

# VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V LOKALITĚ HRANICE ROK 2023



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“

## ÚDAJE O ZAKÁZCE

### Zhotovitel:

ENVltech 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:	31. ledna 2024
Počet výtisků:	1
Výtisk číslo:	1



## **OBSAH**

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>4</b>
1.1	IMISNÍ LIMITY	5
1.2	DATA A JEJICH ZPRACOVÁNÍ	5
1.3	ROK 2023 V ČR Z HLEDISKA METEOROLOGIE A KVALITY OVZDUŠÍ	6
<b>2</b>	<b>METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ</b>	<b>7</b>
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
<b>3</b>	<b>VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ</b>	<b>16</b>
3.1	SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> A PM <sub>1</sub>	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 SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU	29
3.2	OXIDY DUSÍKU NO <sub>2</sub> , NO A NO <sub>x</sub>	35
3.2.1	PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE	36
3.2.2	PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE	37
3.2.3	PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE NO, NO <sub>2</sub> A NO <sub>x</sub>	39
3.2.4	ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	41
3.2.5	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ 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 <sub>3</sub>	50
3.3.4	ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	53
3.3.5	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU	56
<b>4</b>	<b>ZÁVĚRY</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>CITOVANÁ LITERATURA</b>	<b>59</b>



## 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 pozadřovou 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 2023 v lokalitě Hranice byla 90,5 %. Nejnižší výtěžnost dat byla naměřena v případě přízemního ozónu (76 %) a oxidů dusíku (80.6 %).





## 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 <sub>10</sub>	24 hodin	50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	35
Suspendované částice PM <sub>10</sub>	1 kalendářní rok	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	
Suspendované částice PM <sub>2,5</sub>	1 kalendářní rok	20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	
Oxid dusičitý NO <sub>2</sub>	1 hodina	200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	18
Oxid dusičitý NO <sub>2</sub>	1 kalendářní rok	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	
Přízemní ozón O <sub>3</sub>	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 PM<sub>10</sub> 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 2023 V ČR Z HLEDISKA METEOROLOGIE A KVALITY OVZDUŠÍ

**Rok 2023 byl na území ČR teplotně silně nadnormální, průměrná roční teplota vzduchu 9,7 °C byla o 1,4 °C vyšší než normál 1991–2020.** Jde tak o vůbec nejteplejší rok zaznamenaný v řadě od roku 1961. Doposud nejteplejším rokem na našem území byl rok 2018 s průměrnou roční teplotou 9,6 °C, následovaly roky 2019 (9,5 °C), 2014 a 2015 (9,4 °C). V uplynulém roce 2023 byla u všech měsíců kromě dubna a května odchylka průměrné měsíční teploty vzduchu na území ČR od normálu 1991–2020 kladná. Výrazně teplé byly měsíce leden (odchylka +3,4 °C), září (odchylka +3,5 °C), říjen (odchylka +2,9 °C) a prosinec (odchylka +2,5 °C).

**Srážkově byl rok 2023 na území ČR normální. Předběžný průměrný roční úhrn srážek 728 mm představuje 106 % normálu 1991–2020.** V průběhu roku se střídaly na srážky bohaté a chudé měsíce. Srážkově silně nadnormální byly měsíce duben s úhrnem 68 mm (174 % normálu), srpen s úhrnem 135 mm (173 % normálu), listopad s úhrnem 90 mm (200 % normálu) a prosinec a úhrnem 90 mm (196 % normálu). Naopak velmi suché bylo září, kdy na území ČR spadlo v průměru pouze 18 mm srážek (30 % normálu). [5].

**Rok 2023 byl z hlediska kvality ovzduší mimořádně příznivý. Koncentrace většiny látek znečišťujících ovzduší v roce 2023 opět poklesly a za hodnocené období 2013–2023 dosáhly nejnižších hodnot. Poprvé za celou historii měření nebyl překročen žádný z imisních limitů pro suspendované částice PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>. Navíc v roce 2023, podobně jako v minulých letech, nebyly překročeny ani imisní limity pro NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> a CO.**

K relativně dobré kvalitě ovzduší v ČR, vyjma přízemního ozonu (O<sub>3</sub>), v roce 2023 přispěly zejména výrazně nižší koncentrace látek znečišťujících ovzduší během zimního období (leden–březen, říjen–prosinec), kdy z hlediska kvality ovzduší převažovaly příznivé meteorologické a rozptylové podmínky. Výrazně nižší koncentrace v porovnání s desetiletým průměrem 2013–2022 byly zaznamenány v lednu (teplotně silně nadnormální měsíc s výrazně lepšími rozptylovými podmínkami), v březnu a nejvýraznější v listopadu, kdy byly – pro listopad atypicky – pouze dobré rozptylové podmínky.

K překročení 24hodinového imisního limitu PM<sub>10</sub> v roce 2023 nedošlo na žádné stanici s automatizovaným měřicím programem. Jedná se tak o první rok za celou historii měření PM<sub>10</sub> od 90. let minulého století, kdy 24hodinový imisní limit nebyl překročen. Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM<sub>10</sub> nebyl v roce 2023 překročen na žádné stanici s automatizovaným měřicím programem. Rok 2023 prodloužil souvislou řadu let bez překročení imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci PM<sub>10</sub> počínající rokem 2019. Imisní limit pro roční průměrnou koncentraci PM<sub>2,5</sub> nebyl v roce 2023 překročen na žádné stanici s automatizovaným měřicím programem. Stalo se tak poprvé od zavedení tohoto limitu v roce 2005, který byl navíc v roce 2020 zpřísněn.

V roce 2023 byly vyhlášeny tři smogové situace z důvodu vysokých koncentrací suspendovaných částic PM<sub>10</sub> v celkové délce trvání 105 h (4,4 dny) a jedna smogová situace z důvodu vysokých koncentrací přízemního ozonu v délce trvání 16 h (0,7 dny).

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 [6].

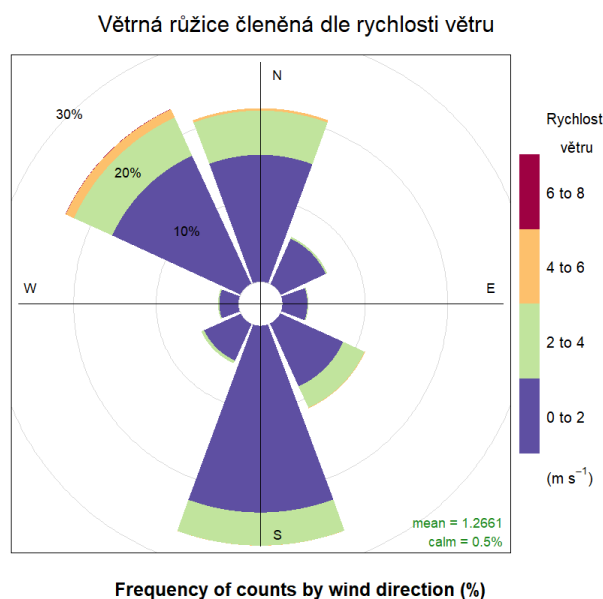




## 2 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ

### 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, severozápadní až severní a jižní proudění (nad 20 %). Ostatní směry větru byly méně významné (do cca 10 %). Vyšší rychlosti větru byly zaznamenány především ze severozápadu. Bezvětrí panovalo ve zhruba 0,5 % času měření. Průměrná rychlost větru za celé měřené období byla v lokalitě Hranice zhruba  $1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .



Obr. 1 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, Hranice, rok 2023

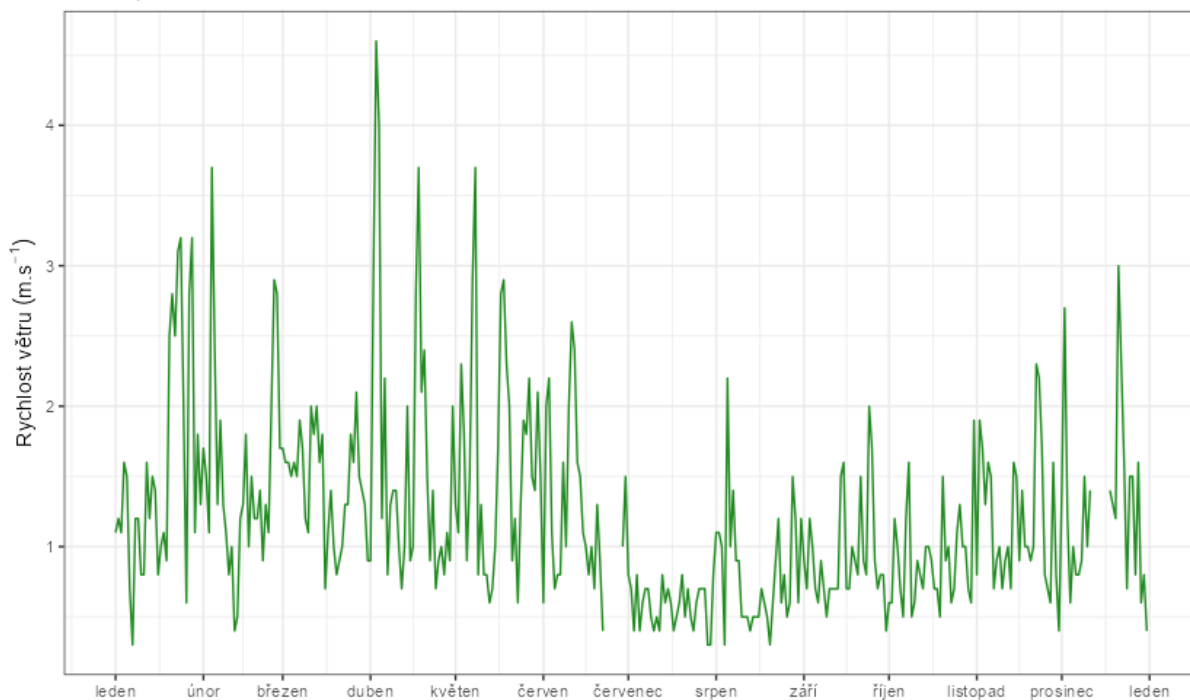
### 2.2 RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU

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 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 koncentrace 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 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  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , rychlosti nad  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  se vyskytovaly výjimečně. Následující Obr. 3 zobrazuje průměrné měsíční hodnoty rychlosti větru.

