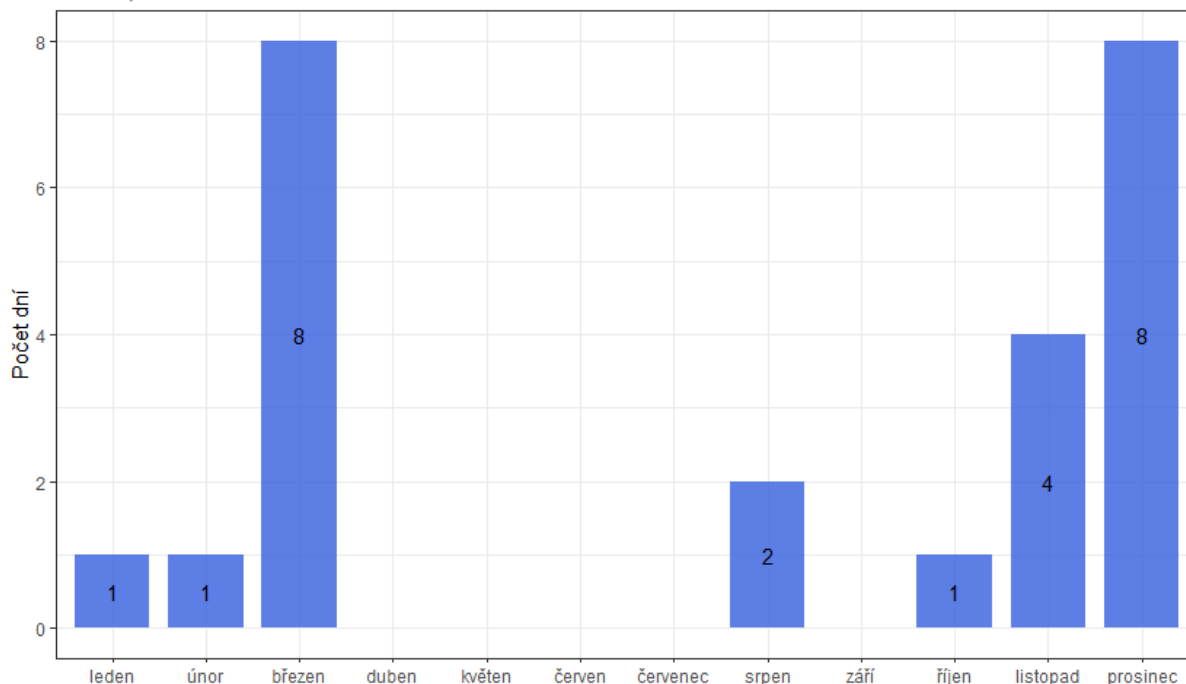


Obr. 20 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁, Hranice, rok 2022



Počet dní s překročením denního imisního limitu PM₁₀ v jednotlivých měsících

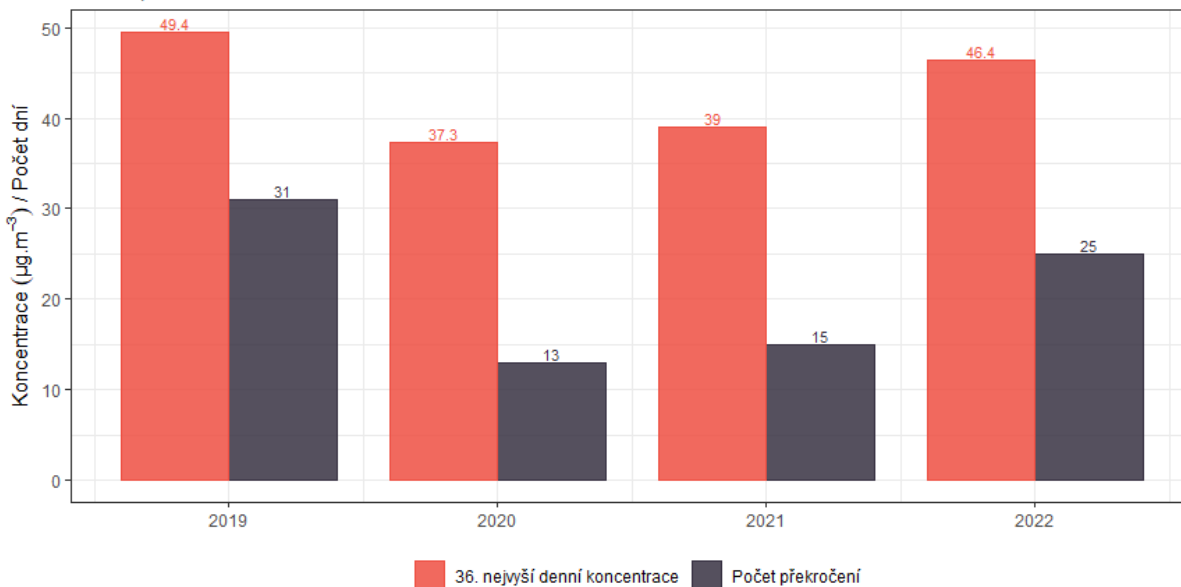
Hranice, rok 2022



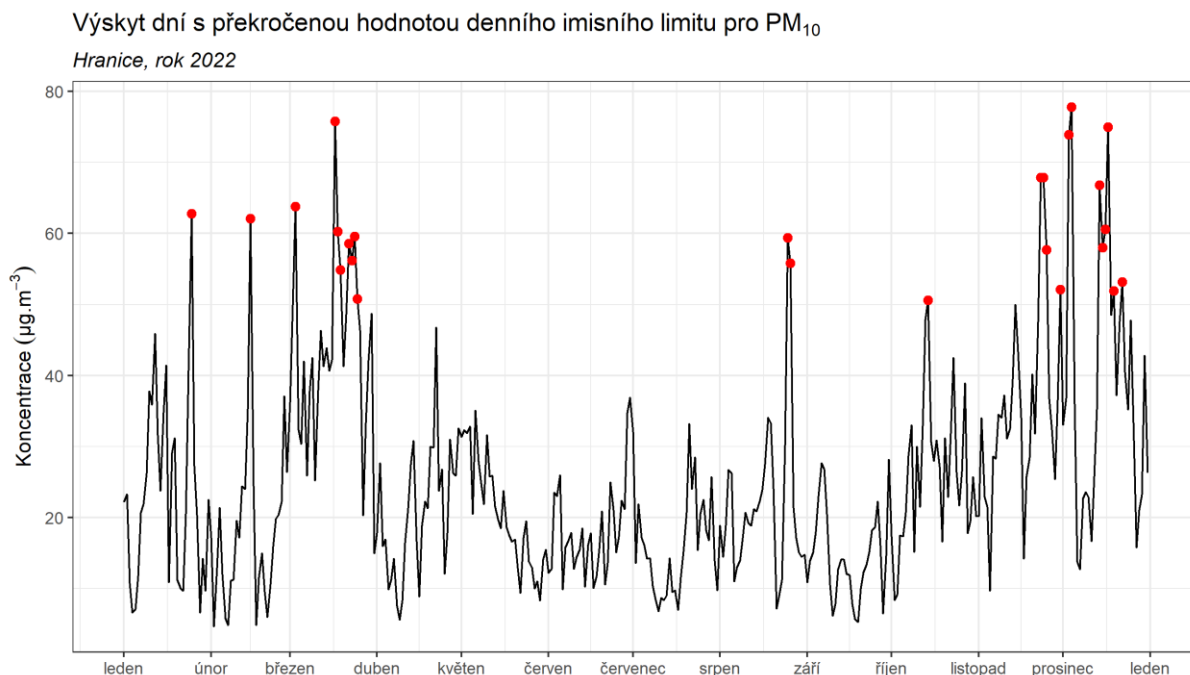
Obr. 21 – Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ v jednotlivých měsících, Hranice

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

Hranice, rok 2022



Obr. 22 – Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM₁₀ a počtu dní s překročením hodnoty imisního limitu pro denní koncentraci PM₁₀, lokalita Hranice



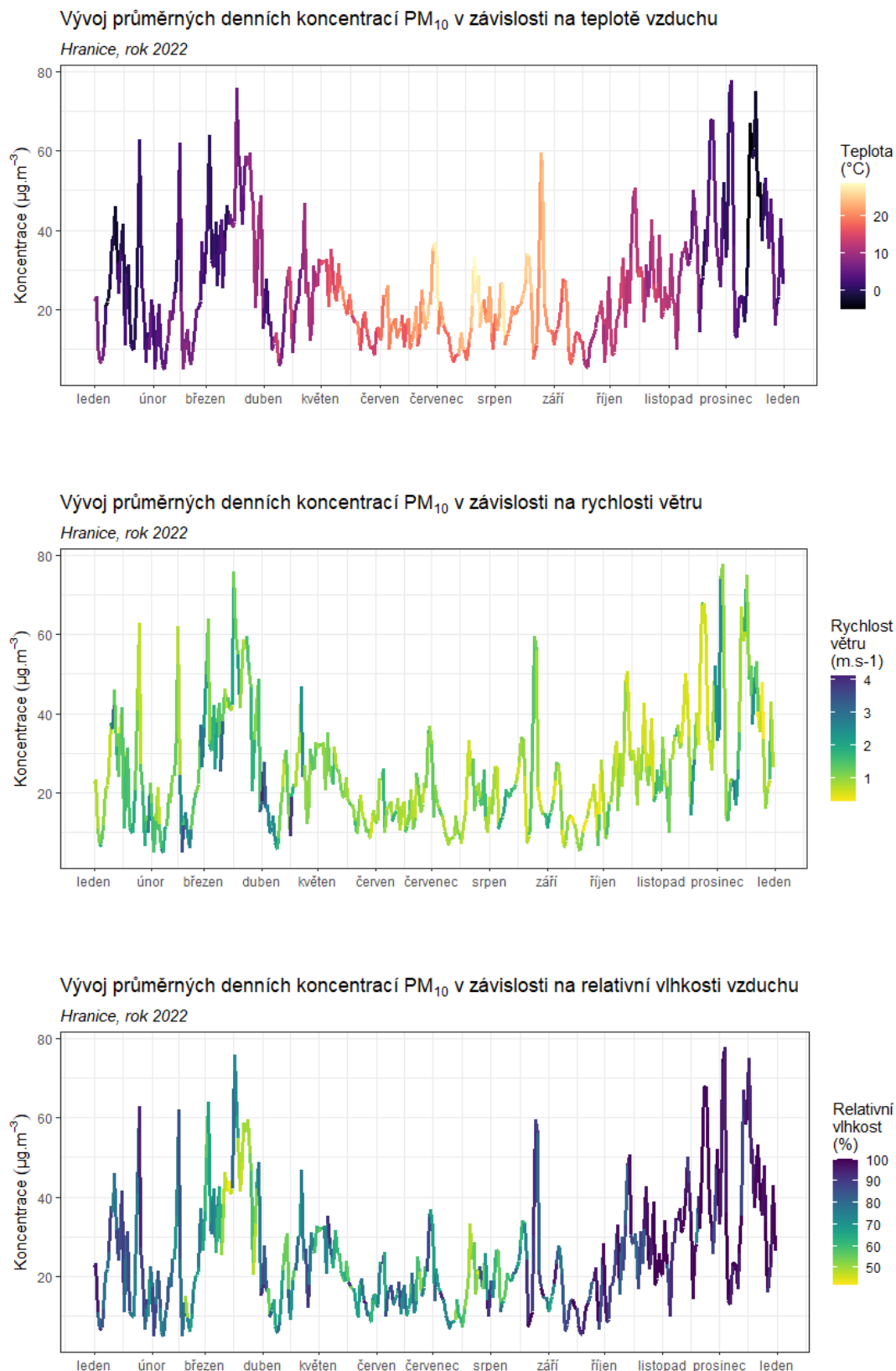
Obr. 23 – Výskyt dní s překročenou hodnotou denního imisního limitu pro PM₁₀, lokalita Hranice, rok 2022

Vzhledem k tomu, že jsou trend a z velké části i hodnoty PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁ téměř totožné (Obr. 20), bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro PM₁₀, avšak totéž platí i pro jemnější frakce.

Na Obr. 24 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací PM₁₀, zbarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost.

Z grafů je pak patrné, že vyšší koncentrace PM₁₀ jsou měřeny při nízkých teplotách a nízkých rychlostech větru. To jsou podmínky charakteristické pro teplotní inverzi. Nízké teploty se dále promítnou do potřeby více topit, takže se i zvyšují emise z lokálních topenišť – v chladné části roku nejvýznamnější zdroj prašnosti. Nízké rychlosti větru pak zabraňují dostatečnému rozptýlu škodlivin a koncentrace se tak neustále zvyšují.

V případě března, kdy byly měřeny nejvyšší koncentrace PM a došlo k nejvíce překročením hodnoty denního imisního limitu pro PM₁₀ měly meteorologické podmínky zřejmě významný vliv. Ze začátku měsíce došlo k propadu teplot až k bodu mrazu, průměrná měsíční teplota se téměř neliší od února. Z grafu rychlosti větru je patrné, že při nejvyšších koncentracích panovaly spíše nízké rychlosti větru až bezvětří. V druhé polovině měsíce března je patrný rovněž významný pokles relativní vlhkosti vzduchu, který zapříčinil nejnižší průměrnou vlhkost v průměru mezi měsíci (Obr. 7). To může naznačovat vpád suchého kontinentálního vzduchu (ze severovýchodu, viz. Obr. 30), který v sobě mohl nést i znečištění. Suchý vzduch beze srážek ve spojení s nižšími teplotami a nízkými rychlostmi větru s tak mohl podepsat na vyšších koncentracích škodlivin v ovzduší.



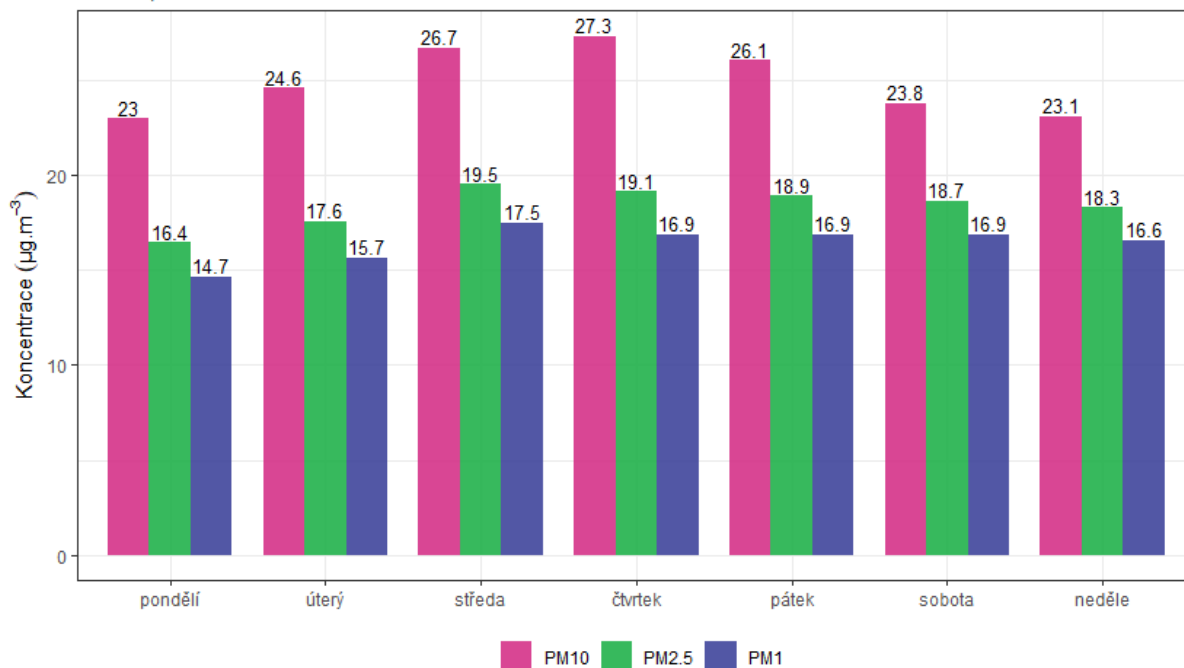
Obr. 24 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace PM₁₀, Hranice, rok 2022



Z hlediska týdenního chodu průměrných denních koncentrací PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁ (Obr. 25) je nejhorším dnem čtvrtek. Naopak nejnižší koncentrace jsou měřeny v pondělí.

Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁

Hranice, rok 2022



Obr. 25 – Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM₁₀, Hranice, rok 2022

3.1.4 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

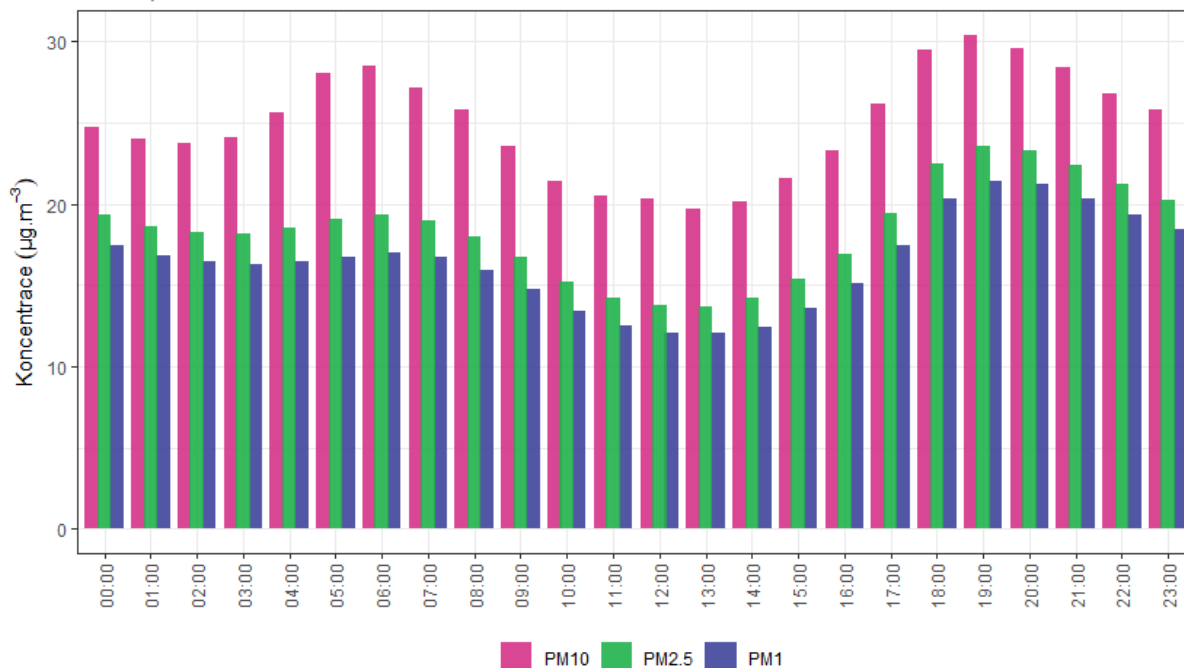
Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací PM₁₀ (a v podstatě také PM_{2,5} a PM₁) v lokalitě Hranice. Denní chod koncentrací PM₁₀ zobrazuje Obr. 26.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací PM₁₀ jsou dosahovány ve večerních a nočních hodinách a dále v ranních hodinách v době ranní špičky. Vysoké koncentrace ve večerních hodinách jsou pravděpodobně důsledek návratu lidí z práce a zatopení v lokálních topeništích, které plošně navýší hodnoty koncentrací prašnosti v celém území. Nárůst začíná kolem 15. hodiny a zůstává zvýšený zhruba do 19. hodiny UTC. Během ranní špičky je zastoupení jemnější a nebezpečnější frakce v PM₁₀ nižší, než během večerních a nočních hodin.