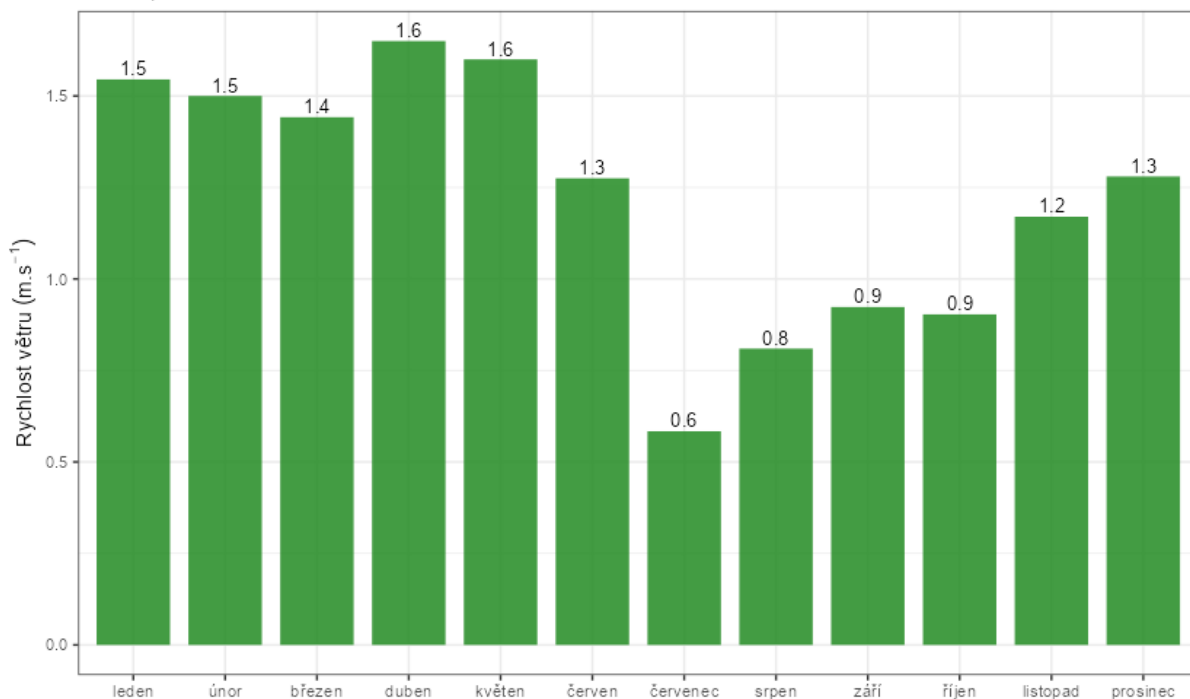


Vývoj průměrných denních rychlostí větru  
Hranice, rok 2023



Obr. 2 – Průměrné denní rychlosti větru, Hranice, rok 2023

Vývoj průměrných měsíčních rychlostí větru  
Hranice, rok 2023



Obr. 3 – Průměrné měsíční rychlosti větru, Hranice, rok 2023

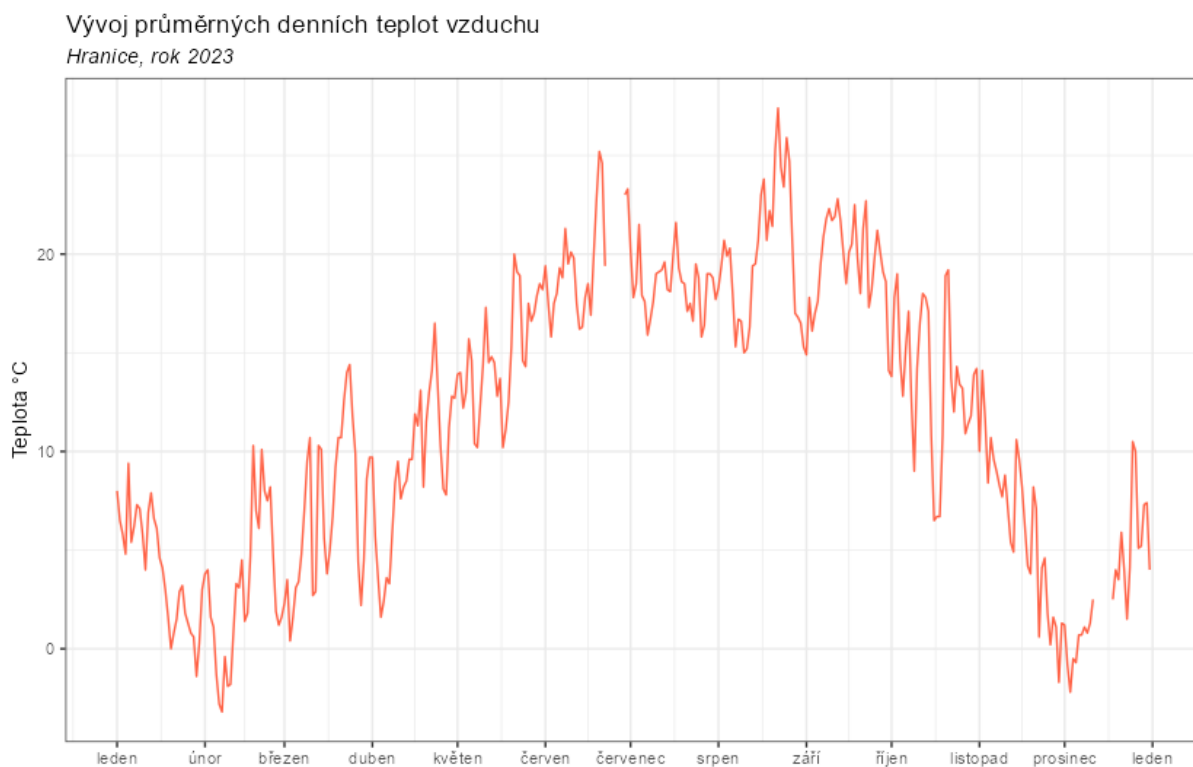




## 2.3 TEPLOTA VZDUCHU

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.

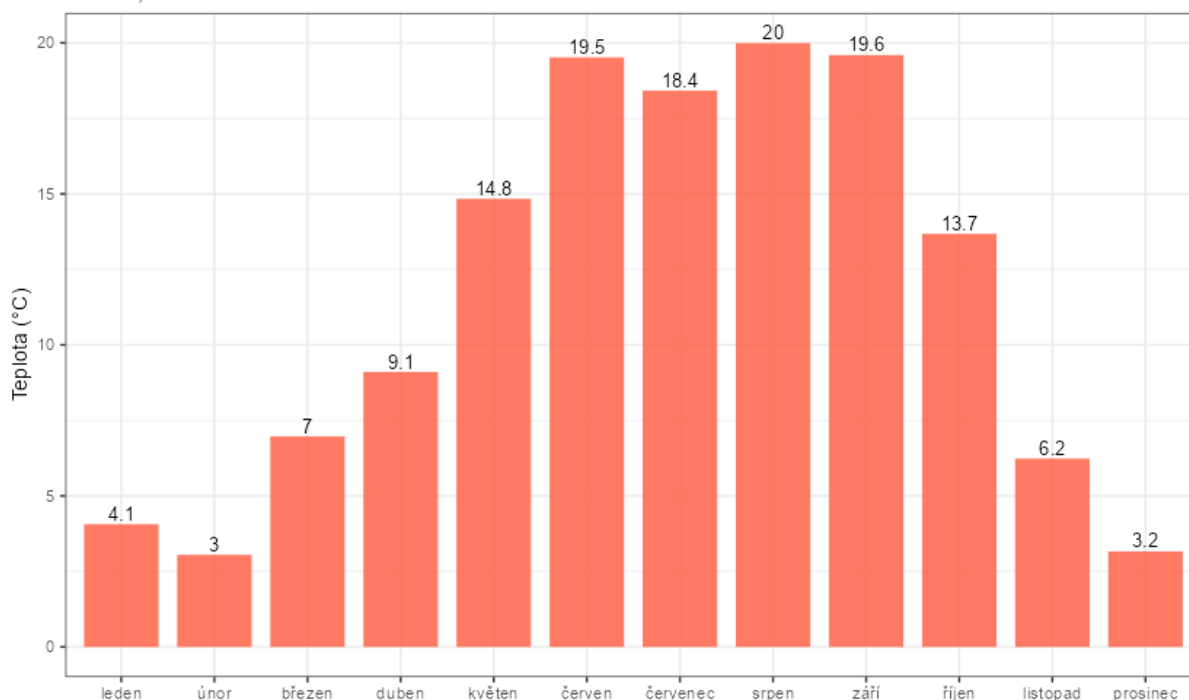
Následující Obr. 4 zobrazuje průměrné denní teploty vzduchu v lokalitě Hranice. Z grafu vyplývá, že maximální hodnoty byly v této lokalitě měřeny v srpnu, minimální teploty pak byly měřeny v únoru a prosinci (Obr. 5).



Obr. 4 – Průměrné denní teploty vzduchu, Hranice, rok 2023



Vývoj průměrných měsíčních teplot vzduchu  
Hranice, rok 2023

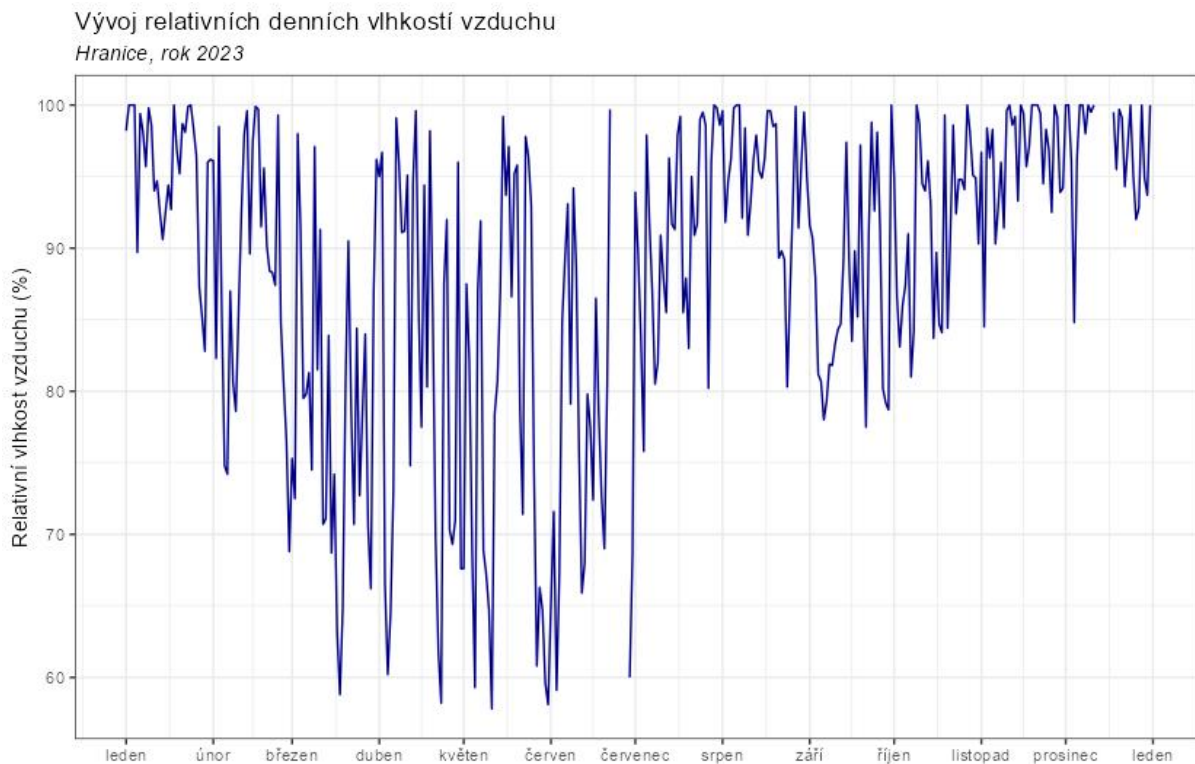


Obr. 5 – Průměrné měsíční teploty, Hranice, rok 2023

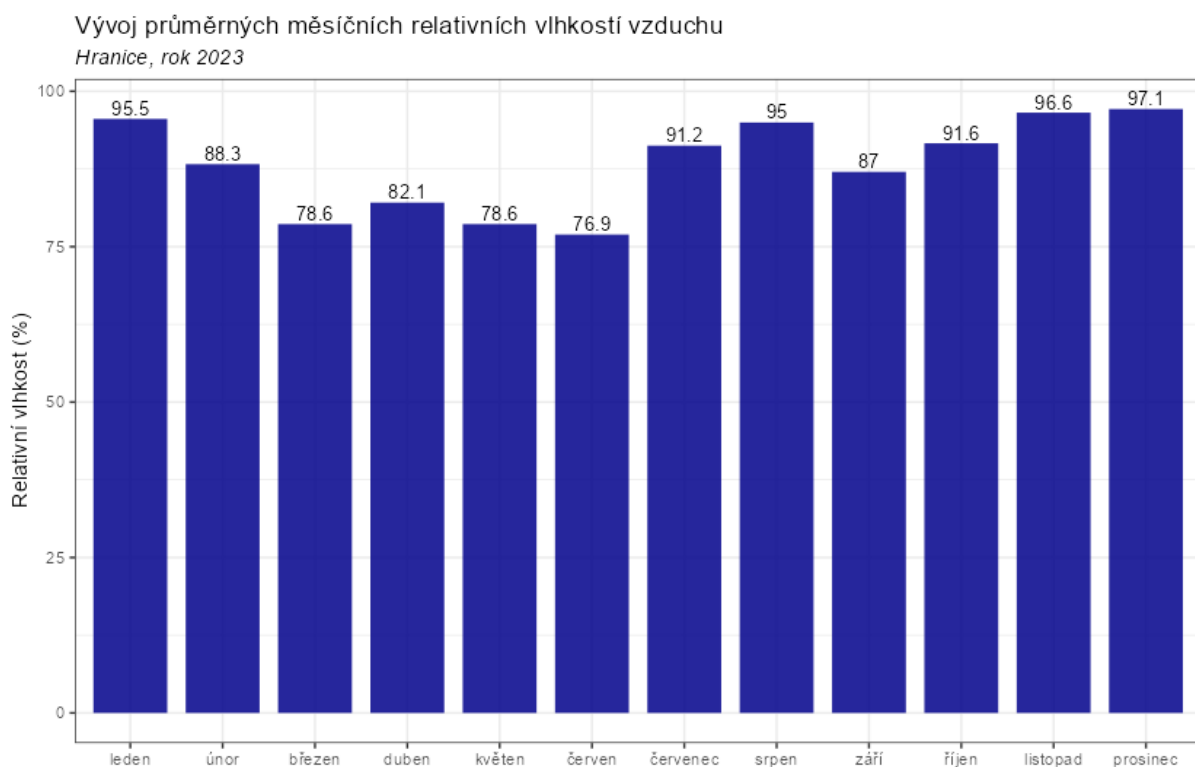
## 2.4 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU

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 zejména v chladné části roku, ale také v srpnu a červenci. Naopak nejnižší hodnoty byly měřeny od března do června. Průměrné měsíční hodnoty jsou uvedeny v grafu na Obr. 7



Obr. 6 - Průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu, Hranice, rok 2023



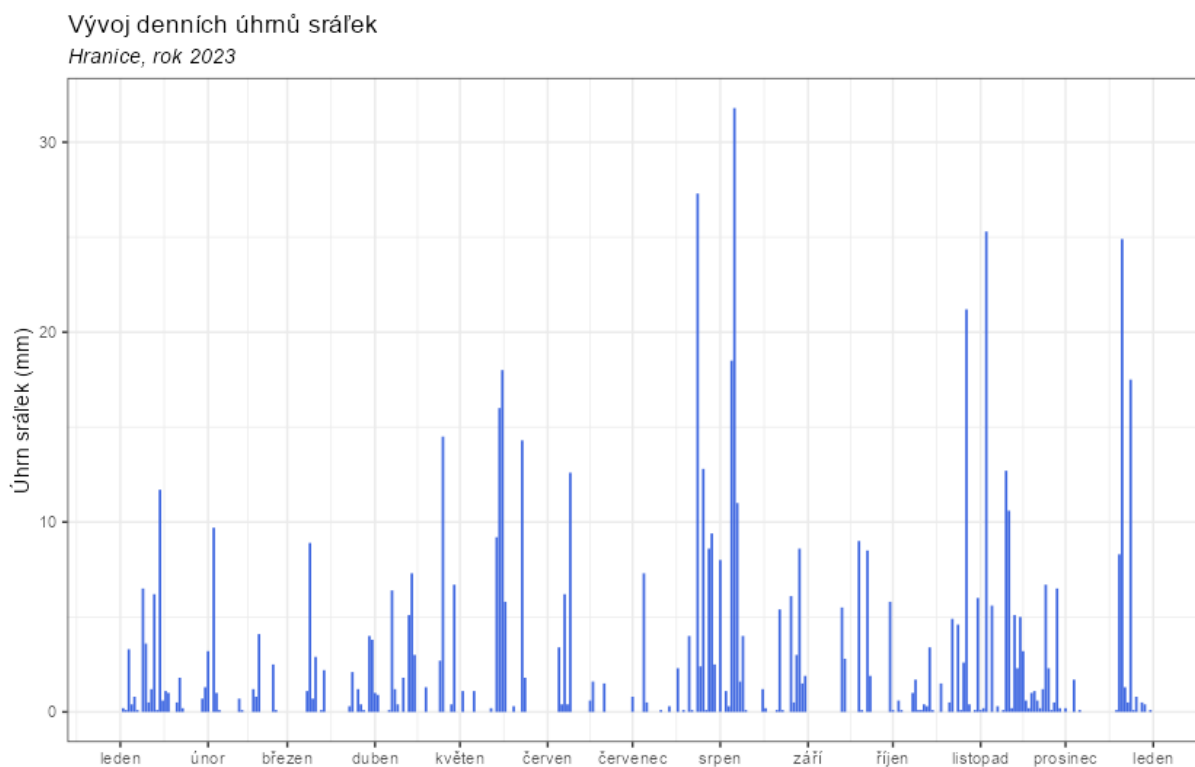
Obr. 7 – Průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu, Hranice, rok 2023



## 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. Nejvyšší úhrny srážek se vyskytly v srpnu, vyšší hodnoty byly naměřeny rovněž v listopadu a červenci. Naopak nejnižší úhrny srážek byly zaznamenány v únoru, červnu a březnu (do 30 mm úhrnu srážek).

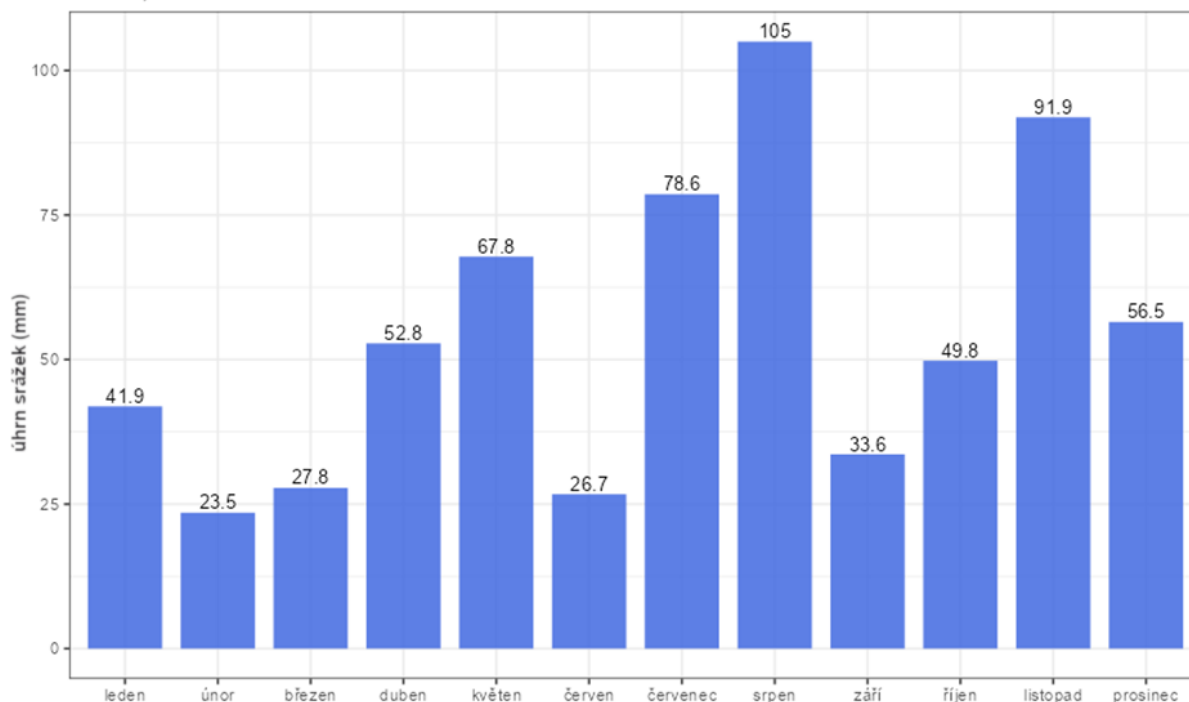


Obr. 8 – Denní úhrn srážek, Hranice, rok 2023



### Vývoj měsíčních úhrnů srážek

Hranice, rok 2023



Obr. 9 – Měsíční úhrn srážek, Hranice, rok 2023

## 2.6 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

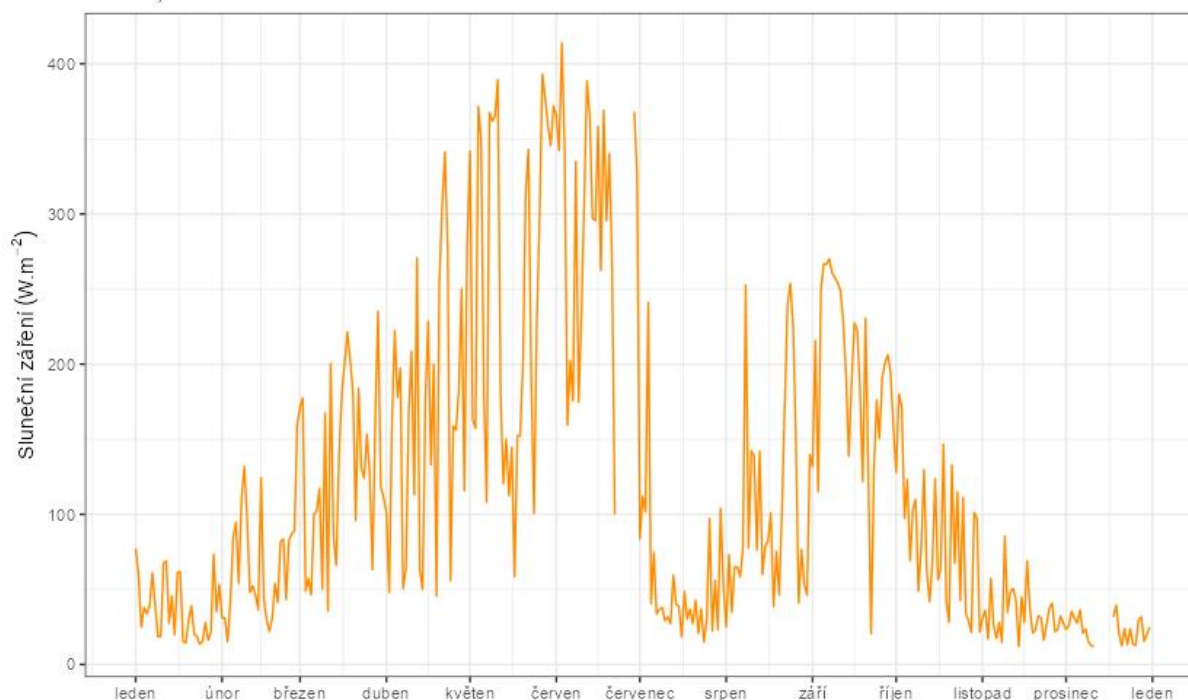
Koncentrace přízemního ozónu velmi výrazně ovlivňuje sluneční záření. Přízemní ozón se tvoří fotochemickou reakcí. Aby reakce vůbec proběhla, nutně vyžaduje sluneční záření. S rostoucím slunečním zářením tedy rostou koncentrace přízemního ozónu, naopak při nižších hodnotách slunečního záření (převážně 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 teplé části roku, i když v červenci a srpnu došlo k výraznému propadu. Z průměrných měsíčních hodnot (Obr. 11) lze vyčíst, že slunce nejvíce svítilo v červnu a nejméně v prosinci.



### Vývoj slunečního záření

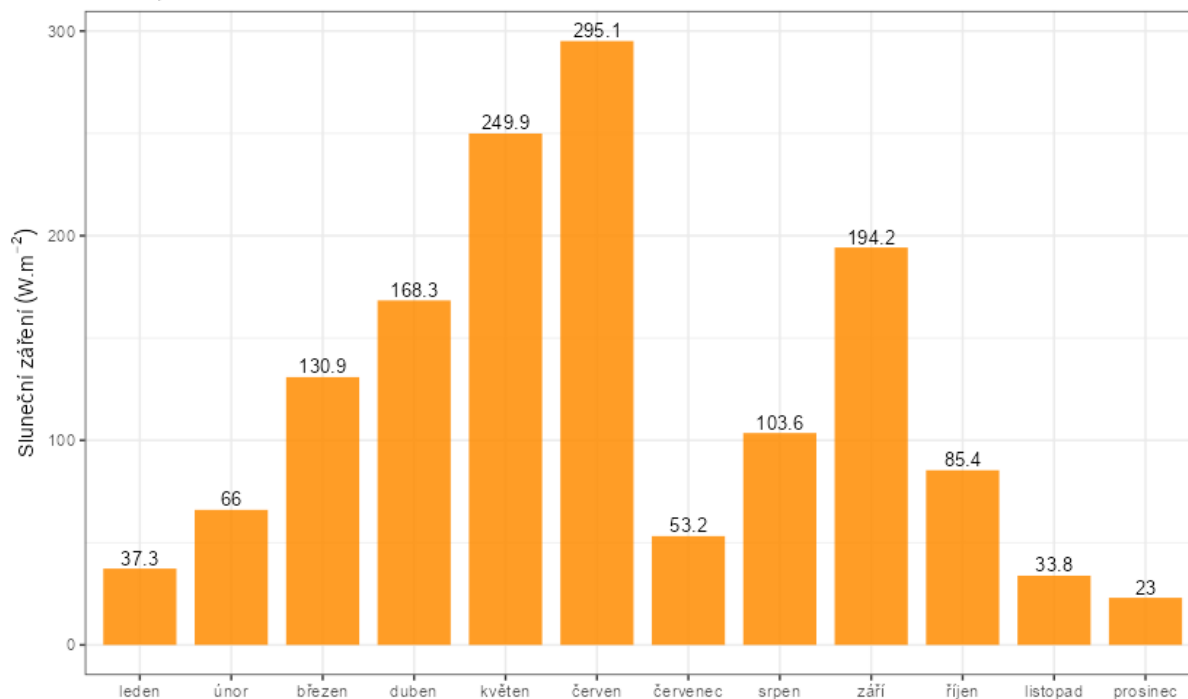
Hranice, rok 2023



Obr. 10 - Průměrné denní hodnoty slunečního záření, Hranice, rok 2023

### Vývoj průměrné měsíční hodnoty slunečního záření

Hranice, rok 2023

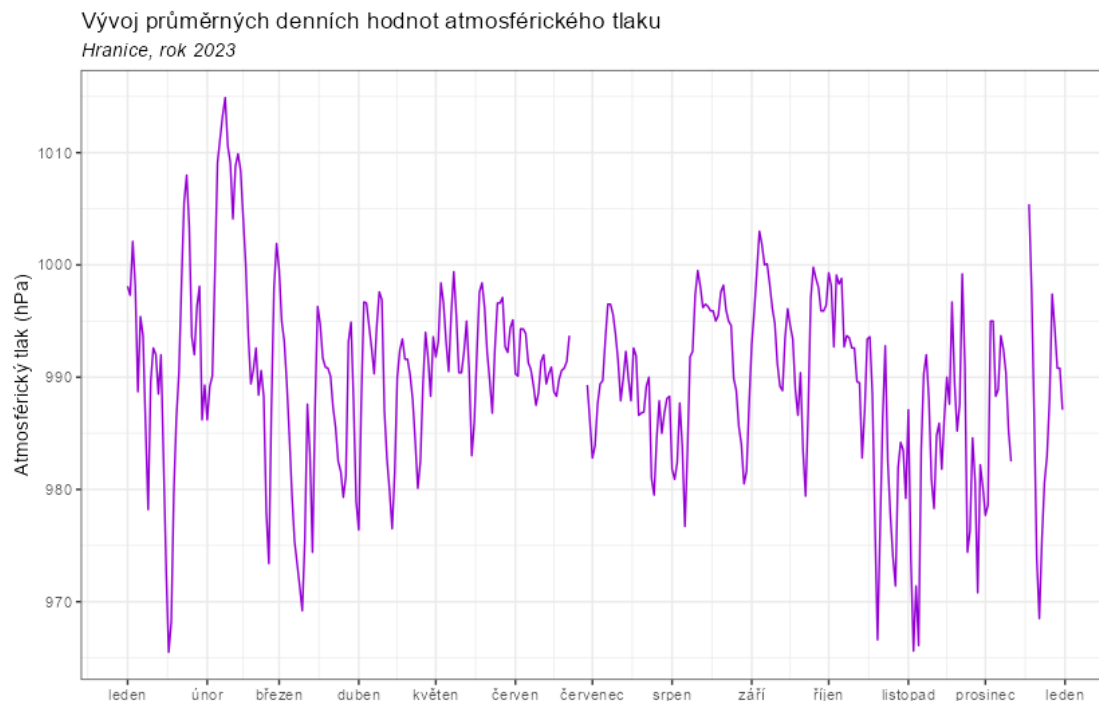


Obr. 11 – Průměrné měsíční hodnoty slunečního záření, Hranice, rok 2023

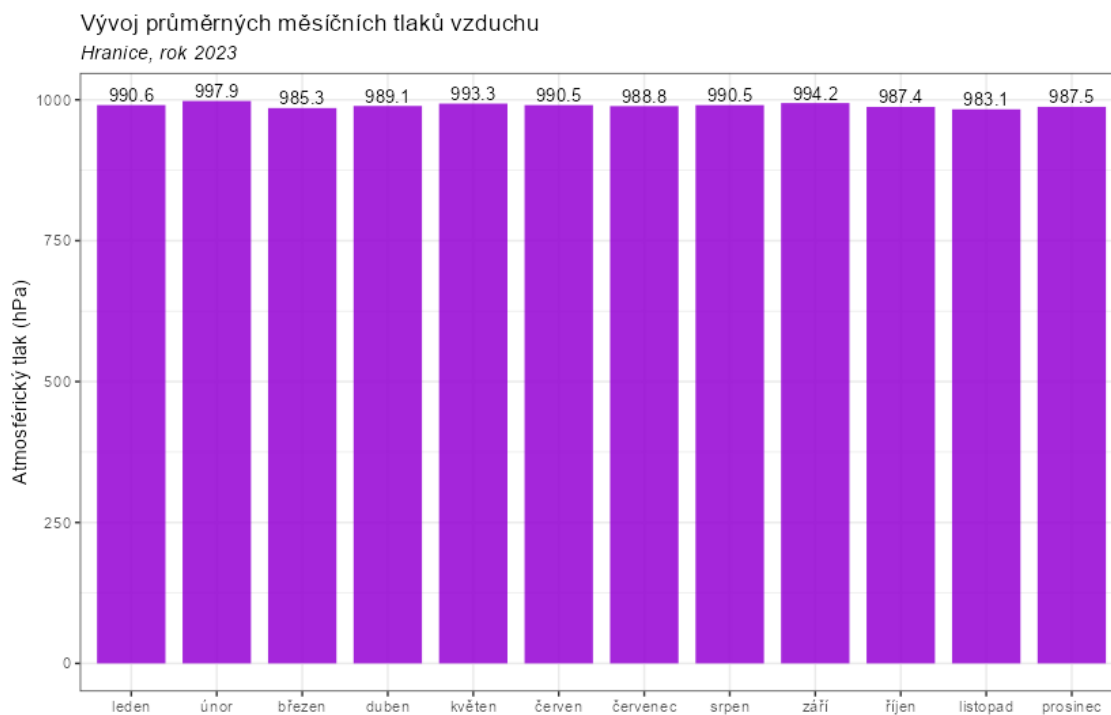


## 2.7 ATMOSFÉRICKÝ TLAK

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 únoru.



Obr. 12 - Průměrné denní hodnoty atmosférického tlaku, Hranice, rok 2023



Obr. 13 – Průměrné měsíční hodnoty atmosférického tlaku, Hranice, rok 2023



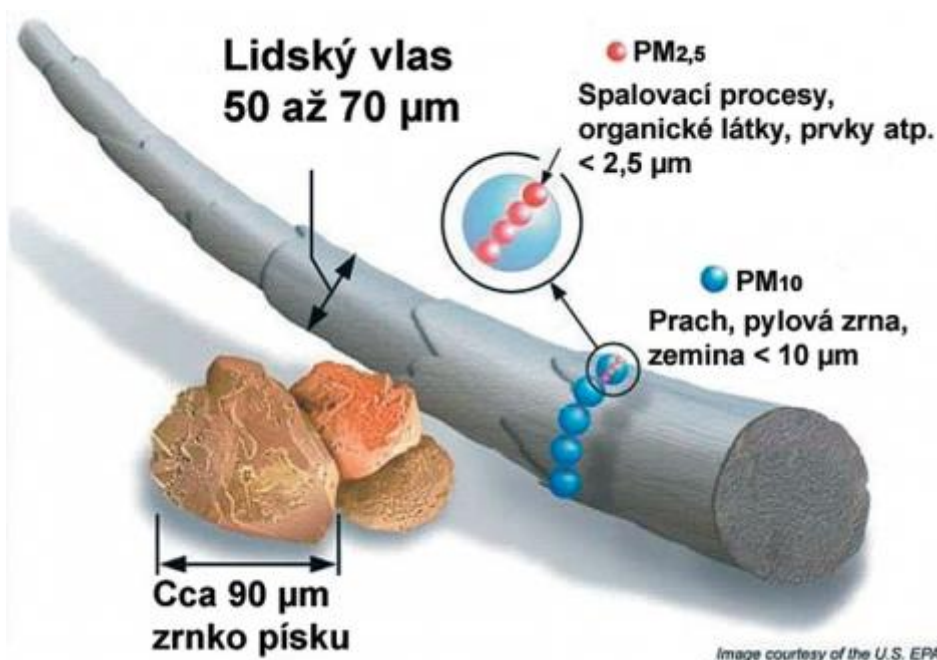


## 3 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

### 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  $\mu m$ ) a jemnější frakci  $PM_{2,5}$  (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 2,5  $\mu m$ ). Názorně jsou tyto částice velikostně srovnány s lidským vlasem na Obr. 14.