Průměrný denní chod hodinových koncentrací PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁

Hranice, rok 2022

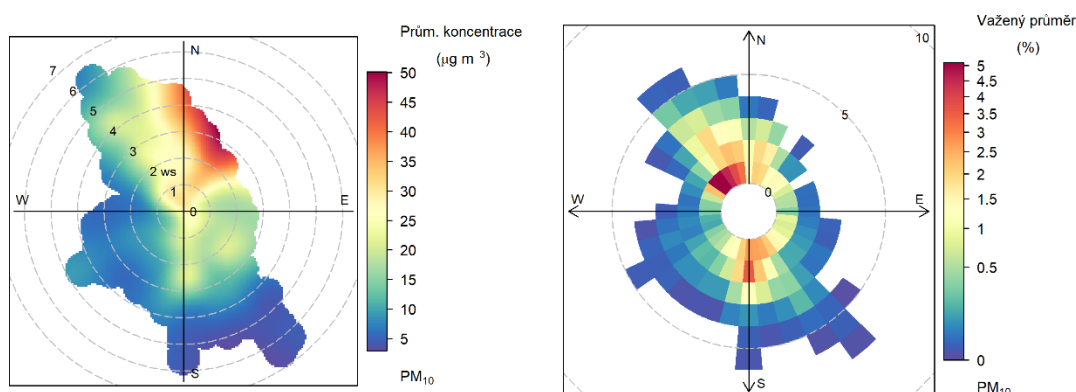


Obr. 26 – Denní chod hodinových koncentrací PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁, Hranice, rok 2022

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

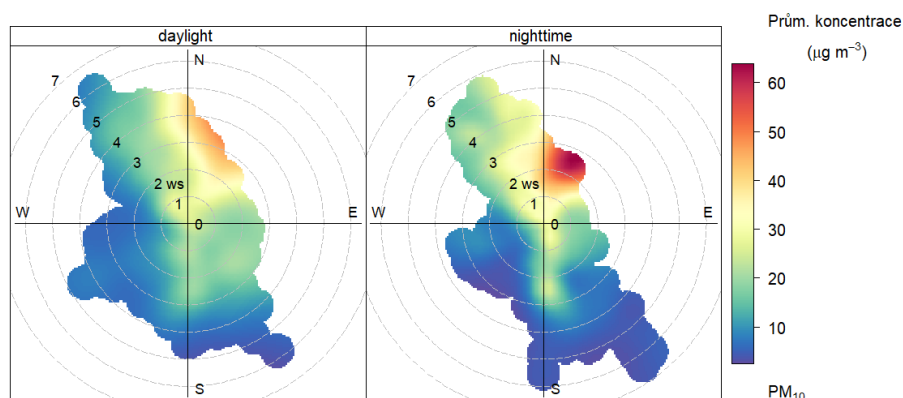
Základní koncentrační růžice tak ukazuje, při jakých rychlostech a směrech větru jsou v průměru dosahovány (nejvyšší) koncentrace. Vážená koncentrační růžice pak vypočte vážený průměr (tzn. že je vzata v úvahu také četnost výskytu), a dává tak informaci, jakým procentem se jednotlivé směry větru podílí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

Následující Obr. 27 zobrazuje tyto dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Hranice.



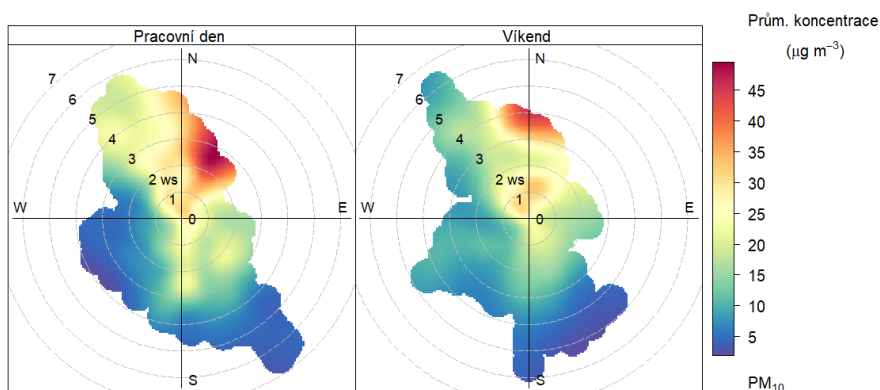
Obr. 27 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro PM₁₀, Hranice, rok 2022

Z Obr. 27 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při severním až severovýchodním proudění větru. Co se týče relativního příspěvku k měřeným koncentracím, převládají severní až severozápadní a jižní směry větru a nízké rychlosti větru. Na následujícím Obr. 28 je koncentrační růžice rozdělena na den a noc. Vyšší koncentrace PM₁₀ jsou měřeny zejména v nočních hodinách, avšak i přes den jsou koncentrace ze severu až severovýchodu zvýšené.



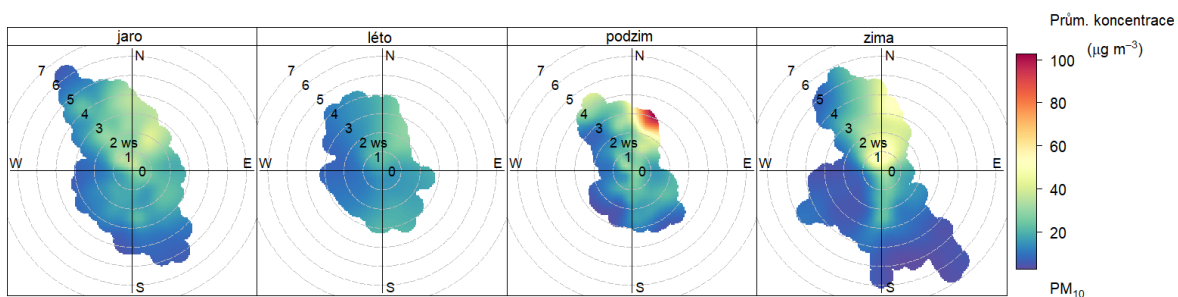
Obr. 28 – Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Hranice, rok 2022

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkend. Jak ukazuje následující Obr. 29, vyšší koncentrace jsou měřeny v pracovní dny převážně ze severovýchodu, o víkendech jsou koncentrace vyšší zejména při vyšších rychlostech větru a proudění ze severu.



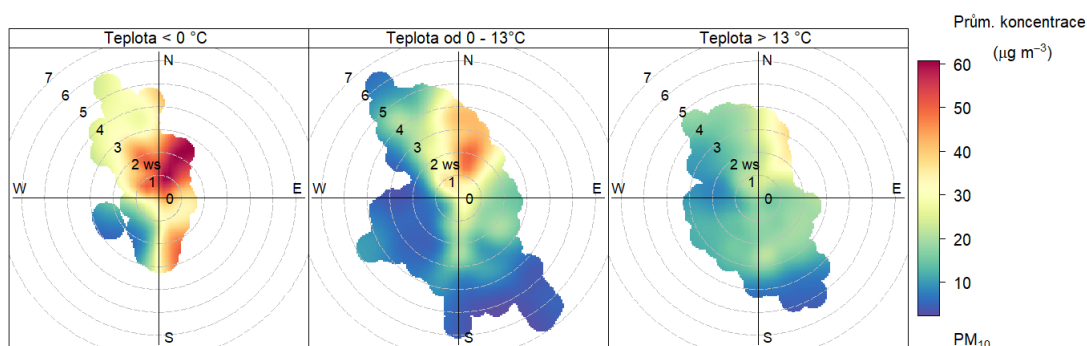
Obr. 29 – Koncentrační růžice v pracovní dny a o víkendu, Hranice, rok 2022

Následující Obr. 30 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Vysoké koncentrace se vyskytují téměř výhradně na podzim, v zimě a na jaře jsou zvýšené.



Obr. 30 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Hranice, rok 2022

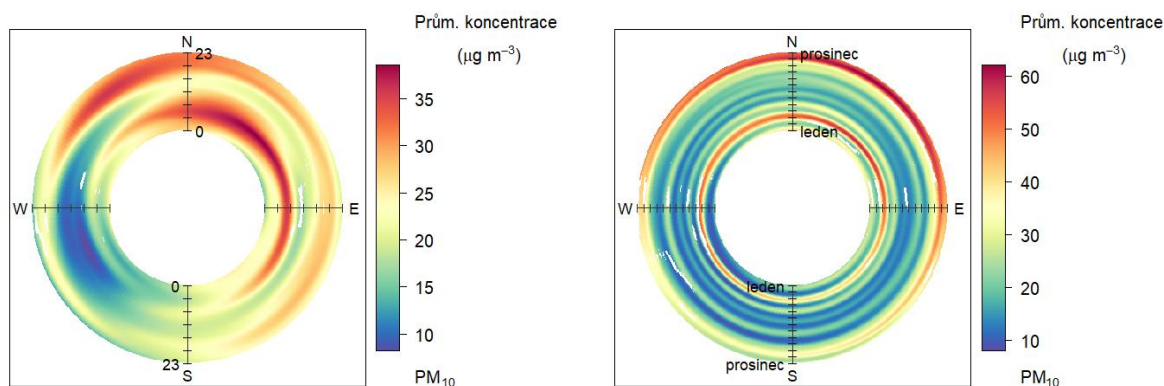
Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 31 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou takřka výhradně měřeny při teplotách vzduchu nižších než 0 °C. Při vyšších teplotách jsou již pouze mírně zvýšené, zejména při severním až severovýchodním proudění.



Obr. 31 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Hranice, rok 2022



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



Obr. 32 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Hranice, rok 2022

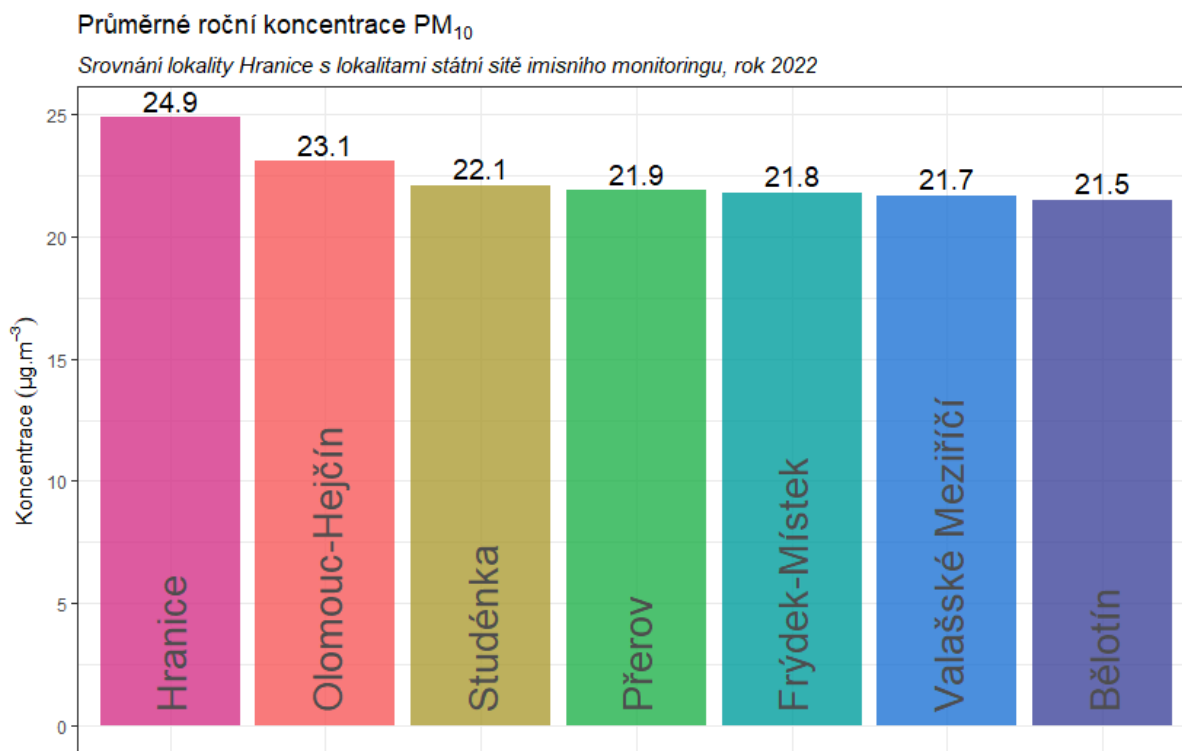
Z Obr. 32 pak vyplývá, že v případě lokality Hranice v roce 2022 byly nejvyšší koncentrace PM_{10} měřeny ve večerních a nočních hodinách, a to zejména při proudění ze severu až severozápadu a dále v ranních a dopoledních hodinách při proudění ze severovýchodu. V případě ročního chodu jsou významné zejména zimní měsíce, v roce 2022 pak dominoval zejména konec roku a severní až severovýchodní směry větru.

3.1.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

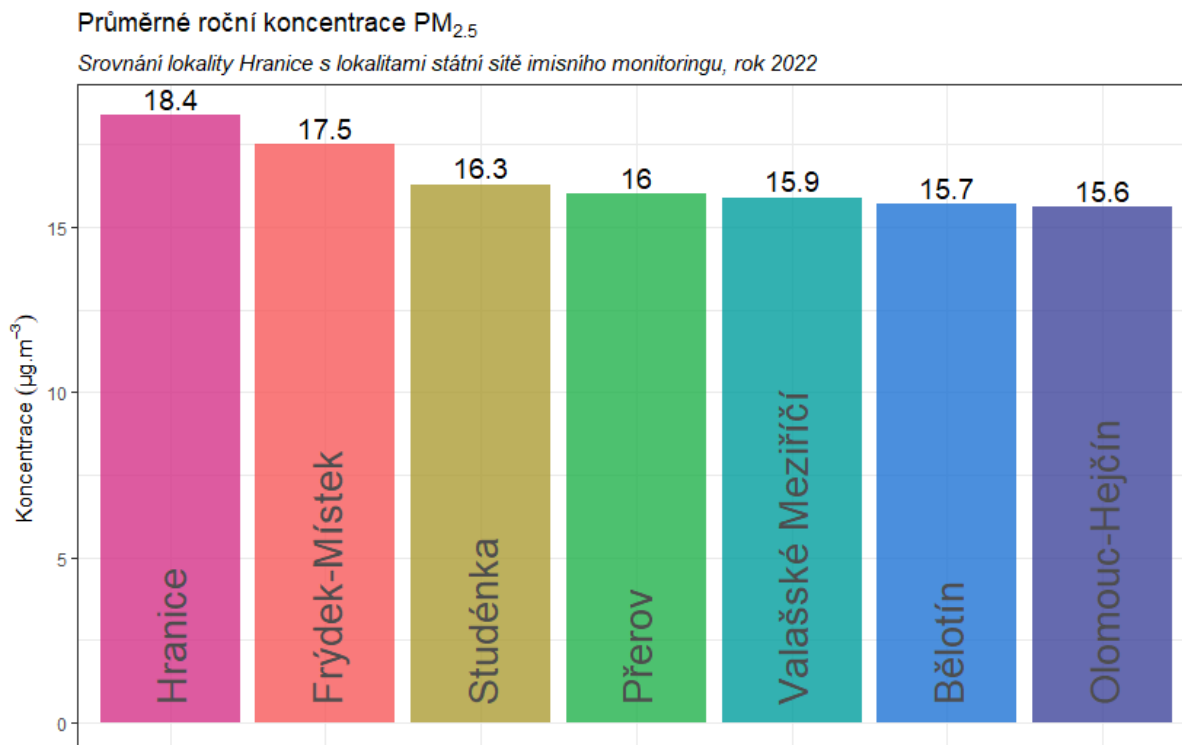
V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Hranice, srovnány s hodnotami naměřenými ve státní síti imisního monitoringu Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

Na následujícím Obr. 33 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace částic PM_{10} na vybraných lokalitách státní sítě imisního monitoringu v roce 2022 a srovnány s lokalitou Hranice. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Hranice jsou měřeny nejvyšší koncentrace PM_{10} , rozdíly proti ostatním lokalitám však nejsou příliš velké. Nejnižší hodnotu naměřila lokalita Běloutín. Žádná z uvedených lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{10} .

Na následujícím grafu na Obr. 34 jsou obdobně zobrazeny hodnoty průměrných ročních koncentrací $PM_{2,5}$ na vybraných lokalitách státní sítě imisního monitoringu. Z grafu je patrné, že lokalita Hranice dosahuje opět nejvyšších hodnot a že koncentrace na všech lokalitách jsou poměrně vyrovnané. Žádná z lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci $PM_{2,5}$.



Obr. 33 – Srovnání průměrné roční koncentrace PM₁₀ lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022

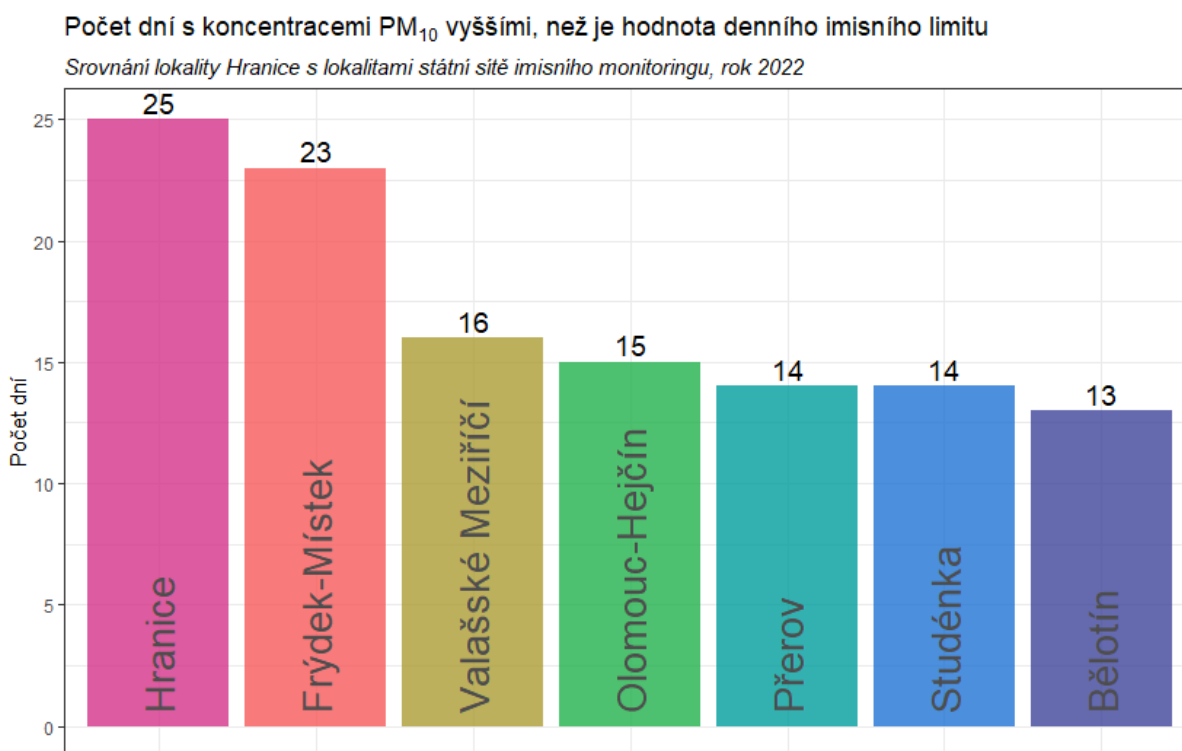


Obr. 34 – Srovnání průměrné roční koncentrace PM_{2,5} lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022



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

Z grafu je patrné, že k překročení imisního limitu na žádné z vybraných lokalit nedošlo. Lokalita Hranice naměřila v roce 2022 pouze 25 překročení, což bylo nejvíce ze sledovaných lokalit.