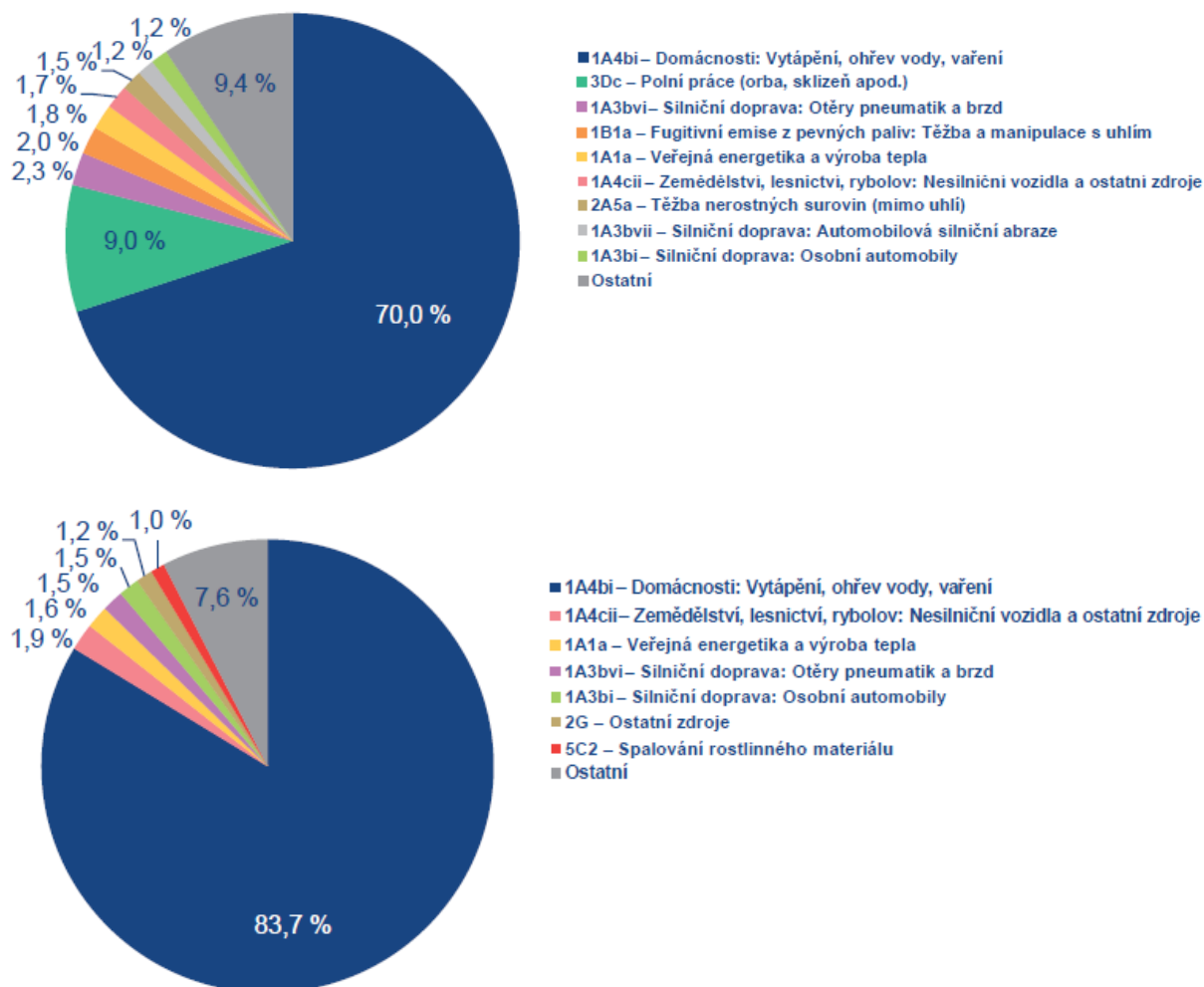
Obr. 14 – Srovnání velikostí částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  s lidským vlasem a zrnkem písku. Zdroj: US EPA

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.). Zahrnuti 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 2021 patřil sektor 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami  $PM_{10}$  70 % a  $PM_{2,5}$  83,7 %. 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 % emisí PM<sub>10</sub>. 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 [7]. Mobilní zdroje se na emisích PM<sub>10</sub> v roce 2021 podílely 5,4 % a na emisích PM<sub>2,5</sub> 4,6 % [8].



Obr. 15 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM<sub>10</sub> (nahore) a PM<sub>2,5</sub> (dole) v ČR, rok 2021 [8]

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



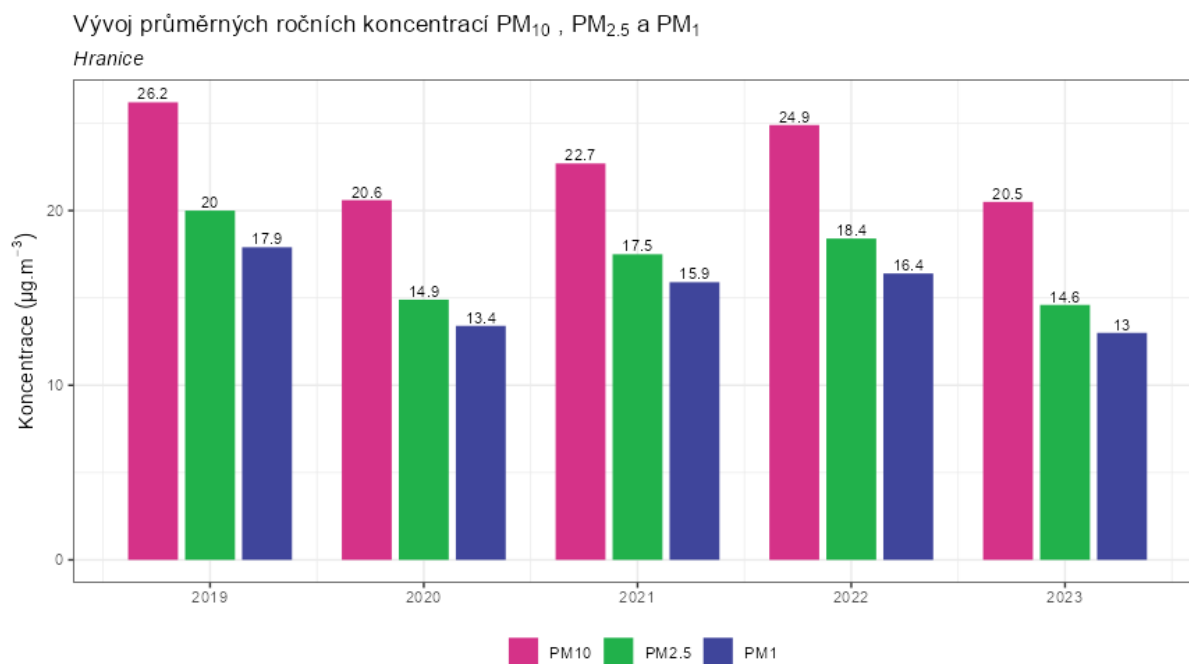
dýchací a oběhové soustavy. Nejzávažnější zdravotní dopady, tj. kardiovaskulární a respirační účinky a navýšení úmrtnosti, mají jemné a ultra jemné částice s velikostí aerodynamického průměru pod  $1 \mu\text{m}$  [9], [10].

### 3.1.1 Průměrné roční koncentrace

**Průměrná roční koncentrace  $\text{PM}_{10}$  činila v roce 2023 v lokalitě Hranice  $20,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Imisní limit tedy překročen nebyl. Průměrná roční koncentrace  $\text{PM}_{2,5}$  činila v roce 2023 v lokalitě Hranice  $14,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Imisní limit tedy překročen nebyl.**

Průměrná roční koncentrace  $\text{PM}_1$  činila v roce 2023 v lokalitě Hranice  $13,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Následující Obr. 16 zobrazuje průměrné roční koncentrace  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  a  $\text{PM}_1$  v lokalitě Hranice. Z grafu je patrné, že proti roku 2022 došlo ve všech sledovaných frakcích prašnosti k mírnému poklesu průměrných ročních koncentrací. Jedná se o nejnižší hodnoty za sledované období.



Obr. 16 – Průměrné roční koncentrace PM, lokalita Hranice

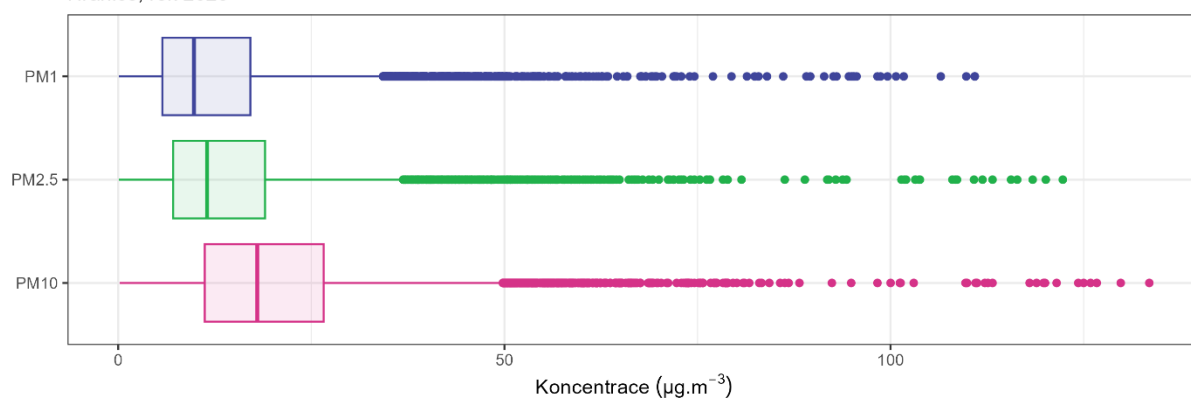
Následující Tab. 2 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé frakce PM. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2023 pak zobrazuje Obr. 17.



Tab. 2 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$  v lokalitě Hranice, rok 2023

STATISTIKA	PM10	PM25	PM1
PRŮMĚR	20,6	14,9	13,3
MAXIMUM	133,5	122,3	110,9
MEDIÁN	18	11,5	9,8
MINIMUM	0,2	0,1	0,1

Statistické zpracování hodinových koncentrací  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$   
Hranice, rok 2023



Obr. 17 – Statistické zpracování hodinových koncentrací  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$  v lokalitě Hranice, rok 2023

### 3.1.2 Průměrné měsíční koncentrace

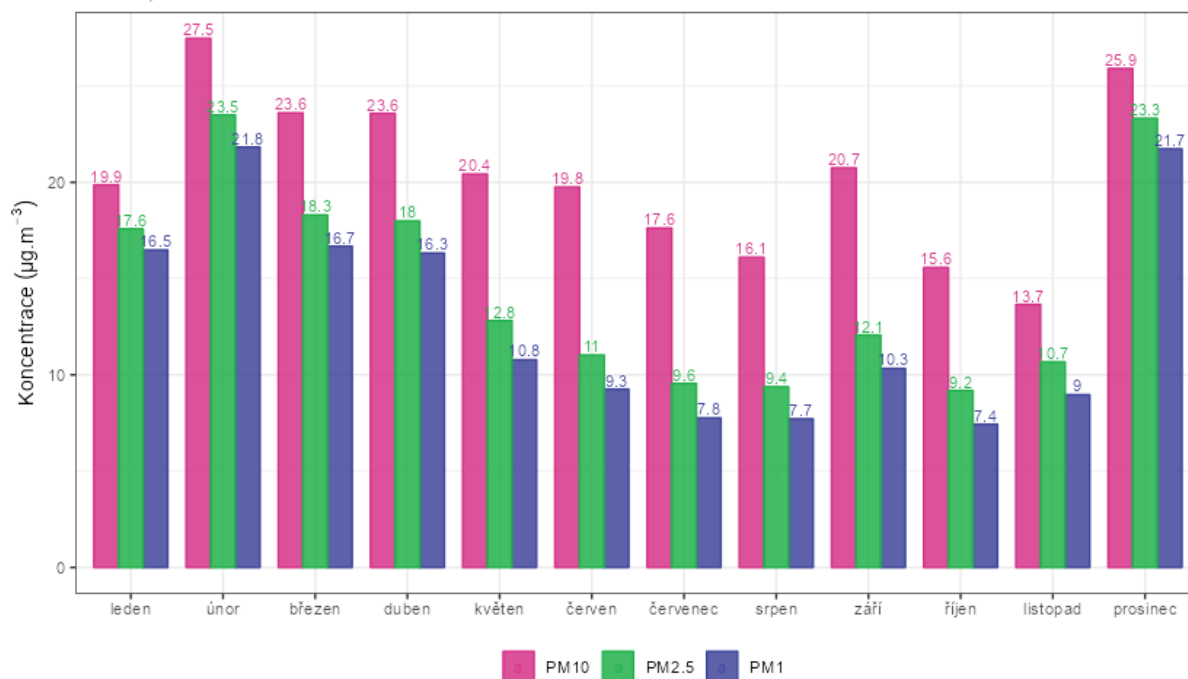
Na Obr. 18 jsou průměrné měsíční koncentrace  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$ . Z obrázku je patrné, že v teplé části roku jsou koncentrace nižší, naopak v chladné části roku jsou měřeny vyšší koncentrace. Nejvyšší průměrná měsíční koncentrace  $PM_{10}$  byla naměřena v únoru a dále pak v prosinci. 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 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub>