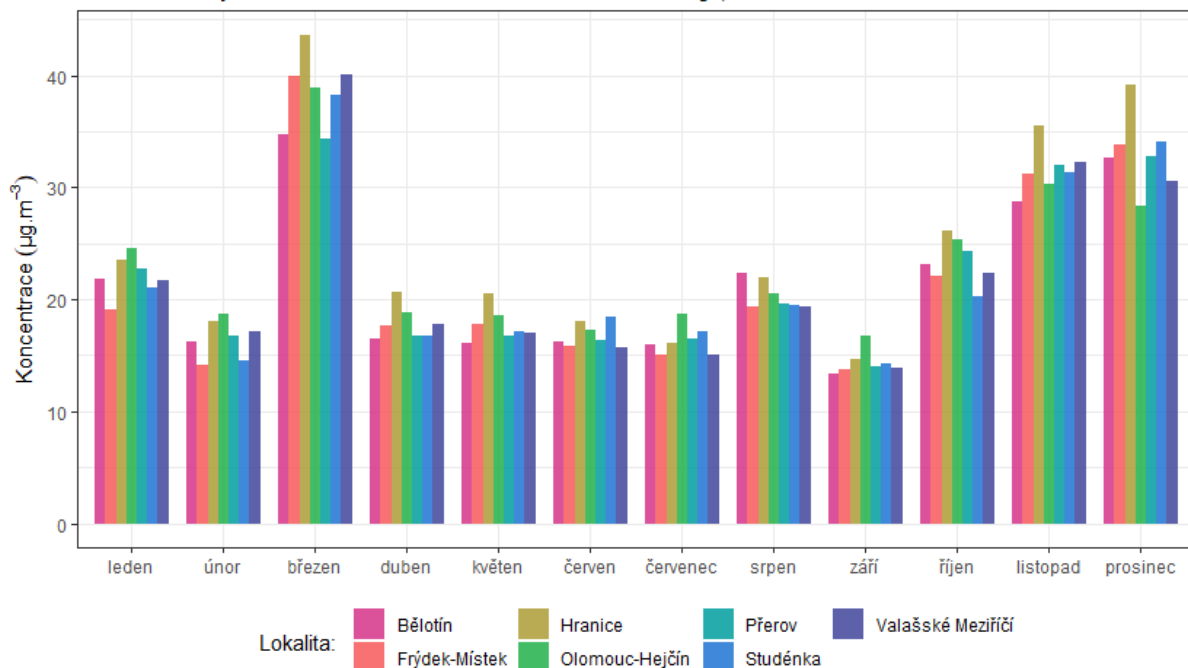
Obr. 35 – Počet dní s průměrnými denními koncentracemi PM_{10} vyššími, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} , srovnání lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022

Následující grafy zobrazují průměrné měsíční koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$ naměřené v jednotlivých 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 Hranice byly i v ostatních lokalitách měsíce s nejvyššími koncentracemi stejné – zejména březen. Je tedy zřejmé, že vliv na zvýšené koncentrace neměly lokální zdroje, ale ovlivnění bylo regionální, resp. nadregionální. Rovněž je u všech lokalit nepatrný nárůst koncentrací v měsících srpnu, nejde tedy pouze o lokální ovlivnění.



Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀

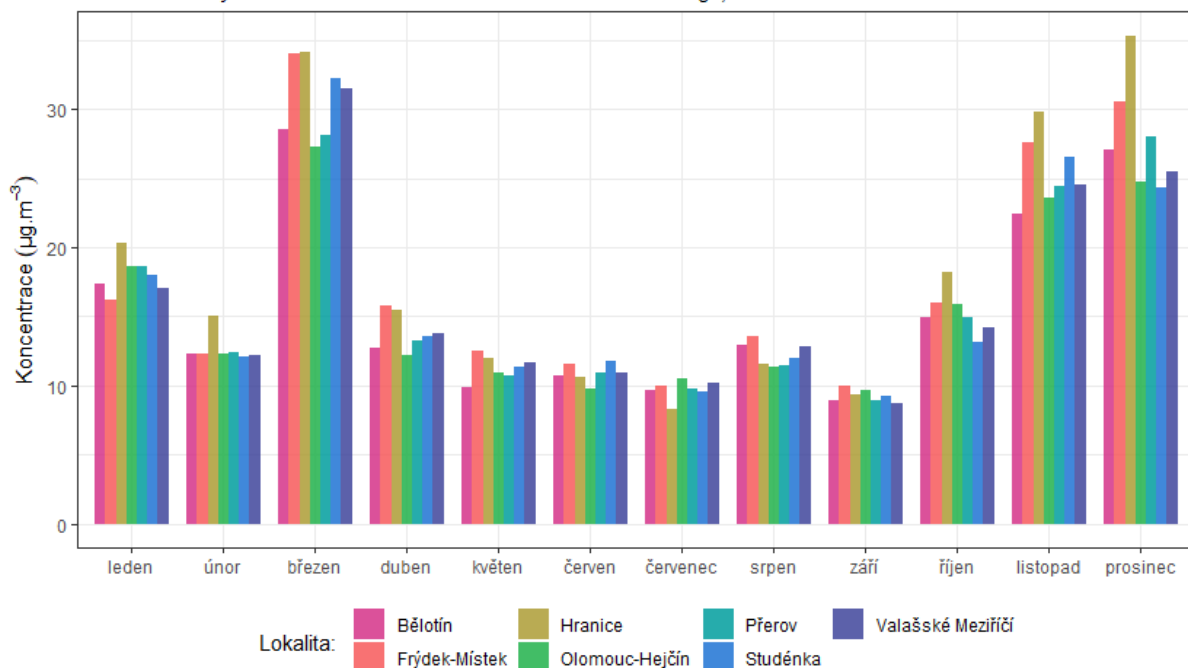
Srovnání lokality Hranice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2022



Obr. 36 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM₁₀ lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022

Průměrné měsíční koncentrace PM_{2,5}

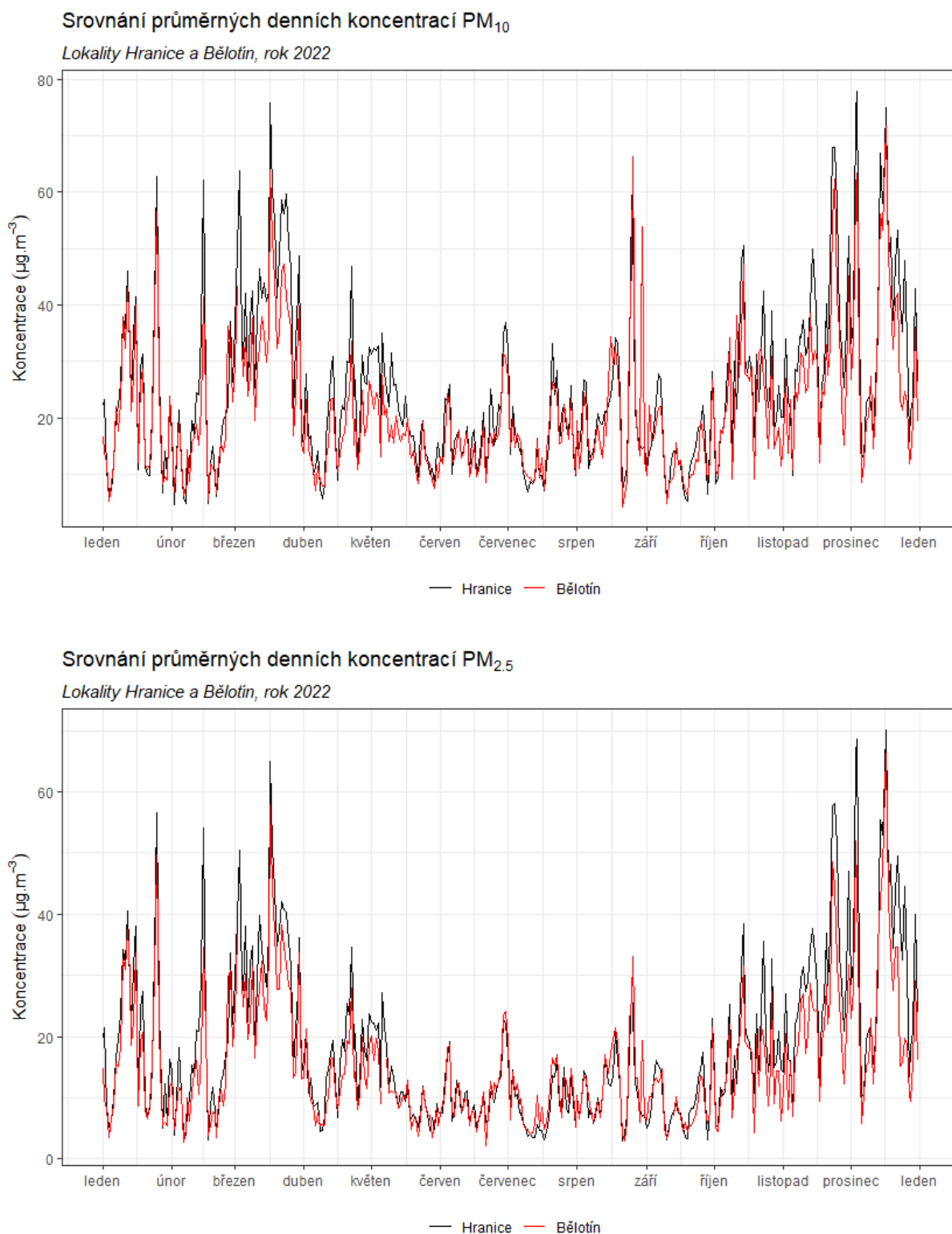
Srovnání lokality Hranice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2022



Obr. 37 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM_{2,5} lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022



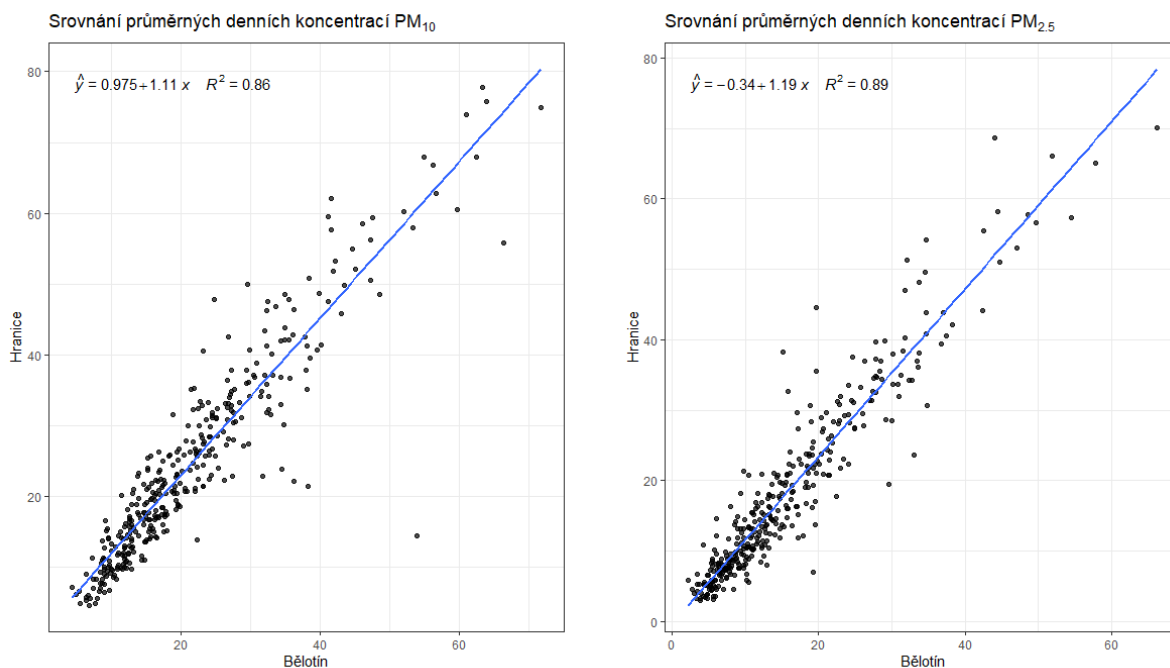
Následující graf na Obr. 38 srovnání průměrných denních koncentrací PM_{10} (nahore) a $PM_{2,5}$ (dole) s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Běloutín.



Obr. 38 – Srovnání průměrných denních koncentrací PM_{10} a $PM_{2,5}$, lokality Hranice a Běloutín, rok 2022



Z grafu je dobře patrné, že vývoj průměrných denních koncentrací je v obou lokalitách velmi podobný. Mezi stanicemi existuje dobrá korelace jak pro PM₁₀, tak pro PM_{2,5}, jak ukazují grafy na Obr. 39. Vyšší koncentrace v lokalitě Hranice jsou zřejmě způsobeny rozdílnou orografií terénu, zastavěností a provětráváním, a částečně skladbou lokálních zdrojů.



Obr. 39 – Srovnání průměrných denních koncentrací v lokalitě Hranice a Běloutín, rok 2022



3.2 OXIDY DUSÍKU NO₂, NO A NO_x

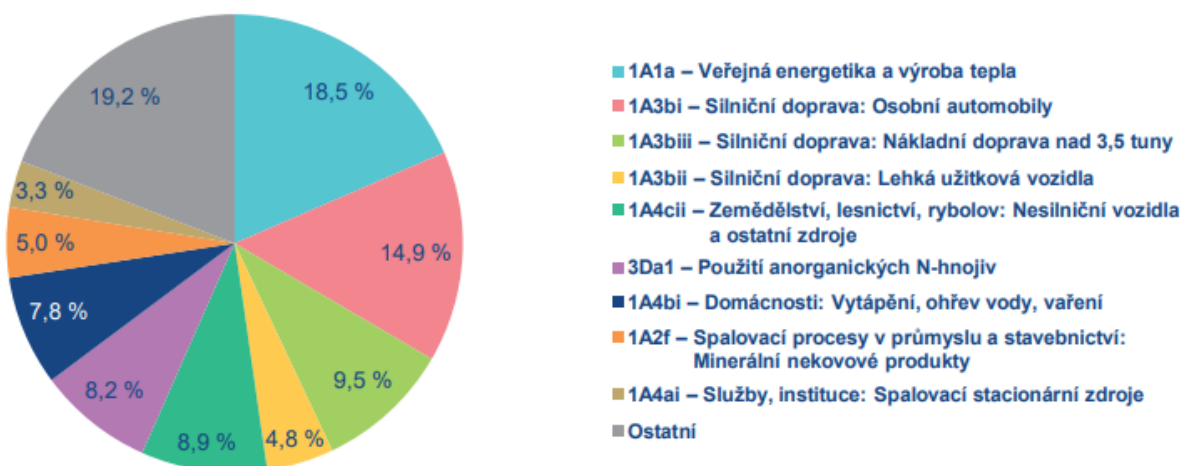
Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO_x) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂) [10].

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

Z hlediska imisních limitů je na území ČR důležitý pouze imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO₂. Imisní limit pro hodinovou koncentraci není v současnosti na žádné lokalitě v ČR překračován, a to ani na dopravně nejzatíženějších lokalitách, jako je Praha-Legerova.

Více než 90 % z celkových oxidů dusíku ve venkovním ovzduší je emitováno ve formě NO. NO₂ vzniká relativně rychle reakcí NO s přízemním ozonem nebo s radikály typu HO₂, popř. RO₂ [11]. 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 [12].



Obr. 40 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO_x v ČR, rok 2020 [7]

Největší množství emisí NO_x pochází z mobilních zdrojů. Sektory 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily, 1A3biii – Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5t a 1A3bii – Lehká užitková vozidla se na celorepublikových emisích NO_x v roce 2020 podílely 29,2 %. Podíl 8,9 % pak představují emise sektoru 1A4cii – Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje. Ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší vneseno 18,6 % emisí NO_x, ze sektoru 3Da1 – Použití



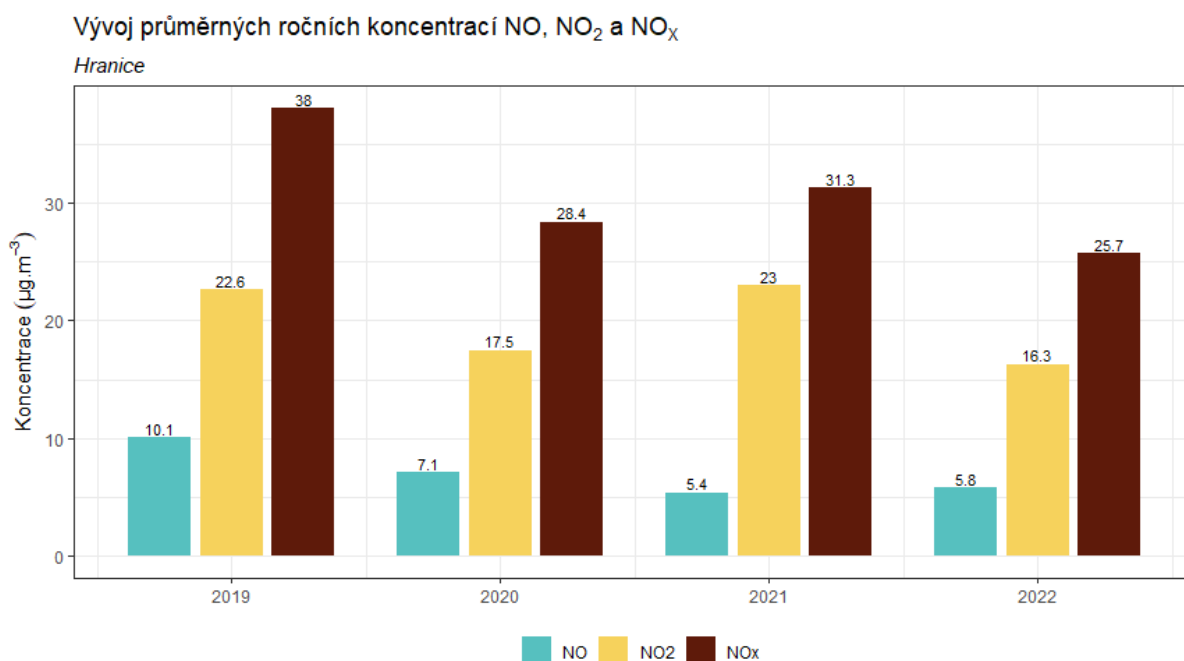
anorganických N-hnojiv 8,2 %, a ze sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření 7,8 % [7].

3.2.1 Průměrné roční koncentrace

Průměrná roční koncentrace NO₂ činila v roce 2022 v lokalitě Hranice 16,3 μg·m⁻³. Imisní limit tedy překročen nebyl.

Průměrná roční koncentrace NO činila v roce 2022 v lokalitě Hranice 5,8 μg·m⁻³. Průměrná roční koncentrace NO_x činila v roce 2022 v lokalitě Hranice 25,7 μg·m⁻³.

Následující Obr. 41 zobrazuje průměrné roční koncentrace NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Hranice. Z grafu je patrné, že proti roku 2021 došlo k mírnému poklesu koncentrací NO₂ a nárůstu koncentrací NO. Proti roku 2019 jsou koncentrace oxidů dusíku nižší.



Obr. 41 – Průměrné roční koncentrace NO, NO₂ a NO_x, lokalita Hranice

Následující Tab. 3 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé oxidy dusíku. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2022 pak zobrazuje Obr. 42. Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že maximální hodnota hodinové koncentrace NO₂ se pohybovala pod ½ hodnoty imisního limitu pro hodinové koncentrace NO₂ (200 μg·m⁻³). Tato hodnota může být navíc 18x za kalendářní rok překročena. Imisní limit pro hodinové koncentrace NO₂ je tedy v lokalitě Hranice s velmi velkou rezervou plněn.

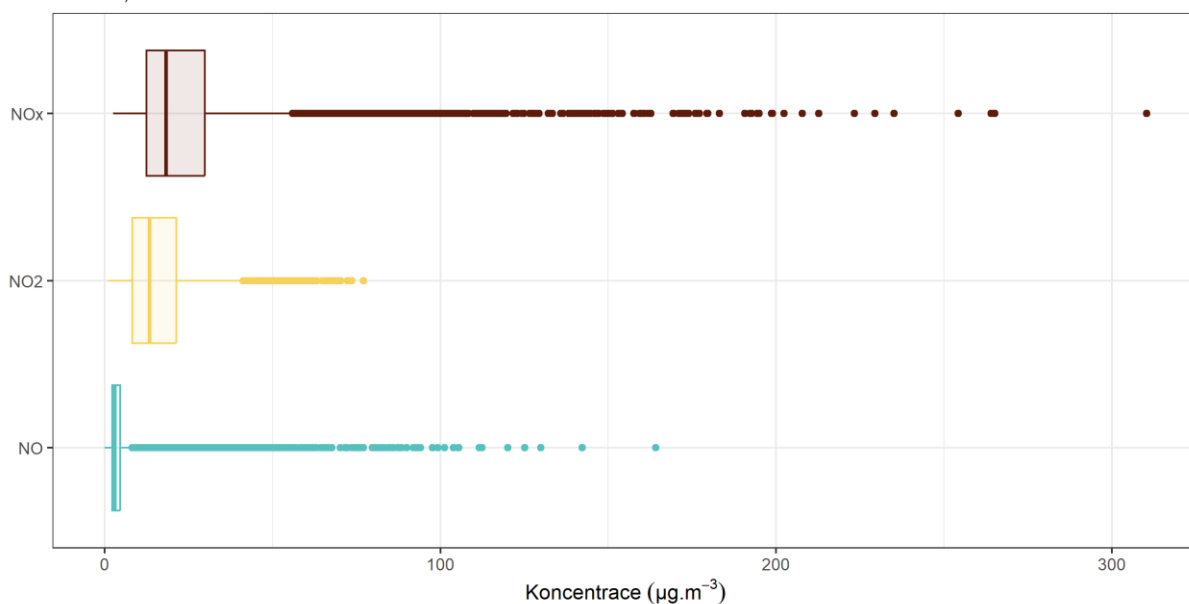


Tab. 3 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Hranice, rok 2022

STATISTIKA	NO	NO ₂	NO _x
PRŮMĚR	5,8	16,4	25,7
MAXIMUM	164,1	77,1	310,3
MEDIÁN	3,1	13,4	18,4
MINIMUM	0	1,1	2,5

Statistické zpracování hodinových koncentrací NO, NO₂ a NO_x

Hranice, rok 2022



Obr. 42 – Statistické zpracování hodinových koncentrací NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Hranice, rok 2022

3.2.2 Průměrné měsíční koncentrace

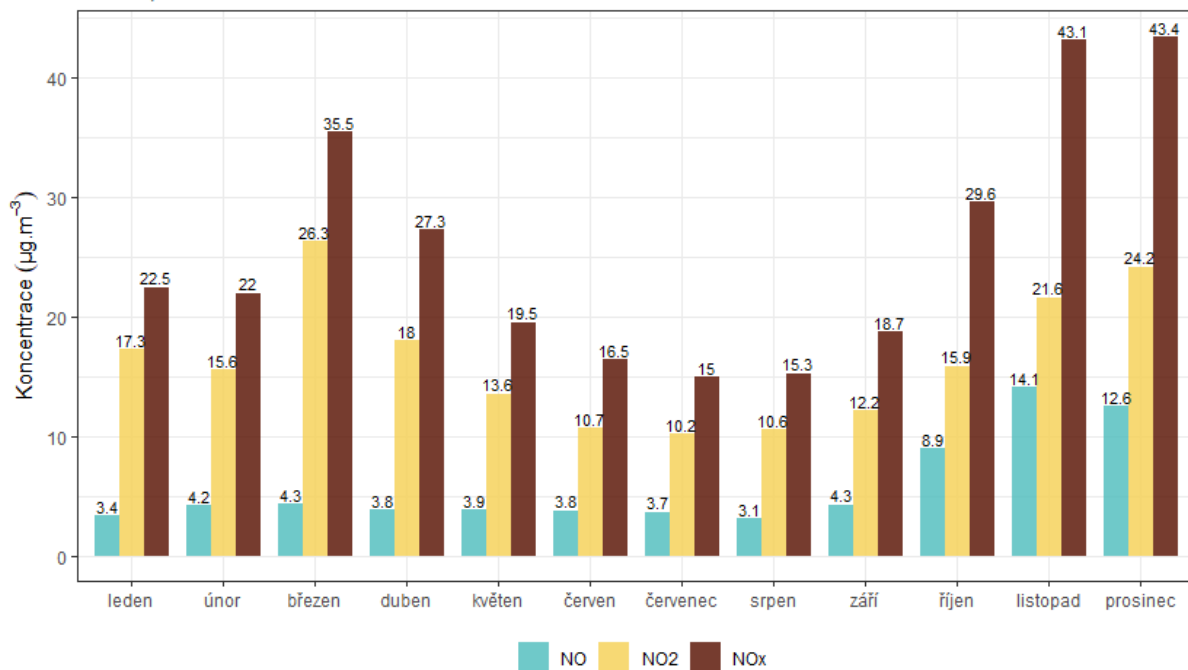
Na Obr. 43 jsou průměrné měsíční koncentrace NO, NO₂ a NO_x. Z obrázku je patrné, že v letních měsících jsou koncentrace nejnižší, naopak v chladné části roku jsou měřeny vyšší koncentrace. Nejvyšší průměrná měsíční koncentrace NO₂ byla naměřena v listopadu a prosinci, kdy se na koncentracích kromě dopravy podílí také lokální topeniště.

Poměr měsíčních koncentrací NO / NO₂ zobrazuje Obr. 44. Poměr je celoročně nízký, dokumentující malý vliv dopravy na měřící lokalitu. Mírně zvýšené hodnoty byly pozorovány koncem roku, i tak byl ale poměr NO / NO₂ nízký.



Vývoj průměrných měsíčních koncentrací NO, NO₂ a NO_x

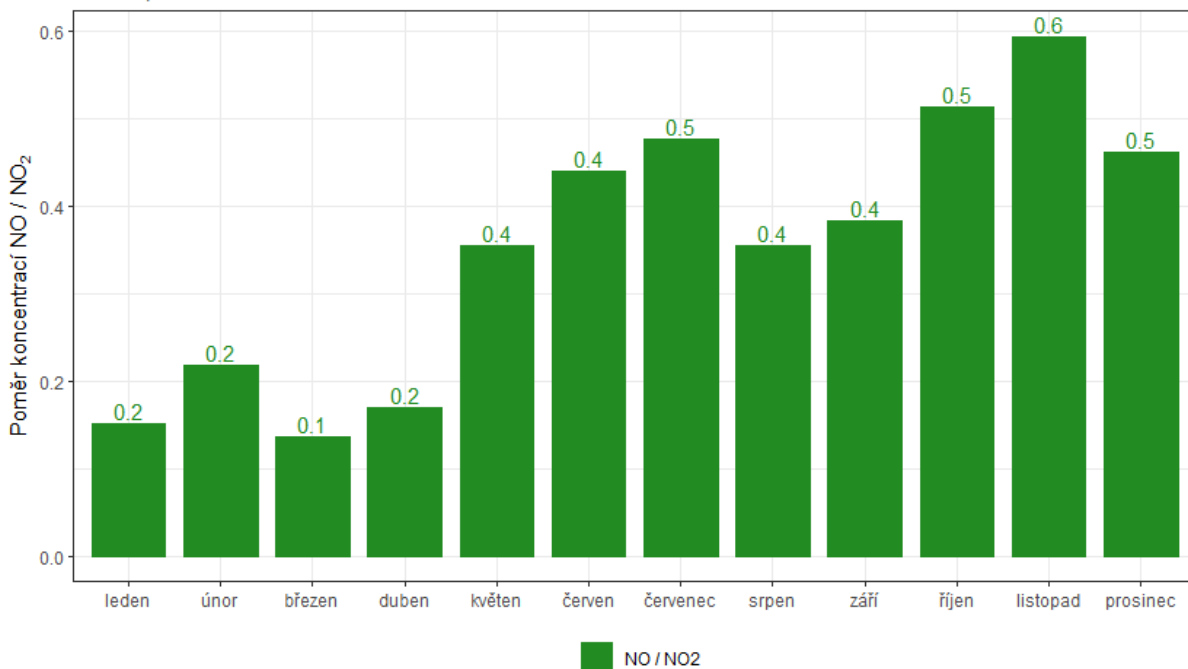
Hranice, rok 2022



Obr. 43 - Průměrné měsíční koncentrace NO, NO₂ a NO_x, Hranice, rok 2022

Průměrný měsíční poměr koncentrací NO / NO₂

Hranice, rok 2022

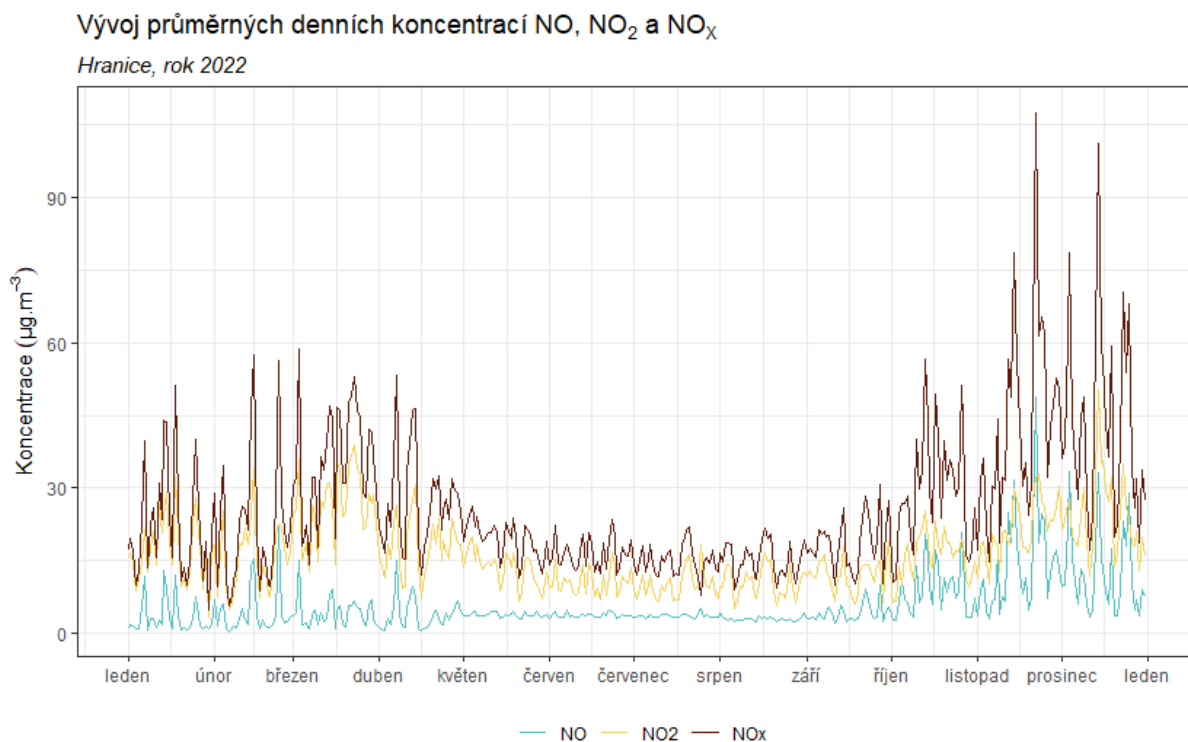


Obr. 44 – Poměr měsíčních koncentrací NO / NO₂, lokalita Hranice, rok 2022



3.2.3 Průměrné denní koncentrace NO, NO₂ a NO_x

Vývoj průměrných denních koncentrací NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Hranice zobrazuje následující Obr. 45.



Obr. 45 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací NO, NO₂ a NO_x, Hranice, rok 2022

Nejnižší hodnoty byly měřeny v teplé části roku a směrem k zimním měsícům hodnoty postupně narůstají. Zároveň je patrné, že v zimních měsících narůstá vliv NO, kdežto v letních měsících je prakticky veškeré NO_x pouze NO₂.

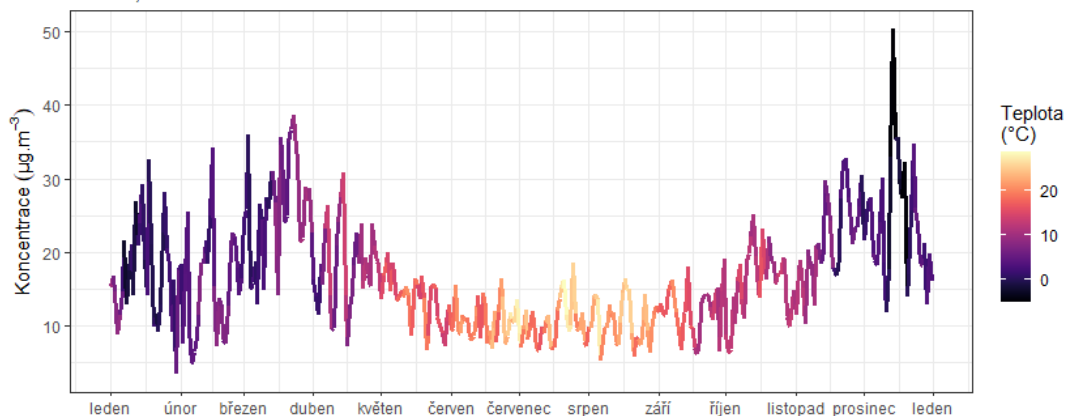
Vzhledem k tomu, že imisní limit je stanoven pouze pro koncentrace NO₂, bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro tuto látku. Na Obr. 46 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací NO₂ v dané lokalitě. Zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost.

Z grafů je patrné, že na koncentrace NO₂ má vliv jak teplota, tak rychlost větru. Nejvyšší koncentrace jsou pak měřeny při velmi nízkých rychlostech větru, resp. při nízkých teplotách a při vysokých relativních vlhkostech vzduchu (prosinec 2022).



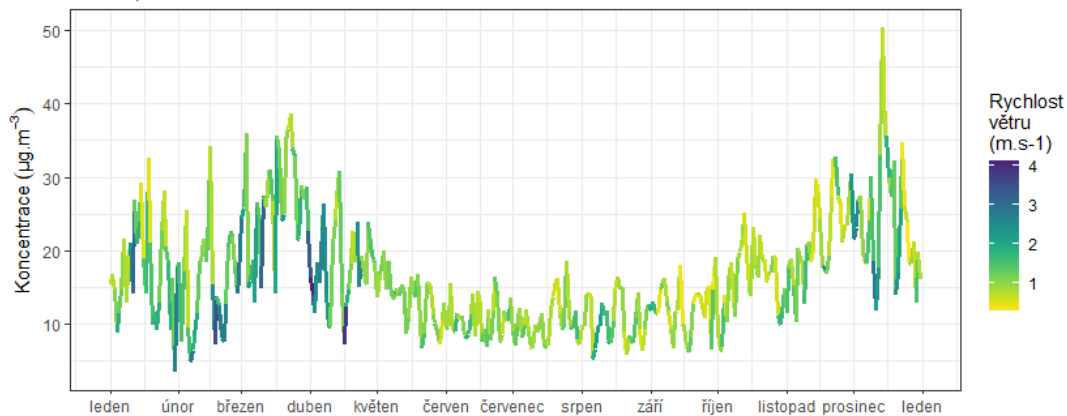
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na teplotě vzduchu

Hranice, rok 2022



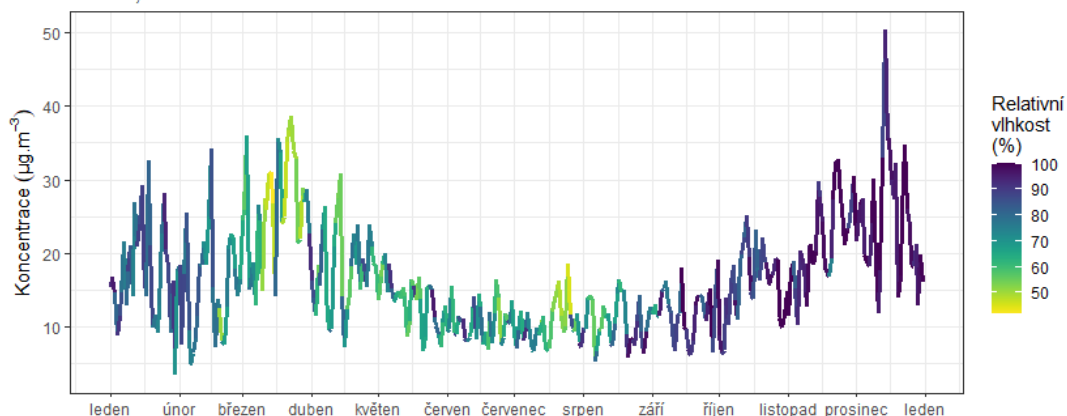
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na rychlosti větru

Hranice, rok 2022



Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

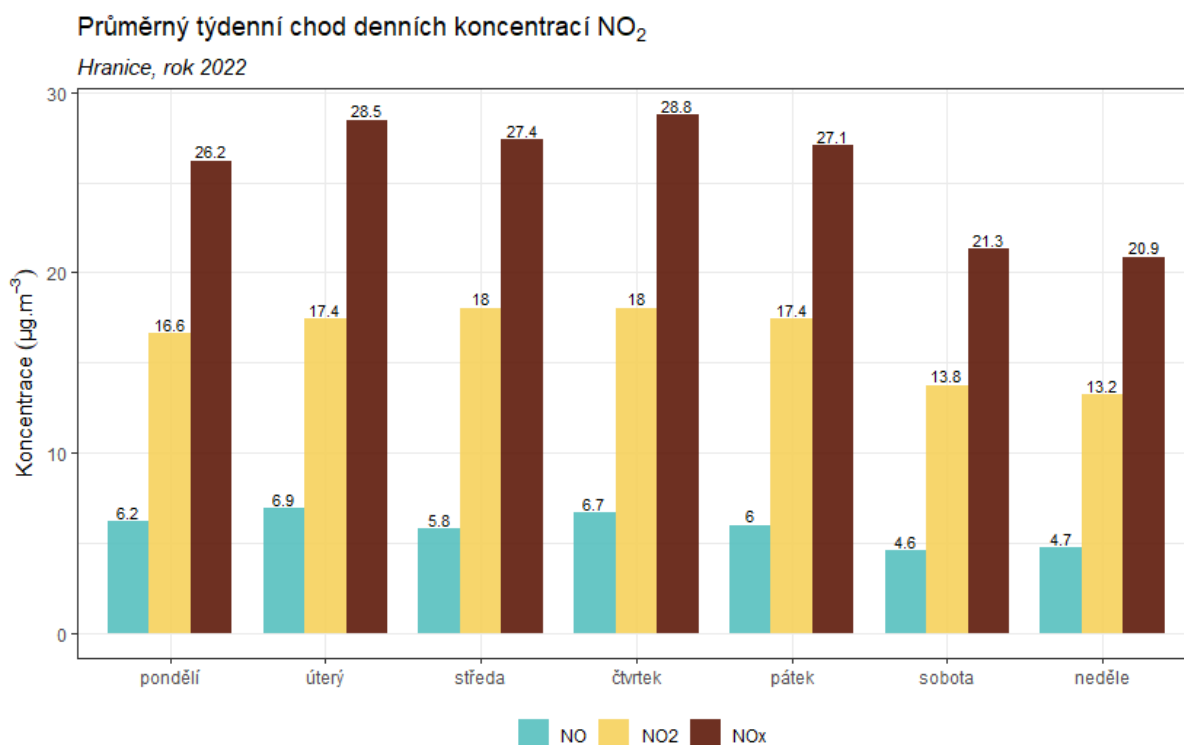
Hranice, rok 2022



Obr. 46 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti na koncentrace NO₂, Hranice, rok 2022



Z hlediska týdenního chodu denních koncentrací NO, NO₂ a NO_x (Obr. 47) je velmi dobře patrný vliv vyššího dopravního zatížení v pracovní dny, který se projevuje také ve vyšších koncentracích NO₂ v pracovní dny. Nejnížší hodnoty jsou měřeny v neděli.