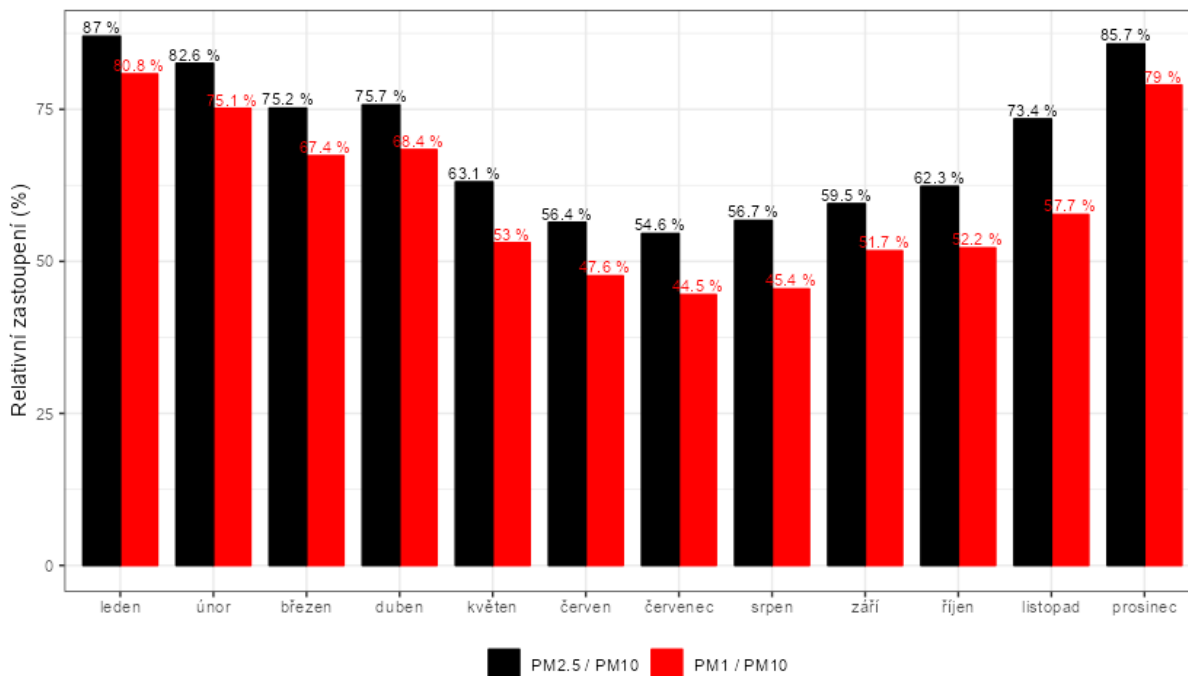
Hranice, rok 2023



Obr. 18 - Průměrné měsíční koncentrace PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub>, Hranice, rok 2023

### Průměrné měsíční relativní zastoupení PM<sub>2,5</sub> v PM<sub>10</sub> a PM<sub>1</sub> v PM<sub>10</sub>

Hranice, rok 2023



Obr. 19 – Průměrné měsíční zastoupení PM<sub>2,5</sub> v PM<sub>10</sub> a PM<sub>1</sub> v PM<sub>10</sub>, lokalita Hranice, rok 2023

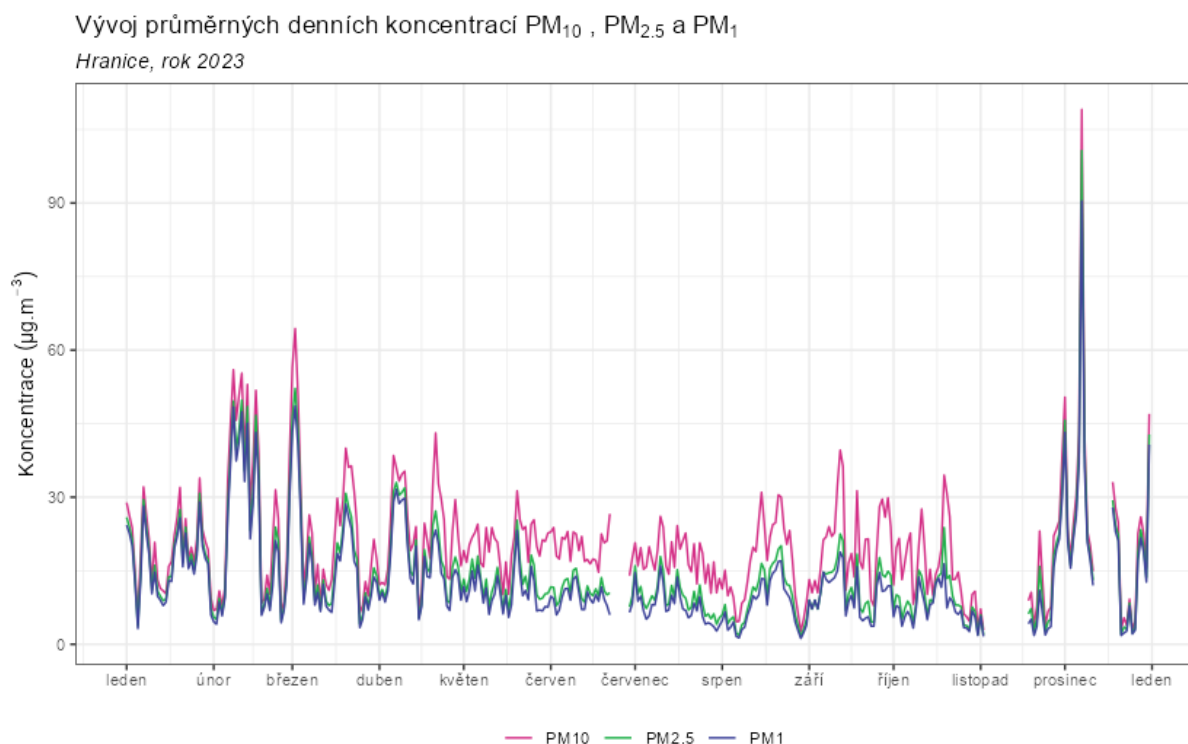


### 3.1.3 Průměrné denní koncentrace PM

Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> v lokalitě Hranice zobrazuje následující Obr. 20. Z grafu je patrné, že koncentrace jemnějších frakcí PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> do značné míry kopírují hrubší frakci PM<sub>10</sub> a z velmi velké části tak PM<sub>10</sub> tvoří. Výrazněji se PM<sub>10</sub> od jemnějších frakcí odděluje v teplé části roku.

Průměrné denní koncentrace vyšší, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub> (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 únoru. Za rok 2023 došlo souhrnně k 10 překročením hodnoty imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub>, 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 PM<sub>10</sub> (36. nejvyšší koncentrace PM<sub>10</sub> za kalendářní rok a počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu) zobrazuje Obr. 22. Obě charakteristiky proti roku 2022 mírně poklesly a byly nejnižší ve sledovaném období.

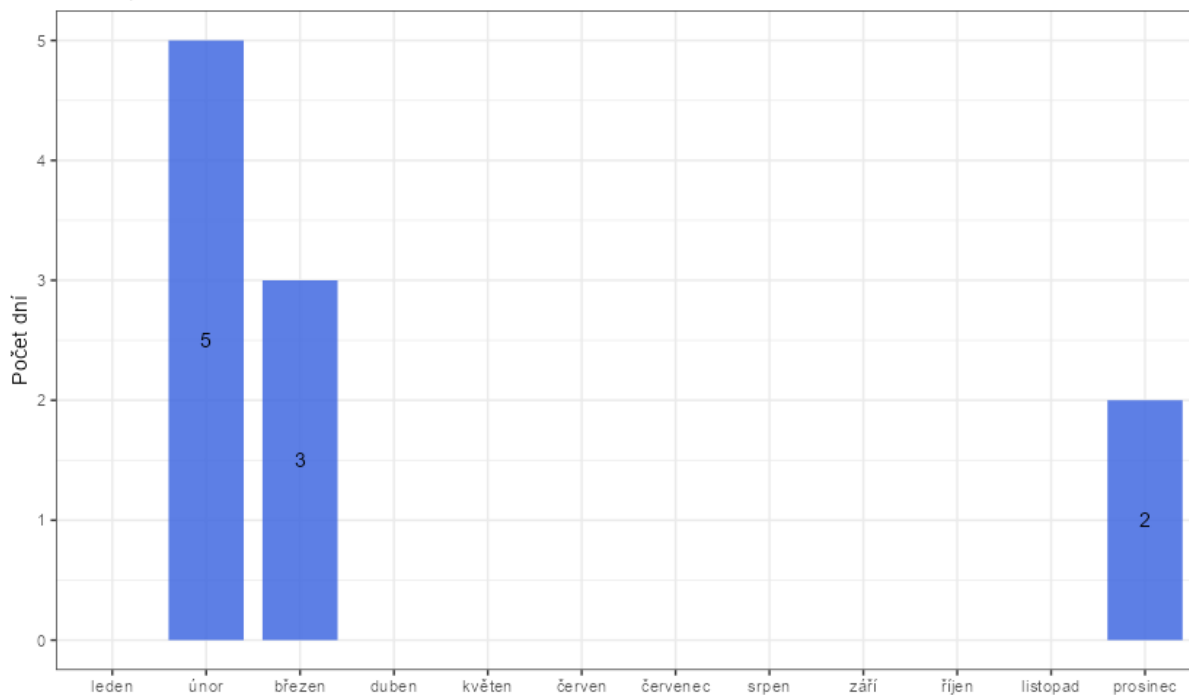


Obr. 20 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub>, Hranice, rok 2023



Počet dní s překročením denního imisního limitu PM<sub>10</sub> v jednotlivých měsících

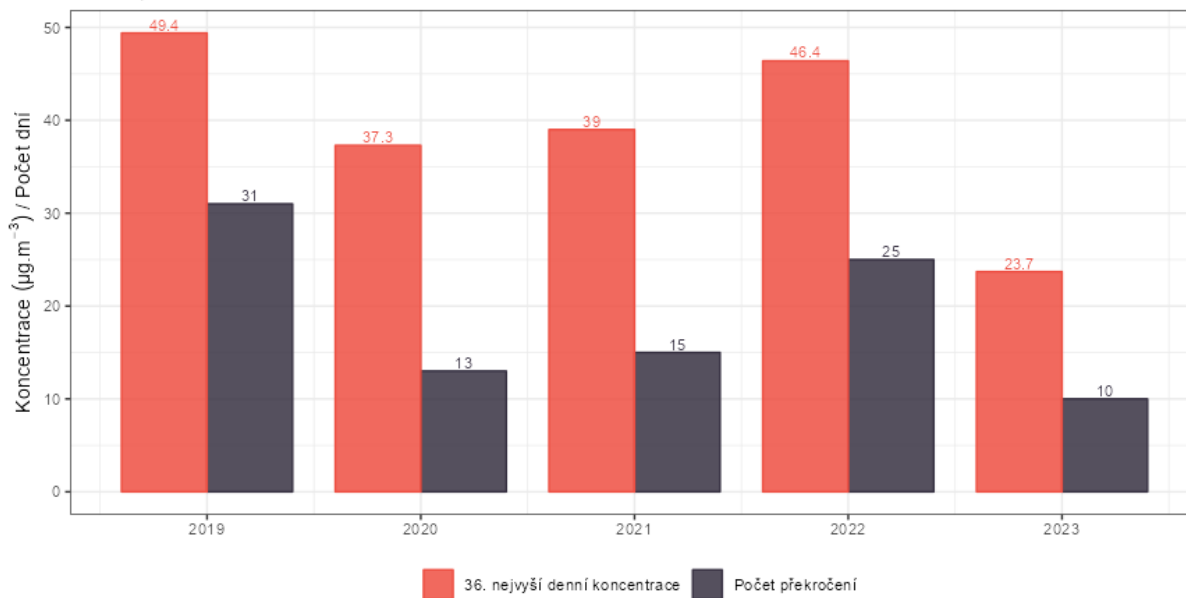
Hranice, rok 2023



Obr. 21 – Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub> v jednotlivých měsících, Hranice

Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM<sub>10</sub> a překročení hodnoty imisního limitu

Hranice, rok 2023



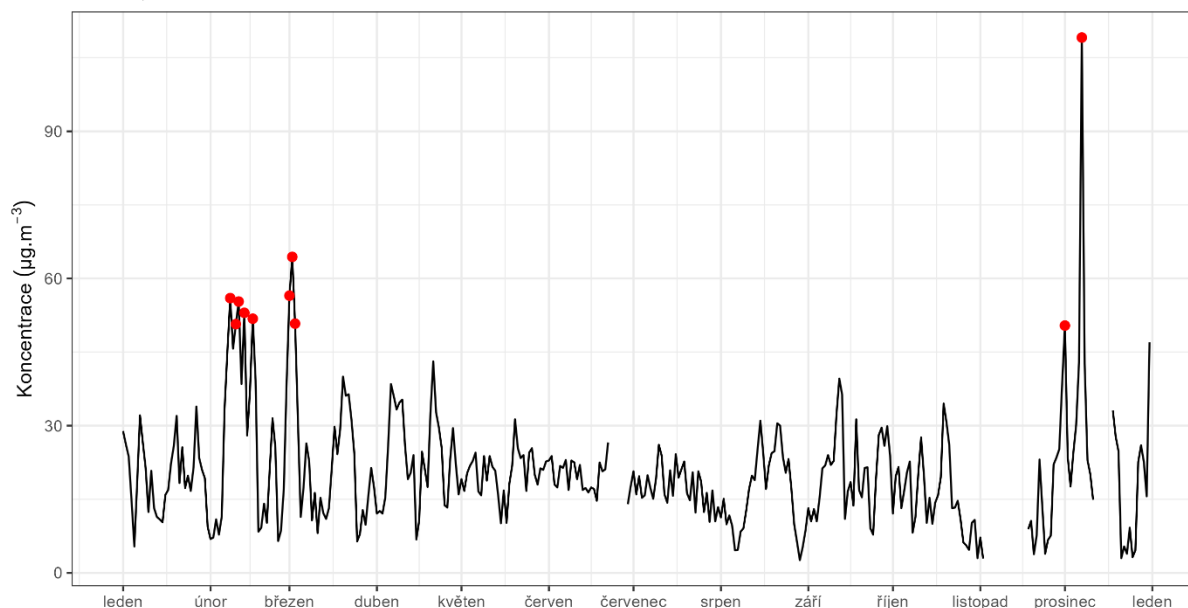
Obr. 22 – Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM<sub>10</sub> a počtu dní s překročením hodnoty imisního limitu pro denní koncentraci PM<sub>10</sub>, lokalita Hranice





Výskyt dní s překročenou hodnotou denního imisního limitu pro PM<sub>10</sub>

Hranice, rok 2023



Obr. 23 – Výskyt dní s překročenou hodnotou denního imisního limitu pro PM<sub>10</sub>, lokalita Hranice, rok 2023

Vzhledem k tomu, že jsou trend a z velké části i hodnoty PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> téměř totožné (Obr. 20), bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro PM<sub>10</sub>, avšak totéž platí i pro jemnější frakce.

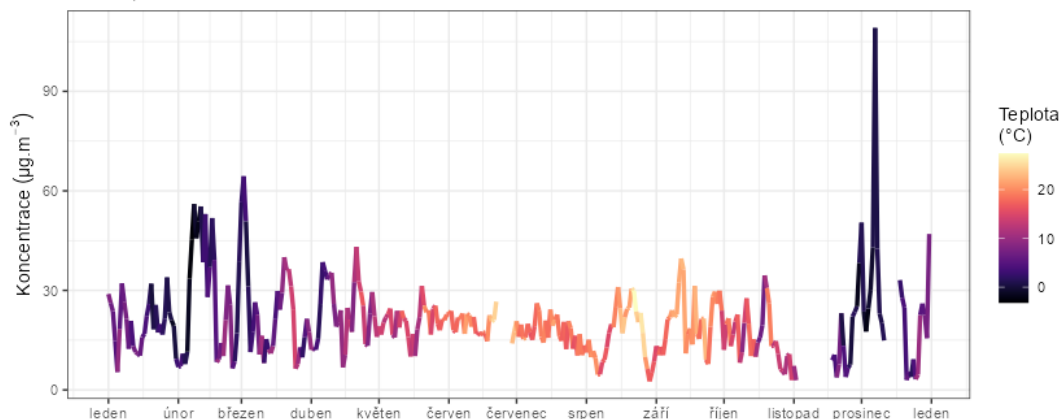
Na Obr. 24 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací PM<sub>10</sub>, zbarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost.

Z grafů je pak patrné, že vyšší koncentrace PM<sub>10</sub> 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.



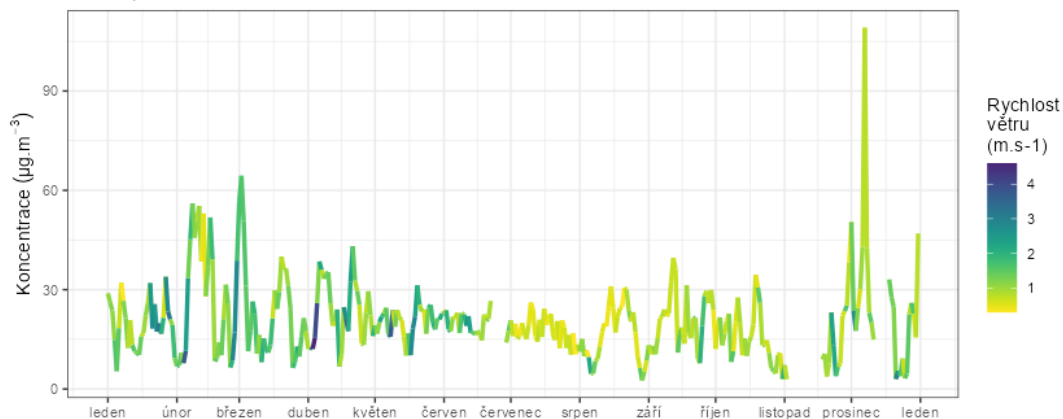
Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> v závislosti na teplotě vzduchu

Hranice, rok 2023



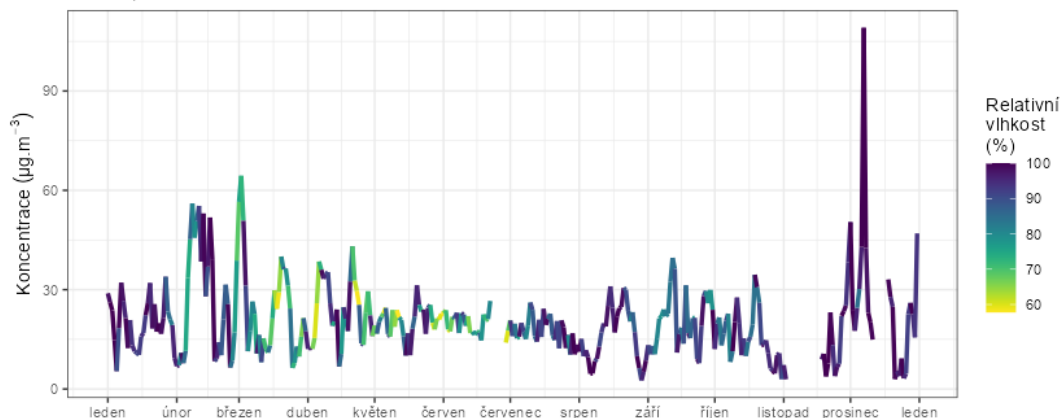
Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> v závislosti na rychlosti větru

Hranice, rok 2023



Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

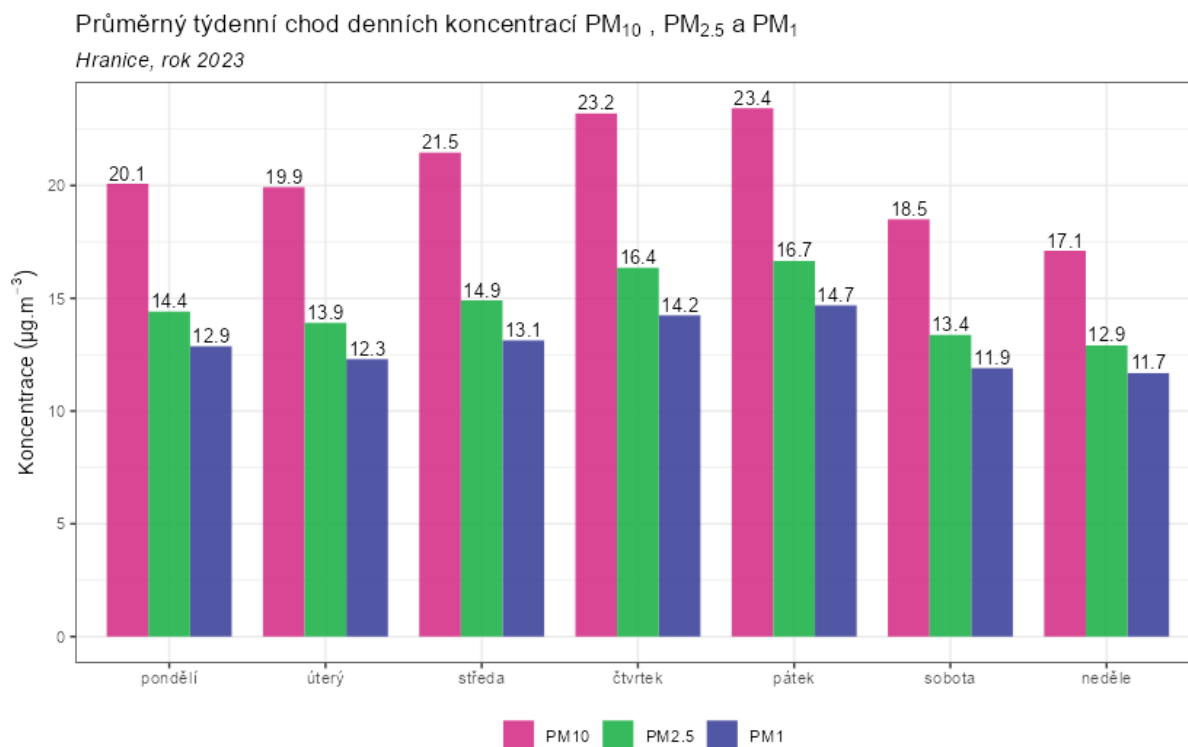
Hranice, rok 2023



Obr. 24 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace PM<sub>10</sub>, Hranice, rok 2023



Z hlediska týdenního chodu průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> (Obr. 25) je nejhorším dnem pátek a čtvrtek. Naopak nejnižší koncentrace jsou měřeny v neděli.