Obr. 47 – Průměrný týdenní chod denních koncentrací NO₂, Hranice, rok 2022

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, NO₂ a NO_x v lokalitě Hranice. Denní chod zobrazuje následující Obr. 48.

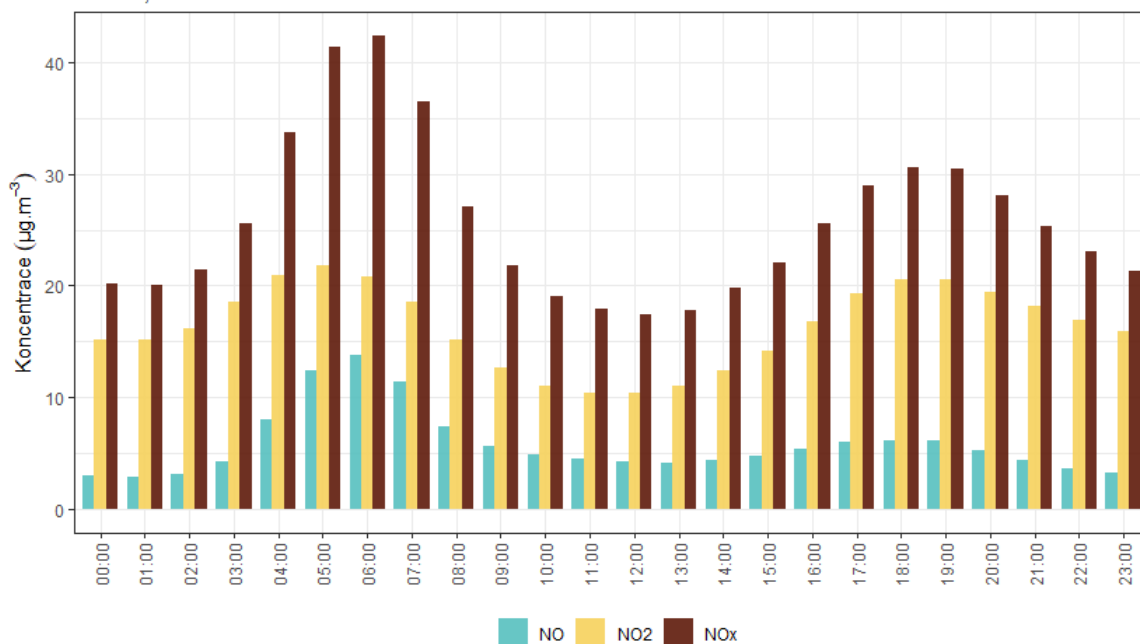
Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací NO₂ dosahovány v době ranní a večerní dopravní špičky. Večerní hodnoty mohou být také navýšeny o vliv lokálních topenišť a vytápění. Přesto jsou koncentrace NO₂ nízké, typické pro pozadřové lokality. Přes den dochází k mírnému poklesu koncentrací, což může být částečně způsobeno spotřebováním NO₂ na tvorbu přízemního ozónu. Tato reakce probíhá pouze díky slunečního záření, proto lze největší úbytek koncentrací NO₂ očekávat okolo poledne.

Z grafu je rovněž patrné, že v době ranní špičky jsou hodnoty koncentrací NO vyšší, což naznačuje větší vliv dopravy. Během večerní špičky jsou koncentrace NO₂ výrazněji vyšší než koncentrace NO, což může poukazovat na vliv lokálních topenišť a dalších zdrojů. Svůj vliv mohou sehrávat i meteorologické podmínky, zejména pak ranní mlhy mohou nahrávat zvýšeným koncentracím NO.



Průměrný denní chod hodinových koncentrací NO₂

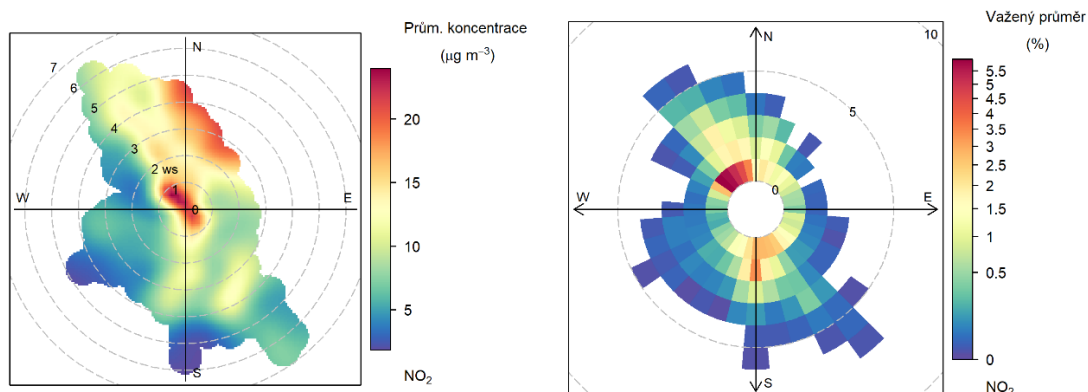
Hranice, rok 2022



Obr. 48 – Denní chod hodinových koncentrací NO₂, Hranice, rok 2022

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.4.

Následující Obr. 49 zobrazuje dva typy koncentrační a váženou koncentrační růžici pro lokalitu Hranice.

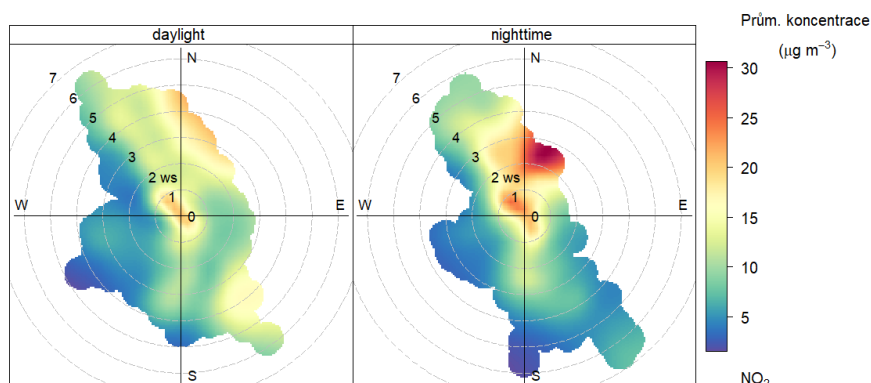


Obr. 49 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro NO₂, Hranice, rok 2022

Z Obr. 49 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při bezvětří a dále při proudění ze severu až severovýchodu. Nízké rychlosti větru a severní až severozápadní proudění (nejčastější směr proudění dle větrné růžice) pak nejvíce přispívaly k měřeným koncentracím NO₂. Následující Obr. 50 zobrazuje koncentrační růžici ve dne a v noci. Vyšší koncentrace jsou v průměru měřeny v nočních hodinách. V obou případech jsou zvýšené koncentrace měřeny při bezvětří, v nočních hodinách jsou

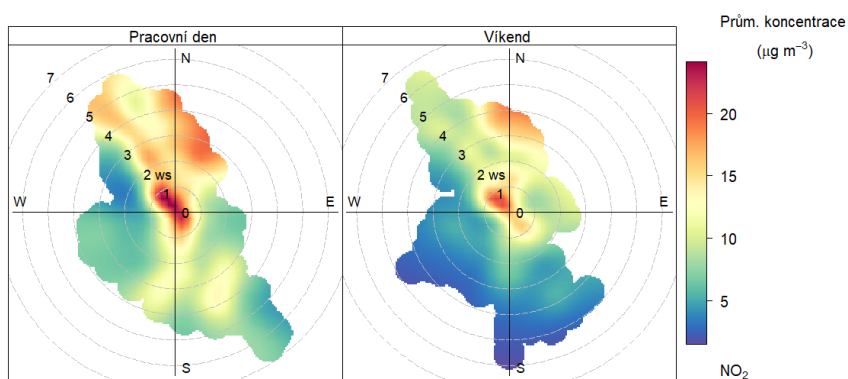


měřeny vyšší koncentrace i při vyšších rychlostech větru a severním až severovýchodním směru proudění větru.



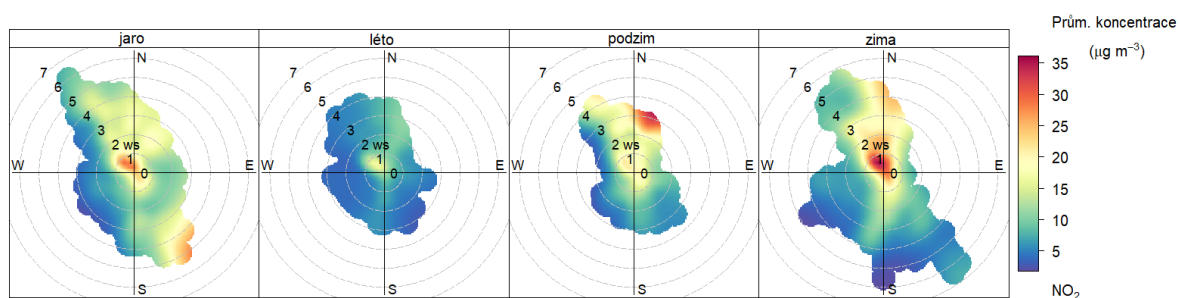
Obr. 50 - Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Hranice, rok 2022

Obdobně lze koncentrační růžici rozlišit na pracovní dny a víkend (Obr. 51). Z obrázku je patrné, že vyšší koncentrace jsou měřeny v pracovní dny, což může být důsledek většího provozu ve městě.



Obr. 51 – Koncentrační růžice NO₂ v pracovní dny a o víkendu, lokalita Hranice, rok 2022

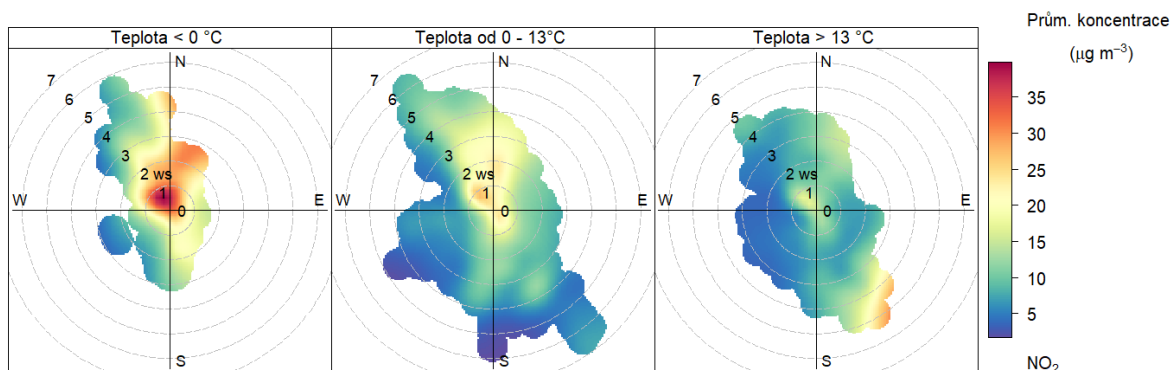
Následující Obr. 52 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Vysoké koncentrace se vyskytují zejména na podzim a v zimě, v ostatních ročních obdobích jsou koncentrace zvýšené převážně při bezvětří.



Obr. 52 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Hranice, rok 2022



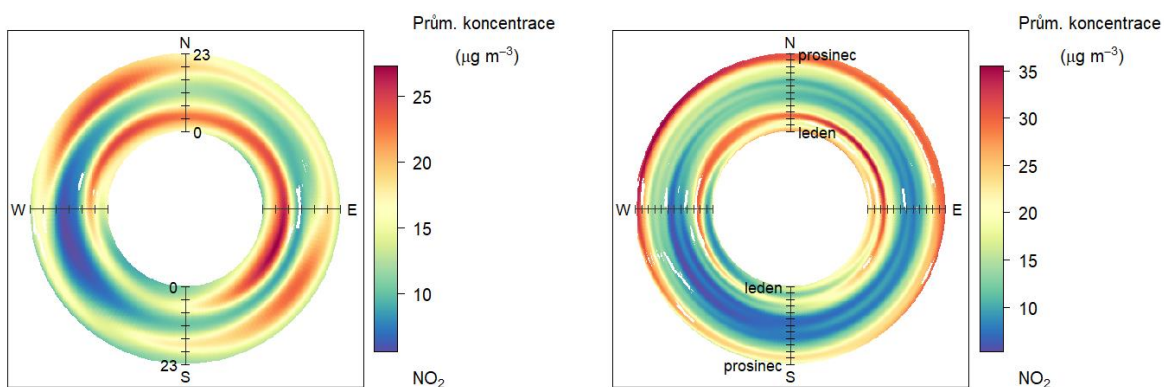
Zajímavé je také rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 53 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou takřka výhradně měřeny při teplotách vzduchu nižších než 0 °C. Při vyšších teplotách jsou již pouze mírně zvýšené, především při bezvětří.



Obr. 53 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Hranice, rok 2022

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

Z Obr. 54 pak vyplývá, že v případě lokality Hranice v roce 2022 byly nejvyšší koncentrace NO₂ měřeny v době ranní a večerní dopravní špičky, a to zejména při proudění ze severu až severozápadu nebo jihovýchodu. V případě ročního chodu jsou významné zejména zimní měsíce.



Obr. 54 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Hranice, rok 2022



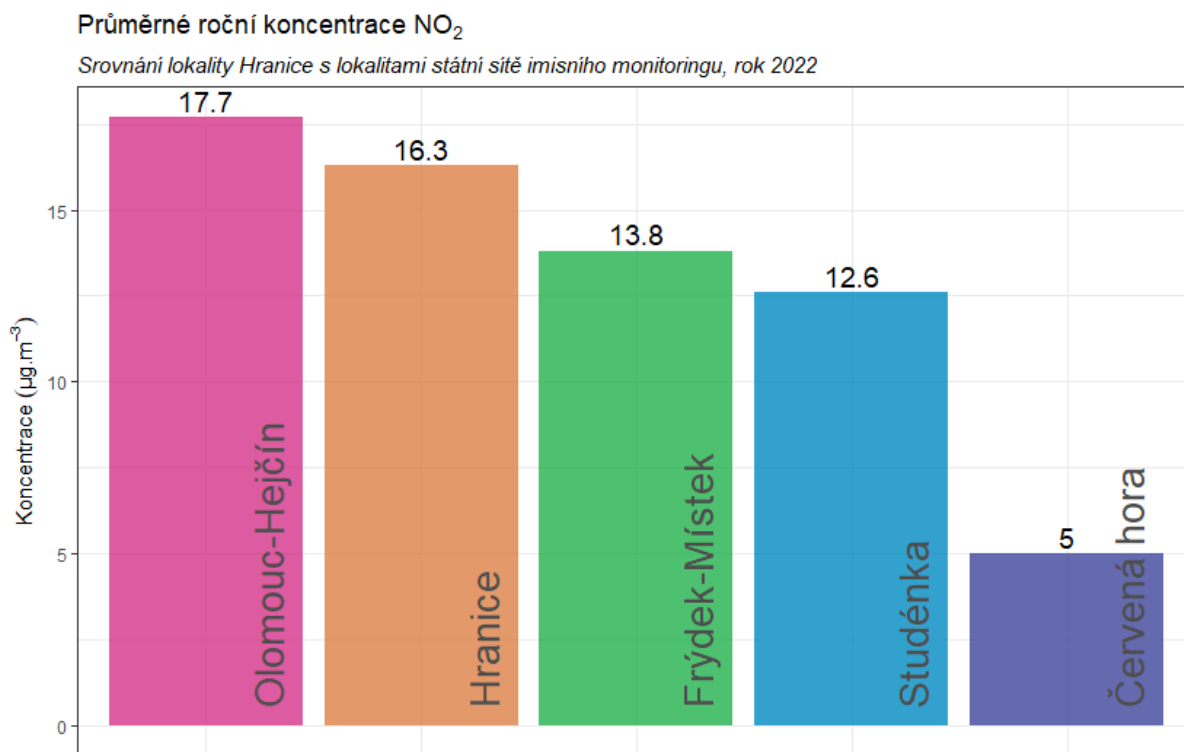
3.2.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

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

Na následujícím Obr. 55 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace legislativou sledovaného oxidu dusičitého NO₂ na blízkých lokalitách sítě imisního monitoringu v roce 2022. Ty jsou srovnány s lokalitou Hranice. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Hranice jsou měřeny druhé nejvyšší koncentrace NO₂ na úrovni lokality Olomouc-Hejčín. Žádná z uvedených lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO₂.

Následující graf na Obr. 56 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace NO₂ naměřené v jednotlivých lokalitách. Z grafu je patrné, že jsou vyšší v chladné části roku. Patrný je nárůst koncentrací v březnu na všech lokalitách, jedná se tedy o nadregionální ovlivnění.

Následující graf na Obr. 57 srovnání průměrných denních koncentrací NO₂ s lokalitou Olomouc Hejčín. Z grafu je patrné, že koncentrace v lokalitě Hranice jsou celoročně srovnatelné s lokalitou Olomouc-Hejčín.

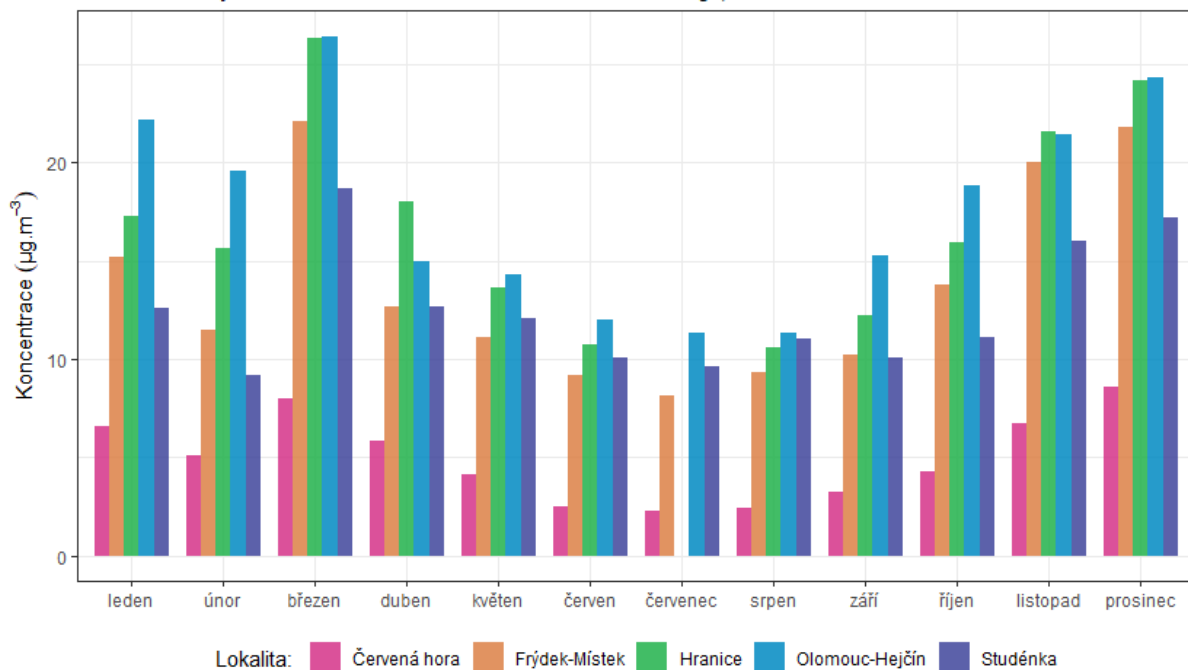


Obr. 55 – Srovnání průměrné roční koncentrace NO₂ lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022



Průměrné měsíční koncentrace NO₂

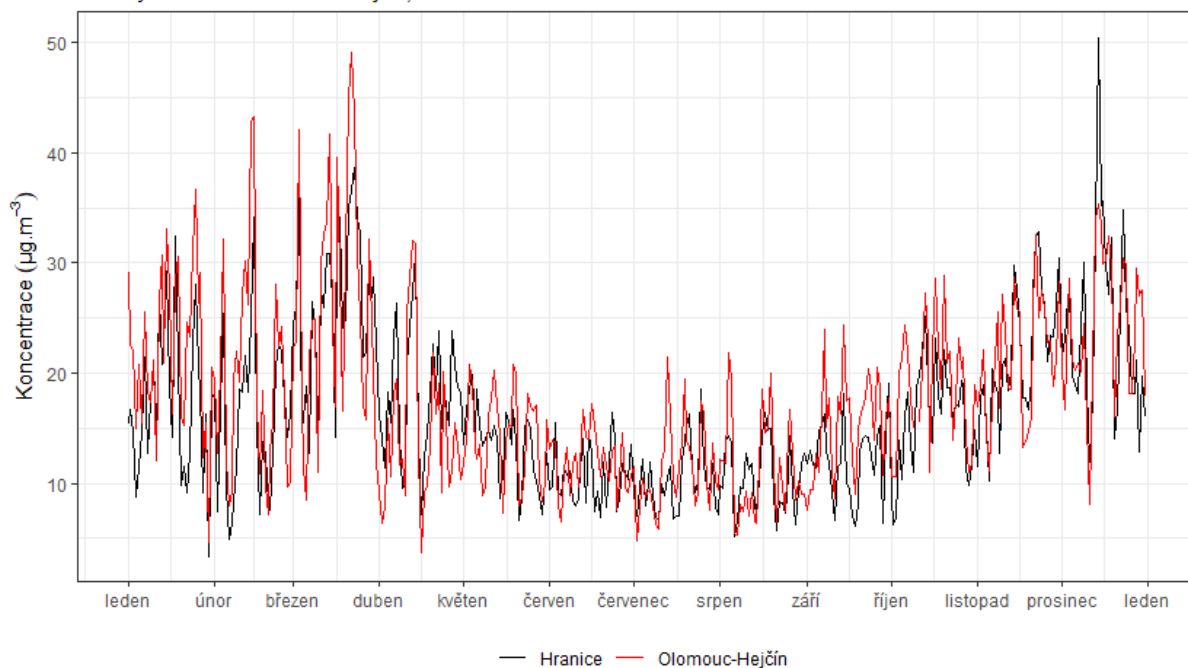
Srovnání lokality Hranice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2022



Obr. 56 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací NO₂ lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022

Srovnání průměrných denních koncentrací NO₂

Lokality Hranice a Olomouc-Hejčín, rok 2022



Obr. 57 – Srovnání průměrných denních koncentrací NO₂, lokality Hranice a Olomouc-Hejčín, rok 2022



3.3 PŘÍZEMNÍ OZÓN

O₃ nemá vlastní významný zdroj. Jedná se o tzv. sekundární látku vznikající v celé řadě velmi komplikovaných nelineárních fotochemických reakcí [13]. Prekurzory O₃ jsou oxidy dusíku (NO_x) a nemetanické těkavé organické látky (NMVOC), v globálním měřítku hrají roli i metan (CH₄) a oxid uhelnatý (CO). Důležitou reakcí je fotolýza NO₂ zářením o vlnové délce 280–430 nm, při které vzniká NO a atomární kyslík. Reakcí atomárního a molekulárního kyslíku pak za přítomnosti katalyzátoru dochází ke vzniku molekuly O₃. Současně probíhá titrace O₃ oxidem dusnatým za vzniku NO₂ a O₂. Pokud je při této reakci O₃ nahrazen radikály, jeho koncentrace v atmosféře rostou. Důležitou úlohu při těchto reakcích hraje zejména radikál OH.

NO_x vznikají při veškerých spalovacích procesech. NMVOC jsou emitovány z celé řady zdrojů antropogenních (doprava, manipulace s ropou a jejími deriváty, rafinerie, použití barev a rozpouštědel atd.), ale i přirozených (např. biogenní emise z vegetace).

Při vzniku O₃ z prekurzorů nezáleží pouze na absolutním množství prekurzorů, ale i na jejich vzájemném poměru [14]. V oblastech, kde je režim limitovaný NO_x, charakterizovaný relativně nízkými koncentracemi NO_x a vysokými koncentracemi VOC, narůstají koncentrace O₃ s rostoucími koncentracemi NO_x, zatímco se vzrůstajícími koncentracemi VOC se mění jen málo. Naopak v oblastech s režimem limitovaným VOC dochází k poklesu koncentrací O₃ s rostoucími koncentracemi NO_x a nárůstu koncentrací O₃ s rostoucími koncentracemi VOC. Oblasti s vysokým poměrem NO_x/VOC jsou typicky znečištěné oblasti okolo center velkých měst. Závislost vzniku O₃ na počátečních koncentracích VOC a NO_x se často vyjadřují na diagramech ozonových isopleť. Jedná se o zobrazení maximální dosažené koncentrace ozonu jako funkce počáteční koncentrace NO_x a VOC. Významnou roli při vzniku O₃ hrají nejen koncentrace prekurzorů, ale i meteorologické podmínky [15]. Imisní koncentrace O₃ rostou s rostoucím ultrafialovým zářením a teplotou, naopak klesají s rostoucí relativní vlhkostí vzduchu. Vysoké koncentrace bývají spojeny s déletrvající anticyklonální situací. Kromě výše popsaného fotochemického mechanismu se koncentrace O₃ mohou zvyšovat i epizodicky v důsledku průniku stratosférického O₃ do troposféry a též při bouřkách. V poslední době se též zvyšuje význam dálkového přenosu O₃ v rámci proudění na severní polokouli do Evropy a Severní Ameriky ze zdrojových oblastí jihovýchodní Asie. O₃ je z atmosféry odstraňován reakcí s NO a suchou depozicí.

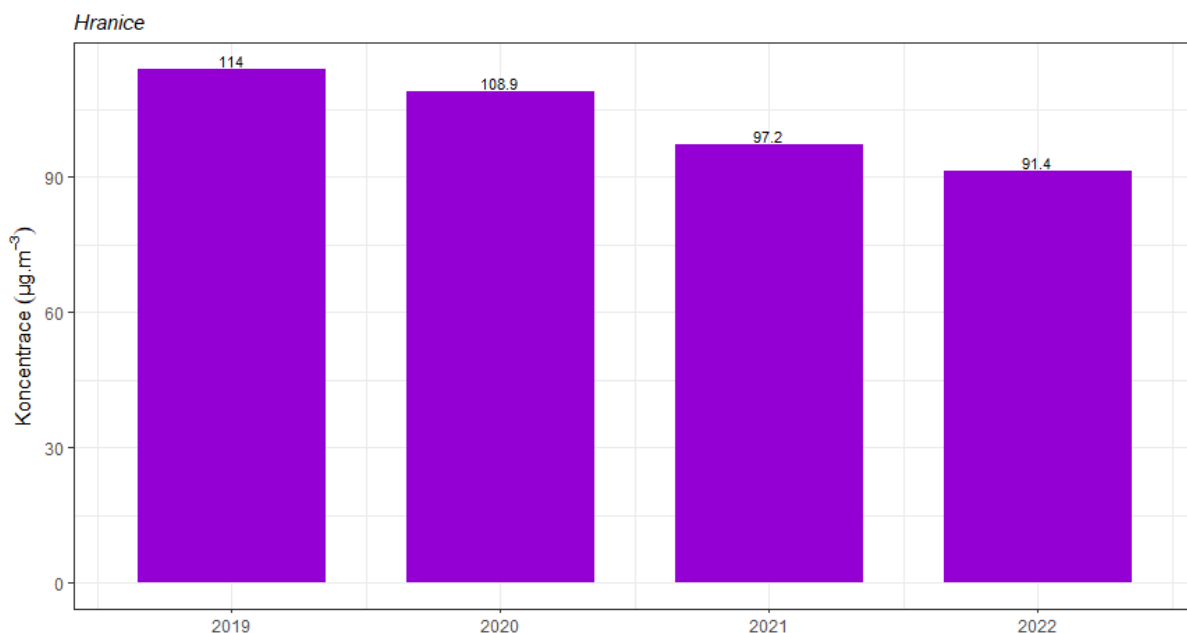
3.3.1 Vývoj 26. nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů za den v roce

Z hlediska ochrany kvality ovzduší stanovuje příloha 1, bod 4 zákona o ochraně ovzduší [16] imisní limit pro troposférický ozón. Pro ochranu zdraví lidí platí imisní limit pro maximální denní 8hodinový klouzavý průměr O₃. Hodnota imisního limitu je 120 µg·m⁻³, tato hodnota může být 25x za kalendářní rok překročena. **Plnění imisního limitu se vyhodnocuje na základě průměru za 3 kalendářní roky.**

Následující Obr. 58 zobrazuje hodnoty 26. nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů koncentrací O₃ za den v lokalitě Hranice pro roky 2020–2022. **Průměrná hodnota za tři roky pak činí 99,2 µg·m⁻³, imisní limit tedy překročen nebyl.**



Vývoj 26. nejvyšších 8h klouzavých průměrů O₃



Obr. 58 – Vývoj 26. nejvyššího 8hodinového klouzavého průměru O₃ za den, lokalita Hranice

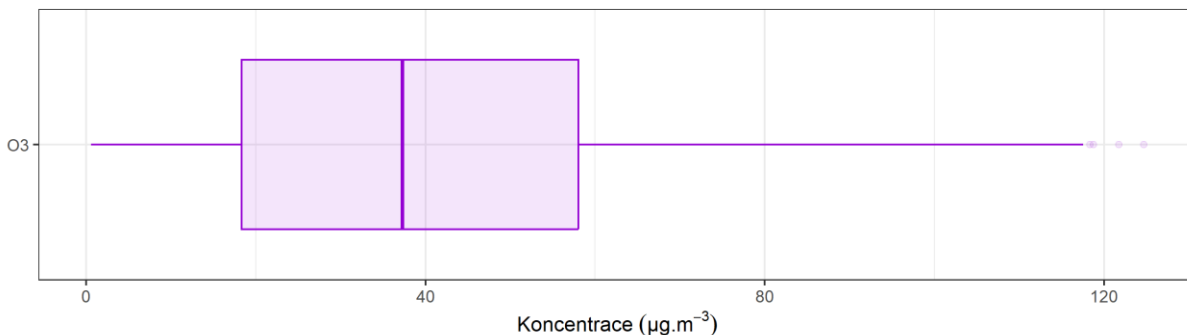
Následující Tab. 4 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro přízemní ozón. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2022 pak zobrazuje Obr. 59. Maximální naměřená hodinová koncentrace O₃ měla hodnotu 124,7 µg·m⁻³.

Tab. 4 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací O₃ v lokalitě Hranice, rok 2022

STATISTIKA	O ₃
PRŮMĚR	39,6
MAXIMUM	124,7
MEDIÁN	37,3
MINIMUM	0,6

Statistické zpracování hodinových koncentrací O₃

Hranice, rok 2022

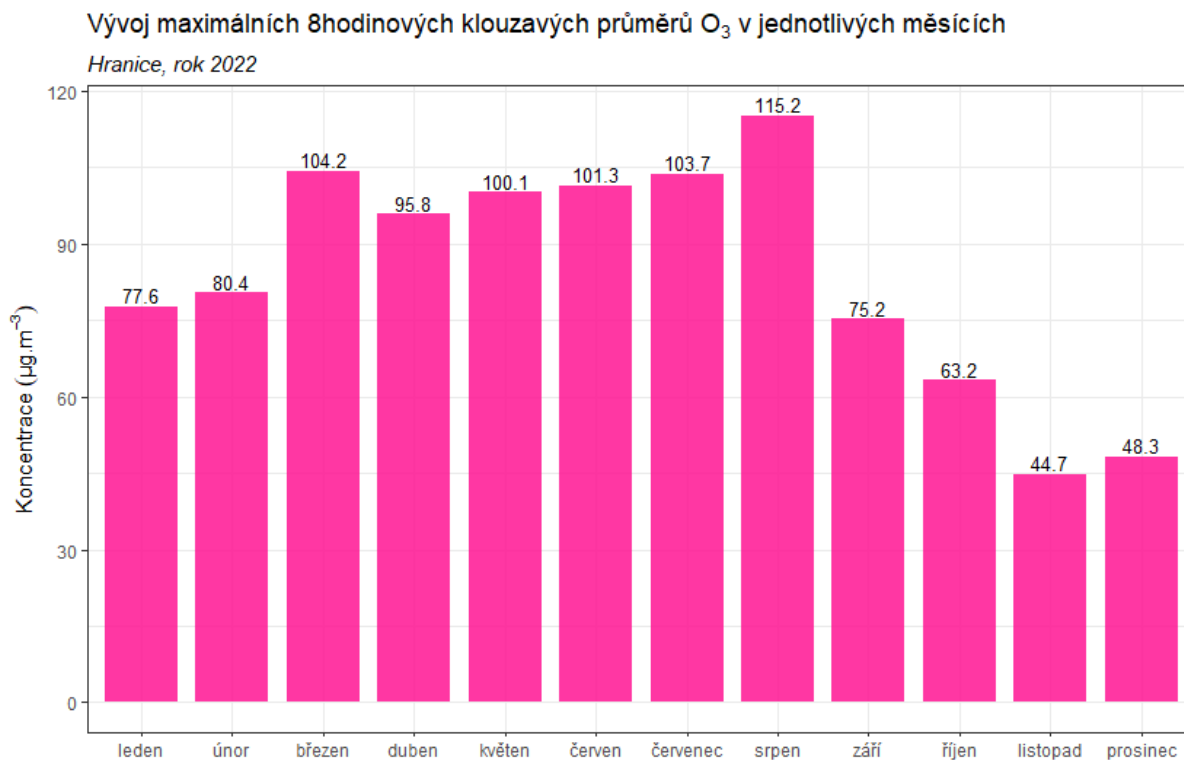


Obr. 59 – Statistické zpracování hodinových koncentrací O₃ v lokalitě Hranice, rok 2022



3.3.2 Průměrné měsíční koncentrace

Na Obr. 60 jsou zobrazeny Maximální 8h klouzavé průměry O_3 za den v jednotlivých měsících. Z obrázku je patrné, že v nejvyšší jsou hodnoty v teplé části roku, kdy je dostatek slunečního svitu pro fotochemické reakce vedoucí ke vzniku přízemního ozónu. Naopak v chladné části roku jsou měřeny koncentrace nižší. Nejvyšší průměrná měsíční koncentrace O_3 byla naměřena v srpnu, kdy byly rovněž měřeny nejvyšší teploty

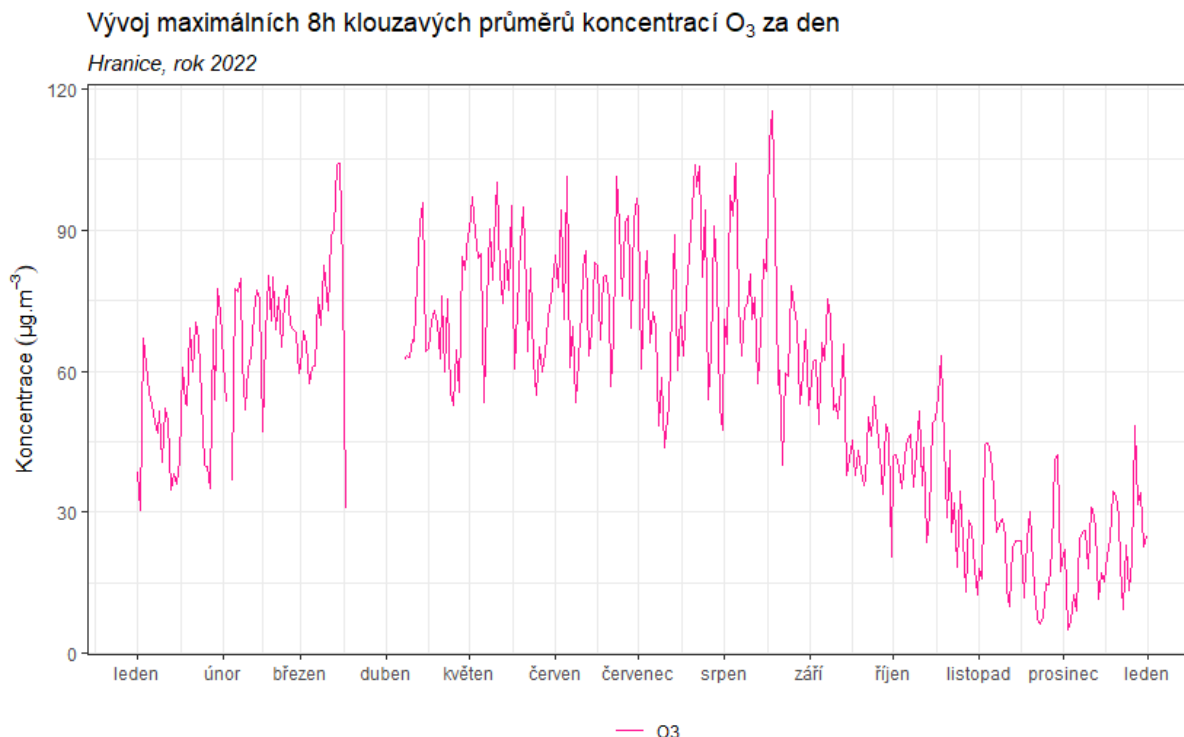


Obr. 60 – Maximální 8h klouzavé průměry O_3 za den v jednotlivých měsících, Hranice, rok 2022



3.3.3 Vývoj průměrných denních koncentrací O₃

Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů O₃ za den v lokalitě Hranice zobrazuje následující Obr. 61.



Obr. 61 – Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů O₃ za den, Hranice, rok 2022

Z grafů je patrné, že v případě vývoje koncentrací O₃ dochází ke kulminaci v červnu až srpnu. To souvisí s mechanismem tvorby přízemního ozónu.

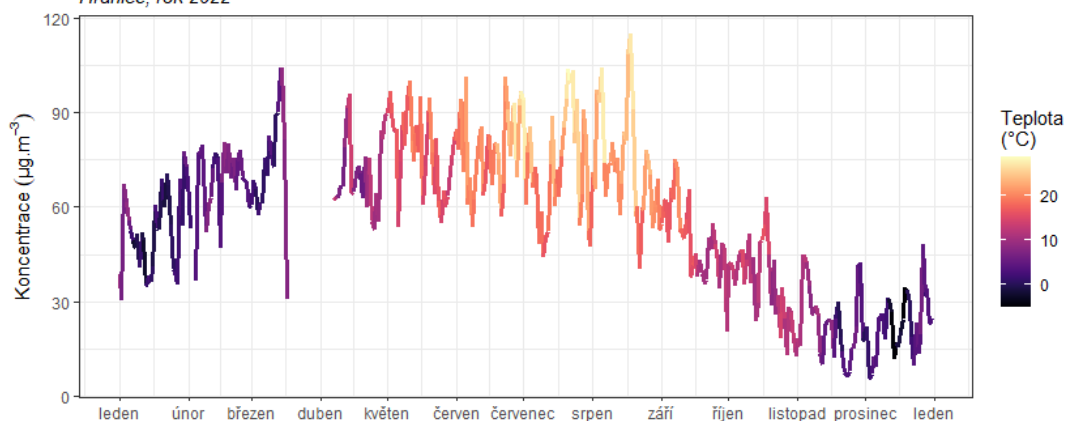
Na Obr. 62 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací O₃ v dané lokalitě. Zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost. Následující Obr. 63 pak zobrazuje vliv slunečního záření.

Z uvedených grafů vyplývá, že meteorologické podmínky mají na koncentrace O₃ významný vliv, zejména pak teplota a sluneční záření (Obr. 63). Svůj vliv má také relativní vlhkost vzduchu. S rostoucím slunečním zářením a teplotou a klesající vlhkostí rostou rovněž koncentrace O₃. Rychlost větru tolik koncentrace neovlivňuje, přesto vyšší rychlosti větru zřejmě mírně přispívají k vyšším koncentracím O₃.



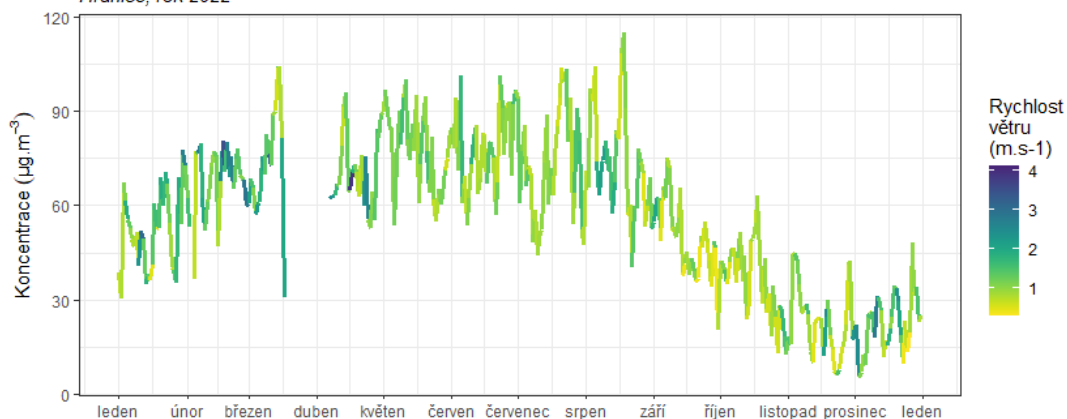
Vývoj maximálních 8h koncentrací O₃ za den v závislosti na teplotě vzduchu

Hranice, rok 2022



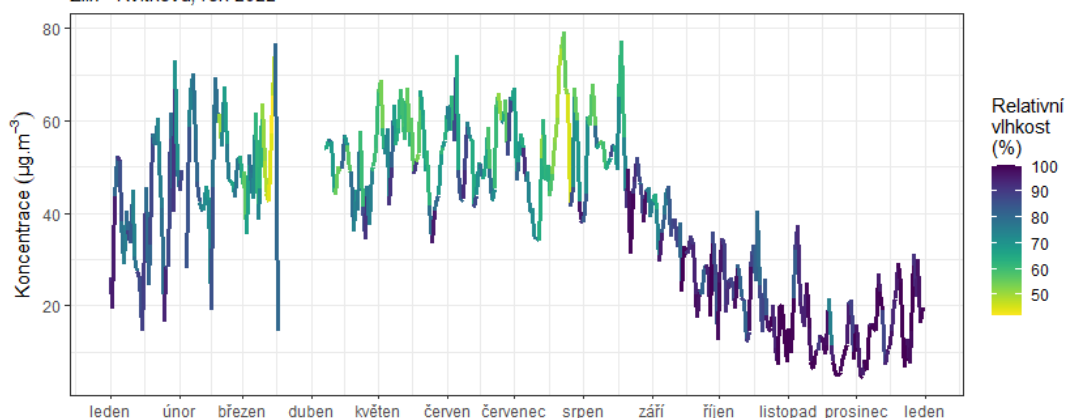
Vývoj maximálních 8h koncentrací O₃ za den v závislosti na rychlosti větru

Hranice, rok 2022

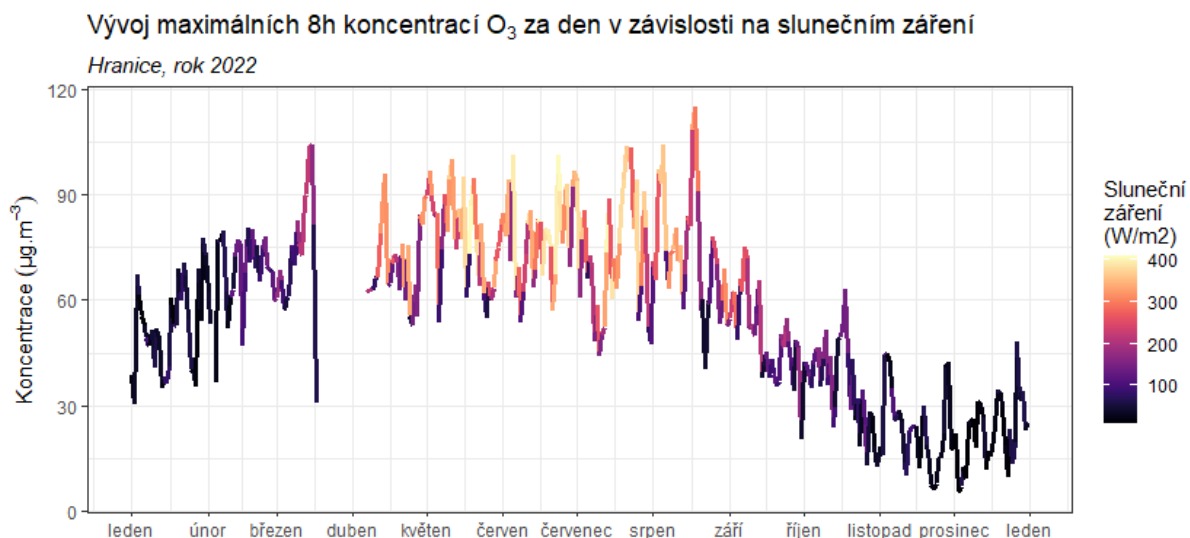


Vývoj průměrných denních koncentrací O₃ v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2022

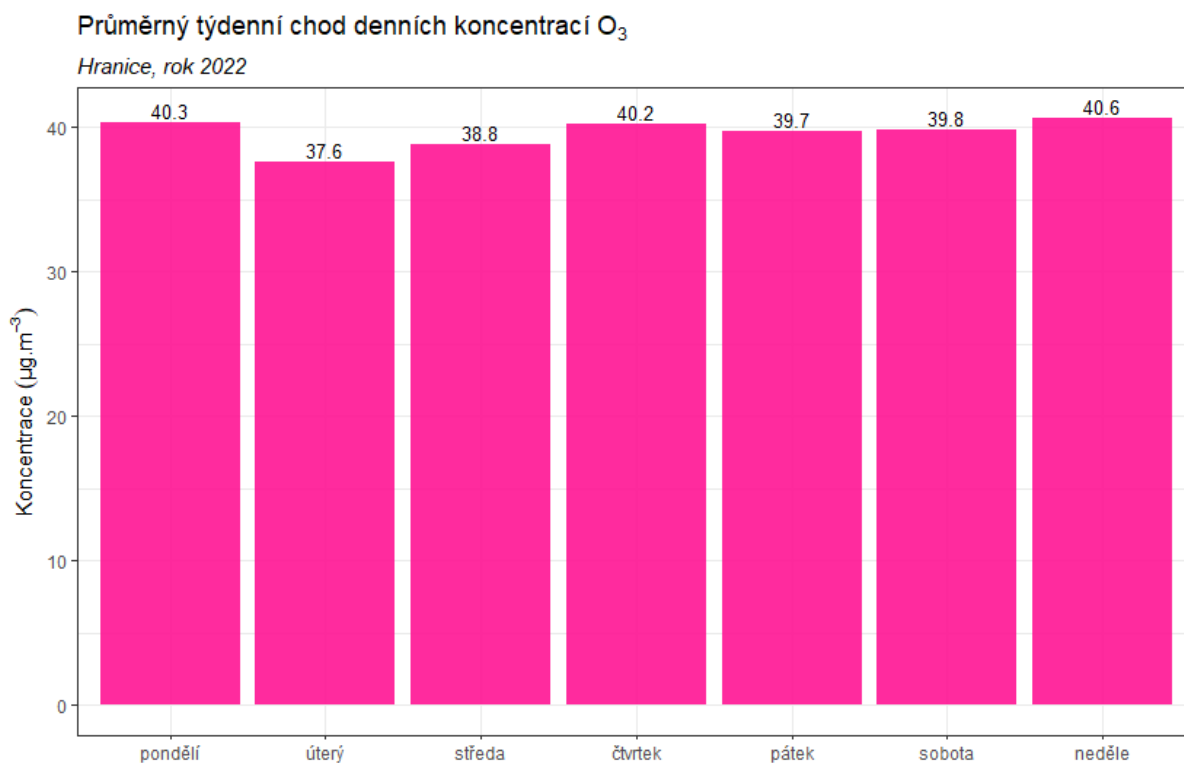


Obr. 62 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace O₃, Hranice, rok 2022



Obr. 63 – Vliv slunečního záření na koncentrace O₃, Hranice, rok 2022

Naopak z týdenního chodu průměrných denních koncentrací O₃ je patrný mírný rozdíl mezi pracovními dny a víkendy, což může souviset s nižšími koncentracemi oxidů dusíku o víkendu. Důležitějším faktorem jsou meteorologické podmínky (sluneční záření, teplota).

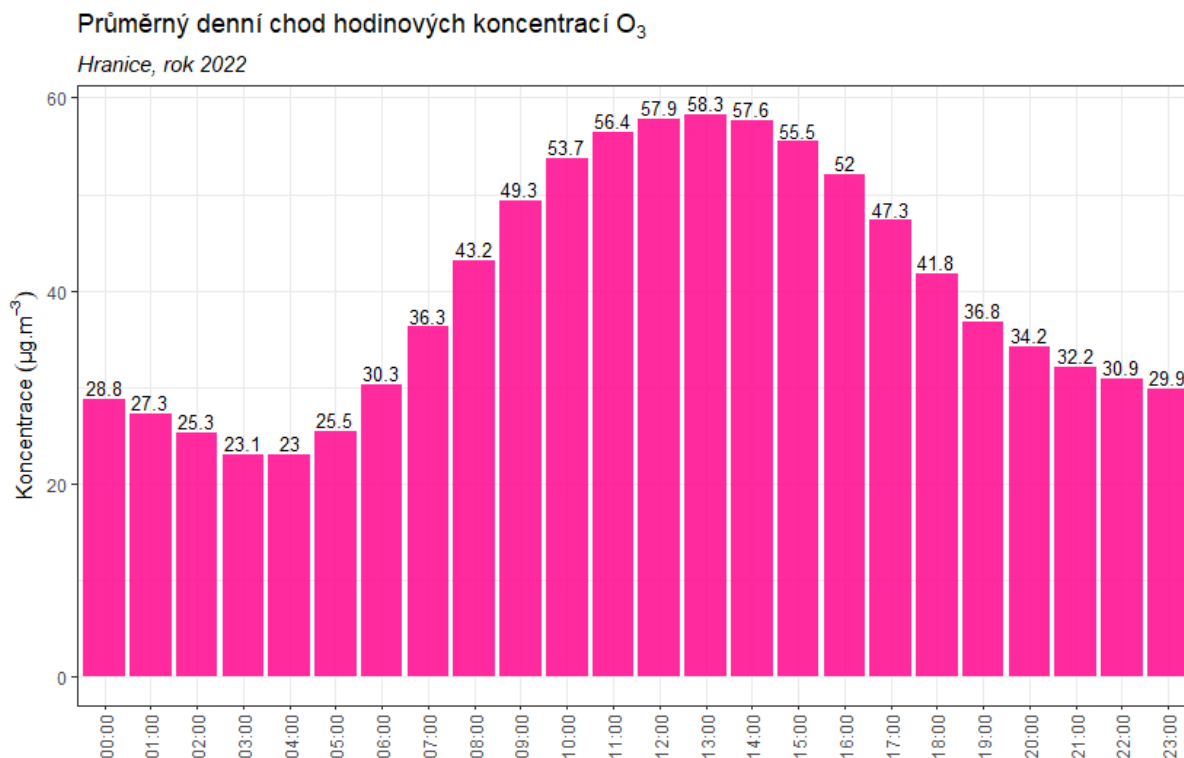


Obr. 64 - Průměrný týdenní chod denních koncentrací O₃, Hranice, rok 2022



3.3.4 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod O_3 v lokalitě Hranice. Denní chod O_3 zobrazuje následující Obr. 65. Z grafu je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací O_3 jsou dosahovány okolo poledne a po poledni – v době s nejvyšším slunečním svitem a s nejvyššími teplotami a slunečním svitem.



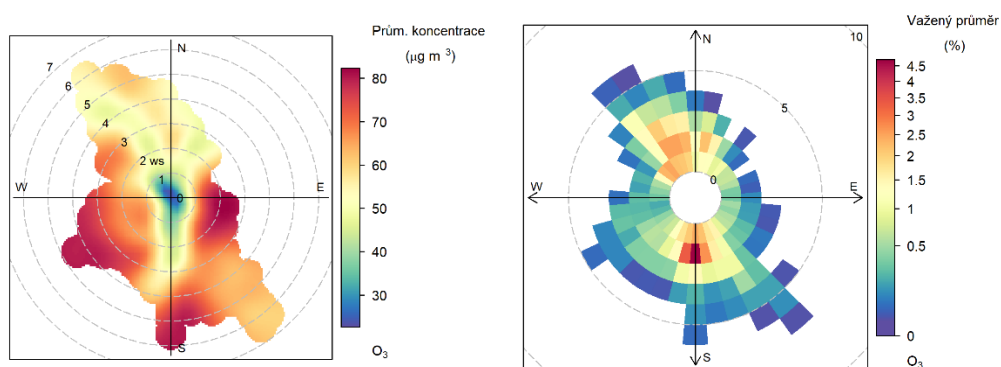
Obr. 65 – Denní chod hodinových koncentrací O_3 , Hranice, rok 2022

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.4.

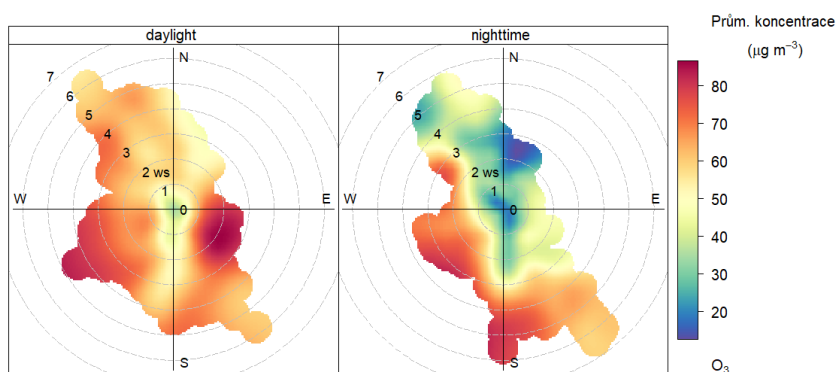
Následující Obr. 66 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici O_3 pro lokalitu Hranice.

Z Obr. 66 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace především při jižním, jihozápadním a východním proudění, nízké koncentrace jsou při bezvětrí. Jižní směry proudění se pak nejvíce podílely na měřených koncentracích O_3 v roce 2022.

Pokud se koncentrační růžice rozdělí na den a noc (Obr. 67), je velmi dobře patrné, že vysoké koncentrace O_3 se vyskytují převážně ve dne, v noci jsou vysoké koncentrace zaznamenány zejména při vyšších rychlostech větru a jižním až západním proudění, což může souviset s dálkovým transportem.

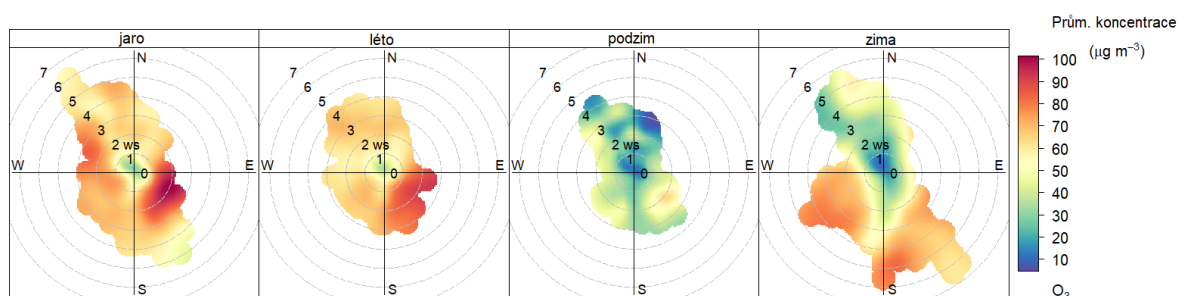


Obr. 66 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro O₃, Hranice, rok 2022



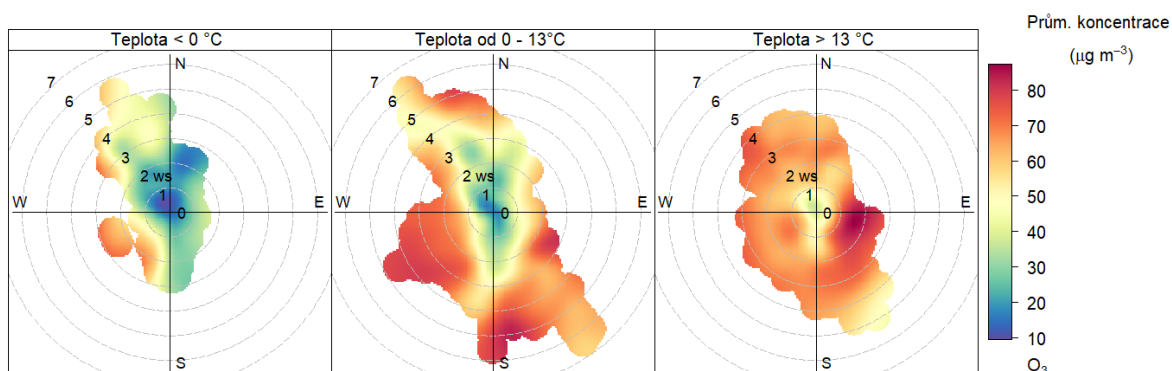
Obr. 67 - Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Hranice, rok 2022

Následující Obr. 68 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Nízké koncentrace lze sledovat převážně v zimě a na podzim, v ostatních měsících jsou koncentrace výrazně vyšší, nejvyšší pak v létě.



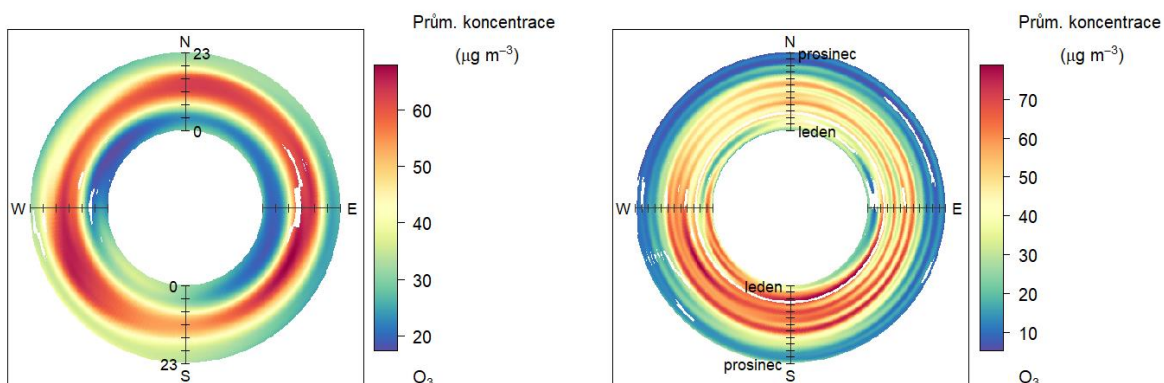
Obr. 68 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Hranice, rok 2022

Zajímavé je také rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 69 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou takřka výhradně měřeny při vyšších teplotách vzduchu. Při teplotách nižších, než je bod mrazu jsou naopak nízké.



Obr. 69 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Hranice, rok 2022

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



Obr. 70 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Hranice, rok 2022

Z Obr. 70 pak vyplývá, že v případě lokality Hranice v roce 2022 byly nejvyšší koncentrace O₃ měřeny v denních hodinách, zejména kolem poledne. Z ročního chodu pak vyplývá, že koncentrace kulminovaly v teplé části roku, zejména při proudění z jihu až jihozápadu.



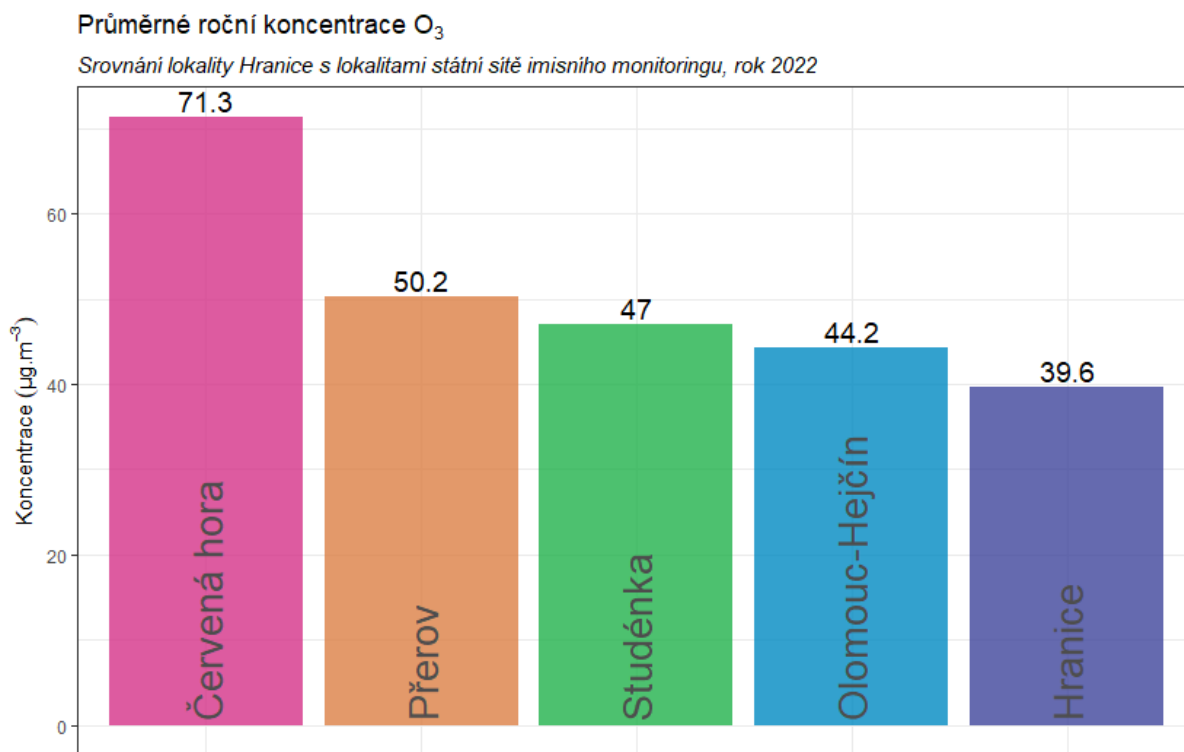
3.3.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

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

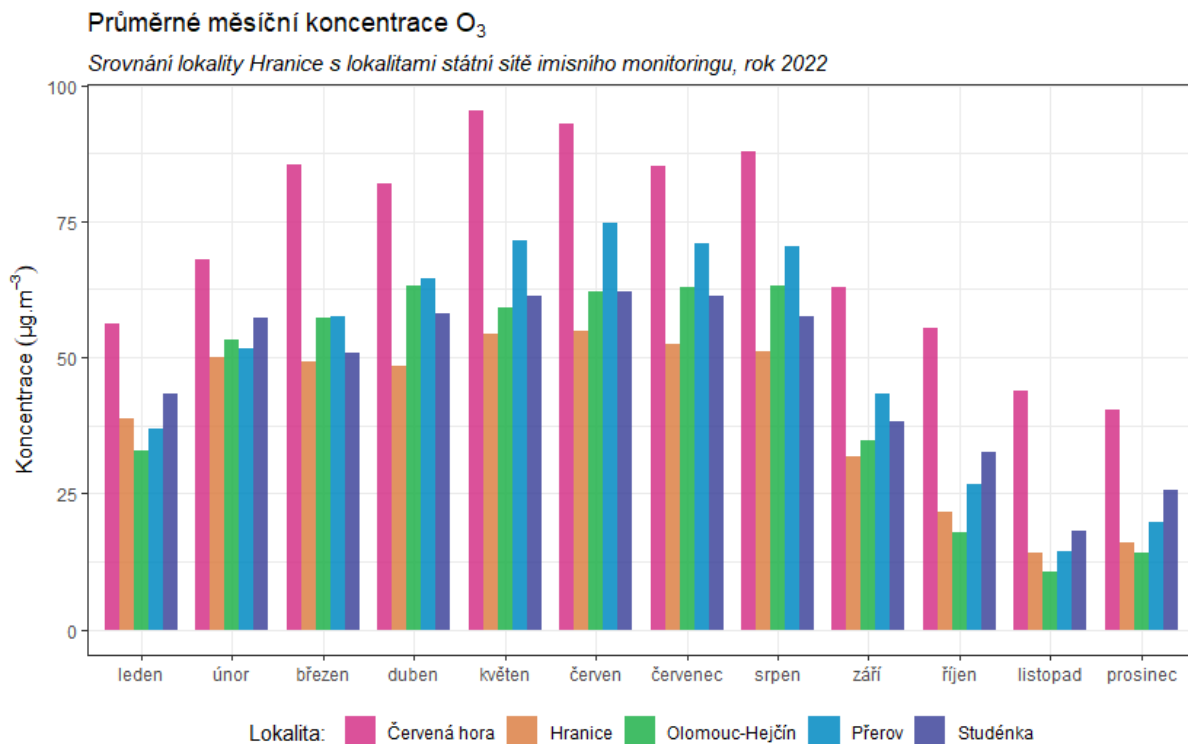
Na následujícím Obr. 71 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace přízemního ozónu O_3 na okolních lokalitách v roce 2022 a srovnány s lokalitou Hranice. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Hranice jsou měřeny nejnižší koncentrace, hodnoty jsou však podobné jako v lokalitě Studénka a Olomouc-Hejčín. Nejvyšší koncentrace O_3 měřeny v lokalitě Červená hora. Souvisí to s mechanismem tvorby přízemního ozónu v atmosféře a také s přítomností látek, se kterými může O_3 reagovat a spotřebovávat se.

Následující graf na Obr. 72 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace O_3 naměřené v jednotlivých lokalitách. Z grafu je patrné, že vysoké koncentrace jsou vždy měřeny v teplé části roku, což souvisí s tvorbou přízemního O_3 v atmosféře. Výrazně vyšší jsou koncentrace v lokalitě Červená hora.

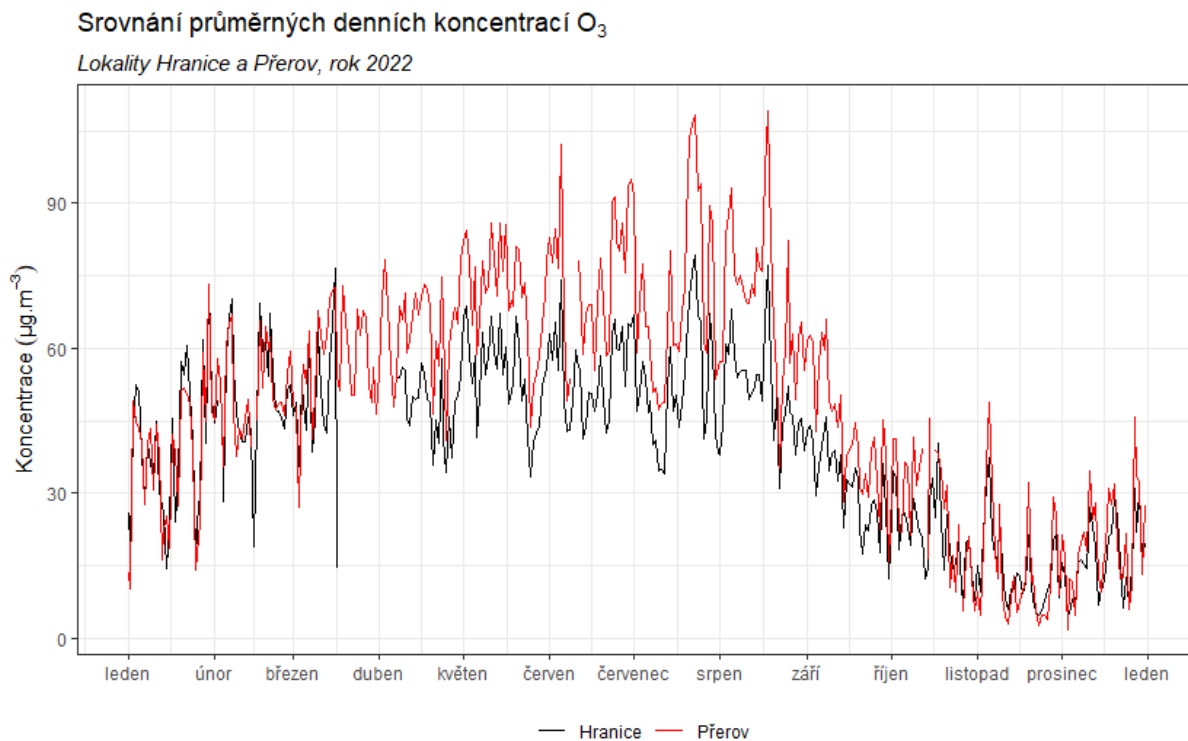
Následující graf na Obr. 73 srovnání průměrných denních koncentrací O_3 s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu měřící O_3 Přerov. Z grafu je patrné, že v lokalitě Přerov jsou měřeny mírně vyšší koncentrace O_3 po celý rok, vývoj je téměř totožný a lokality spolu velmi dobře korelují.



Obr. 71 – Srovnání průměrné roční koncentrace O_3 lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022



Obr. 72 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací O_3 lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022



Obr. 73 – Srovnání průměrných denních koncentrací O_3 , lokality Hranice a Přerov, rok 2022



4 ZÁVĚRY

- Vývoj průměrných denních koncentrací **PM₁₀** i **PM_{2,5}** odpovídá vývoji koncentrací na dalších stanicích státní sítě imisního monitoringu. Na úrovni hodinových koncentrací ovlivňují vývoj meteorologické podmínky (např. teplota) a s nimi související činnosti – zejména vytápění v lokálních topeništích. Maximální koncentrace **PM₁₀** i **PM_{2,5}** byly měřeny ve večerních a nočních hodinách po zatopení. Důležitým faktorem je rovněž rychlost větru – pokud je bezvětří, nedochází k rozptýlu škodlivin, ale naopak k jejich kumulaci a koncentrace rostou.
- Průměrné roční koncentrace **PM₁₀** (24,9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) ani **PM_{2,5}** (18,4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nepřekračují imisní limit pro průměrné roční koncentrace těchto škodlivin.
- Za rok 2022 byla hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci **PM₁₀** (50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) překročena 25x, imisní limit pro průměrnou denní koncentraci **PM₁₀** je tak plněn.
- Koncentrace **oxidů dusíku** souvisí především se zatížením dopravou. Zvýšené koncentrace v rámci denního chodu tak byly pozorovány během ranní a večerní dopravní špičky. I tak byly koncentrace nízké, charakteristické pro městské pozadí. Okolo poledne dochází k poklesu koncentrací **NO₂** také díky reakci této látky při tvorbě přízemního ozónu. V lokalitě Hranice jsou obdobné koncentrace, jako lokalita Olomouc – Hejčín, trend vývoje je na všech lokalitách podobný. Z hlediska týdenního chodu jsou vyšší koncentrace měřeny v pracovní dny s vyšším zatížením dopravou.
- Průměrná roční koncentrace **NO₂** (16,3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nepřekračuje imisní limit pro průměrnou roční koncentraci **NO₂**. Není překračován ani imisní limit pro hodinovou koncentraci **NO₂**.
- Vysoké koncentrace přízemního ozónu **O₃** jsou měřeny převážně v letních dnech s vysokými teplotami a dlouhým časem slunečního svitu přes den. V zimě jsou koncentrace naopak nízké. Naměřené hodnoty byly nižší než koncentrace, které měřila stanice státní sítě imisního monitoringu Červená hora, srovnatelné s lokalitami Olomouc – Hejčín či Studénka.
- V rámci přízemního ozónu se s imisním limitem srovnávají maximální 8hodinové klouzavé průměry v průměru za tři roky. Průměr 26. nejvyšších hodnot za tři roky 2020–2022 měl hodnotu 99,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, imisní limit pro přízemní ozón tedy překročen nebyl.



5 Citovaná literatura

- [1] *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů, 2012 - 2017*, MŽP, 2012.
- [2] R Core Team, „R: A language and environment for statistical computing,“ R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria., 2018. [Online]. Available: <https://www.R-project.org/>.
- [3] H. Wickham a et al., „Welcome to the tidyverse,“ *Journal of Open Source Software*, sv. 4, č. 43, p. 1686, 2019.
- [4] D. Carslaw a K. Ropkins, „Openair - an R package for air quality data analysis,“ *Environmental*, Sv. %1 z %227-28, pp. 52 - 61, 2012.
- [5] R. Tolasz a H. Škáchová, „Rok 2022 v Česku,“ ČHMÚ, 01 2023. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2023/Zprava_Rok_2022.pdf.
- [6] V. Michal, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovaných v městských aglomeracích,“ v *Konference ČAS 2010. Sborník konference*, Praha, 2010.
- [7] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2021, ISBN: ISBN 978-80-7653-038-6,“ ČHMÚ Praha, 2022. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/21groc/gr21cz/Obsah_CZ.html.
- [8] U. EPA, „Particulate Matter (PM) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/pm-pollution>.
- [9] J. Keder, „Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátoru Grimm,“ v *Ovzduší 2007*, Brno, 2007.
- [10] USEPA, „Nitrogen Dioxide (NO2) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/no2-pollution>.
- [11] P. WARNECK, *Chemistry of the natural atmosphere*, San Diego: Academic Press: ISBN 0-12-735632-0, 2000.
- [12] European Commission, „Position paper on air quality: nitrogen dioxide,“ 1997.
- [13] J. H. Seinfeld a S. N. Pandis, *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*, New York: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-471-72017-1, 2006.
- [14] J. Fiala a D. Závodský, „Chemické aspekty znečištěného ovzduší – troposférický ozon,“ v *Kompendium ochrany kvality ovzduší*, Praha, 2003.
- [15] I. Colbeck a A. R. Mackenzie, „Air Pollution by photochemical oxidants,“ *Air Quality Monographs*, č. Elsevier. ISBN 0-444-88542-0, 1994.
- [16] *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší*, 2012.
- [17] *Vyhláška č. 330/2012 Sb. o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích*, Praha, 2012.
- [18] Š. L. Š. H. Tolasz R., „Počasí, podnebí a kvalita ovzduší v ČR v roce 2016 – vybrané události,“ 13 1 2016. [Online]. Available: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1484297500>.



- [19] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky 1996 - 2015,“ 1 12 2016. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.
- [20] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky,“ 1996 - 2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.
- [21] ČHMÚ, „Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší,“ 2010-2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance_CZ.html.
- [22] M. VOJTÍŠEK, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovaných v městských aglomeracích,“ *Konference ČAS 2010. Sborník konference.*, č. ISBN: 978-80-86186-25-2, 2010.
- [23] WHO, „Air quality guidelines for Europe, Second Edition,“ *WHO Regional Publications, European Series*, sv. No. 91, 2000.
- [24] EEA, „Air quality in Europe — 2016 report,“ 2016. [Online]. Available: https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at_download/file.
- [25] ČHMÚ, kolektiv autorů, „Grafická ročenka 2017,“ Český hydrometeorologický ústav, 2018. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah_CZ.html.
- [26] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018,“ 2019. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/IV.1.PM_CHMU2018.pdf. [Přístup získán 2019].
- [27] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2019,“ ISBN: ISBN 978-80-7653-009-6,“ ČHMÚ, 2020. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/Obsah_CZ.html.
- [28] R. Tolasz a H. Škáchová, „Rok 2021 v Česku,“ INFOMET, 12 01 2022. [Online]. Available: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1641983653>.
- [29] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020,“ ISBN: ISBN 978-80-7653-023-2,“ ČHMÚ, 2021. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/Obsah_CZ.html.