Obr. 25 – Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM<sub>10</sub>, Hranice, rok 2023

### 3.1.4 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

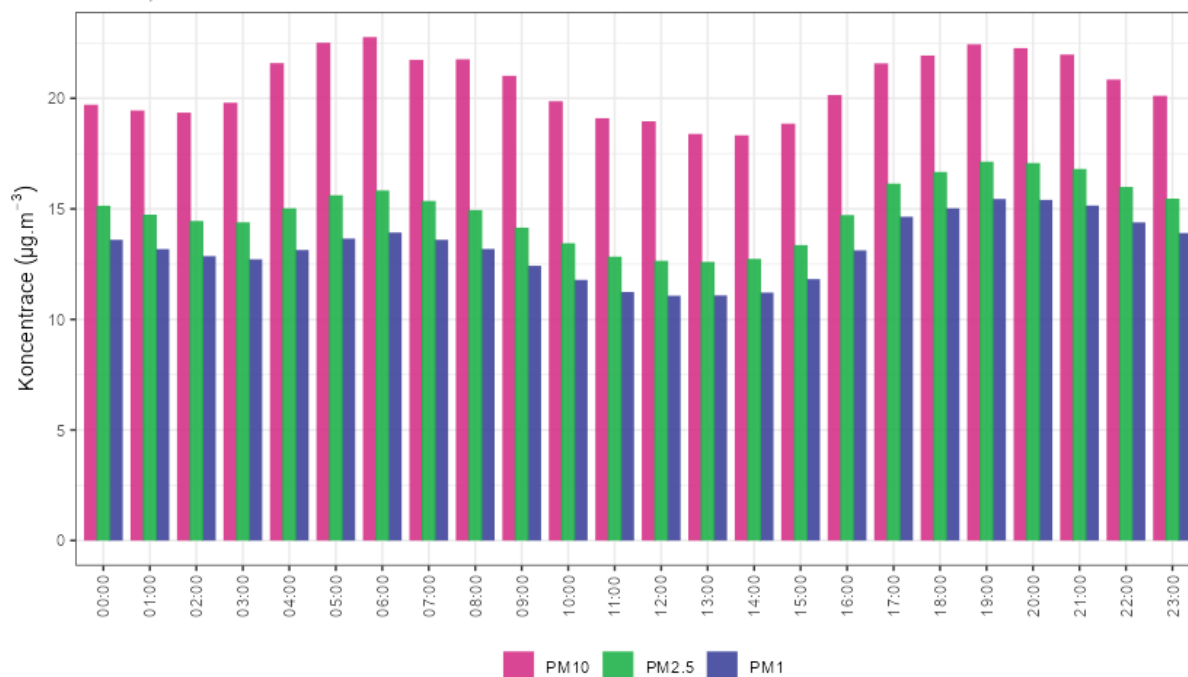
Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací PM<sub>10</sub> (a v podstatě také PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub>) v lokalitě Hranice. Denní chod koncentrací PM<sub>10</sub> zobrazuje Obr. 26.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací PM<sub>10</sub> jsou dosahovány ve večerních a nočních hodinách a dále v ranních hodinách v době ranní špičky. Vysoké koncentrace ve večerních hodinách jsou pravděpodobně důsledkem 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 PM<sub>10</sub> nižší, než během večerních a nočních hodin.



Průměrný denní chod hodinových koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> a PM<sub>1</sub>

Hranice, rok 2023

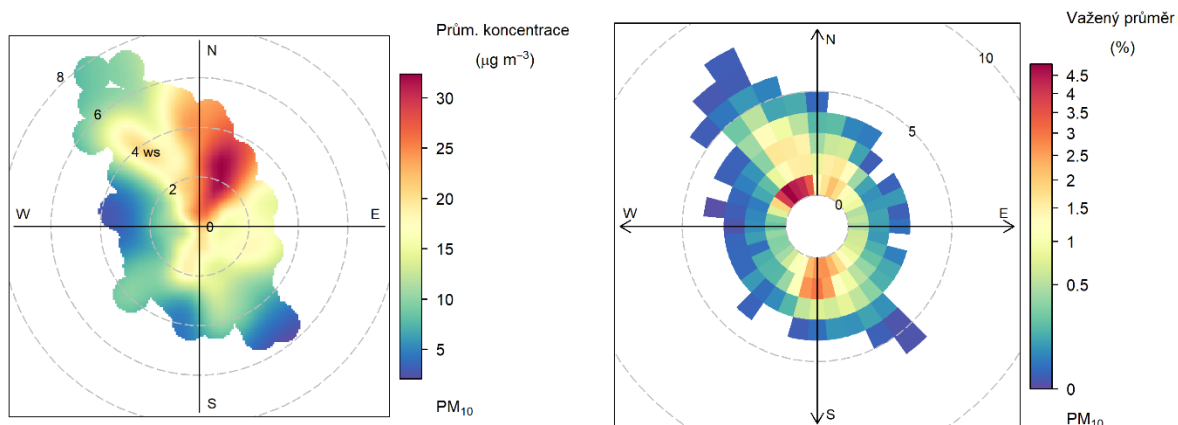


Obr. 26 – Denní chod hodinových koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub>, Hranice, rok 2023

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.

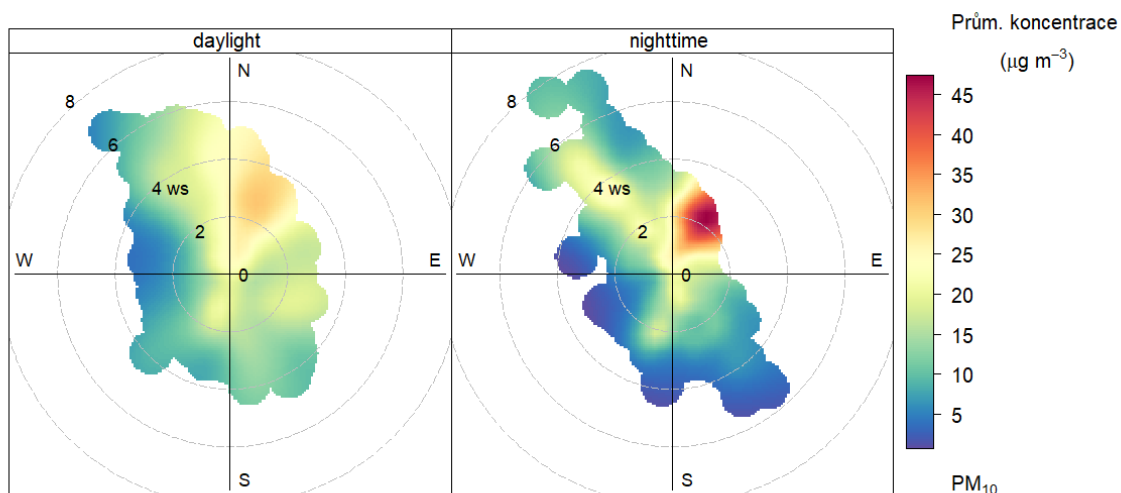
Základní koncentrační růžice tak ukazuje, při jakých rychlostech a směrech větru jsou v průměru dosahovány (nejvyšší) koncentrace. Vážená koncentrační růžice pak vypočte vážený průměr (tzn. že je vzata v úvahu také četnost výskytu), a dává tak informaci, jakým procentem se jednotlivé směry větru podílí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

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



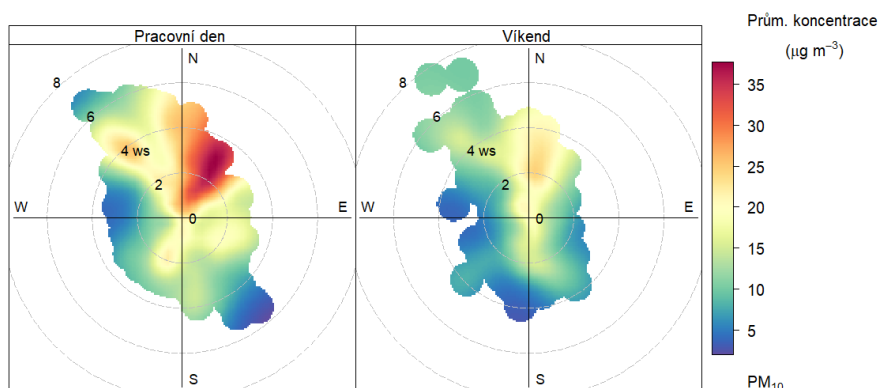
Obr. 27 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro PM<sub>10</sub>, Hranice, rok 2023

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 PM<sub>10</sub> jsou měřeny zejména v nočních hodinách, avšak i přes den jsou koncentrace ze severu až severovýchodu zvýšené.



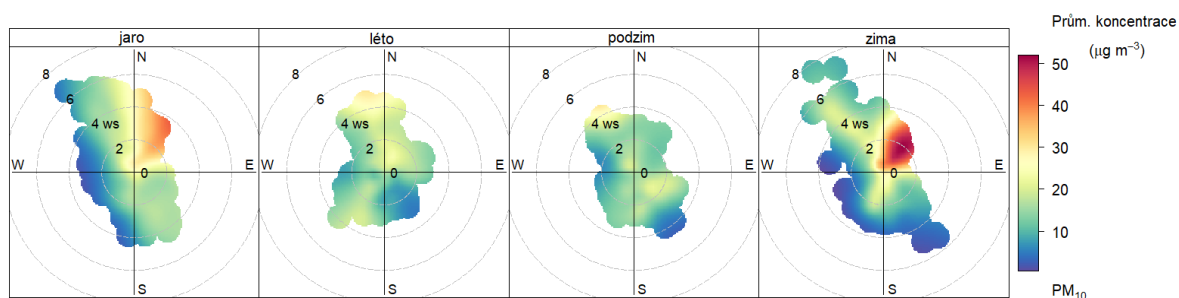
Obr. 28 – Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Hranice, rok 2023

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendy. 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.



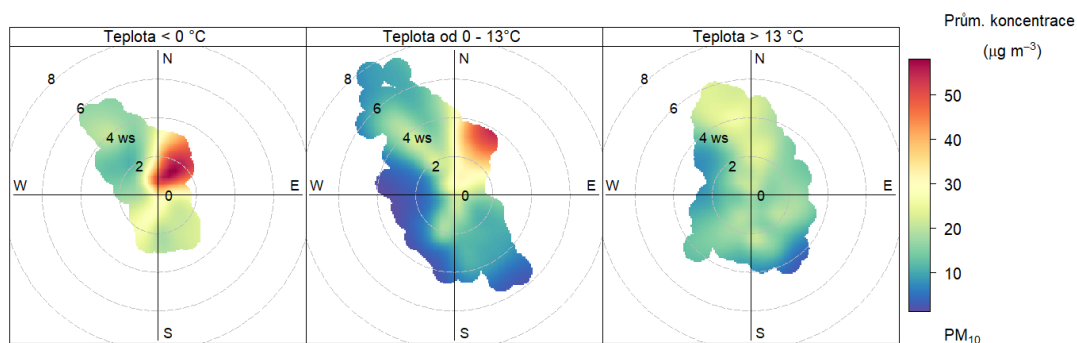
Obr. 29 – Koncentrační růžice v pracovní dny a o víkendu, Hranice, rok 2023

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



Obr. 30 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Hranice, rok 2023

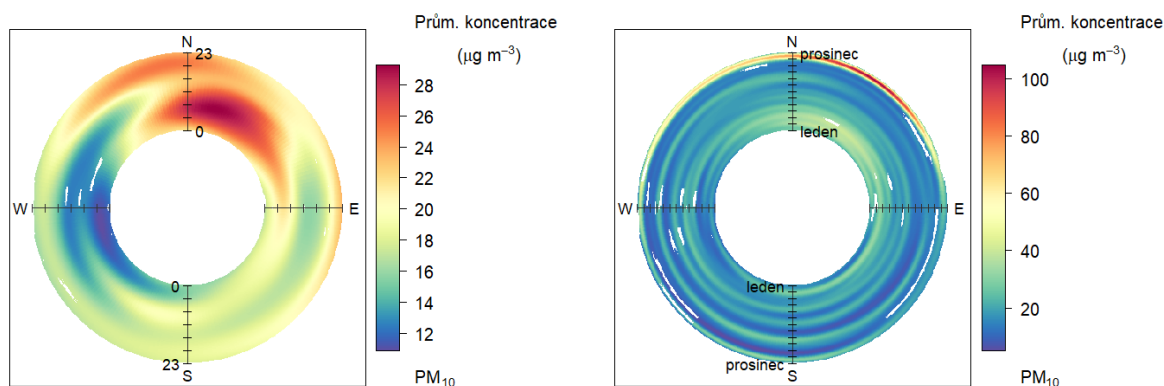
Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 31 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou takřka výhradně měřeny při teplotách vzduchu nižších než 0 °C. Při vyšších teplotách jsou již pouze mírně zvýšené, zejména při severním až severovýchodním proudění.



Obr. 31 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Hranice, rok 2023



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 2023

Z Obr. 32 pak vyplývá, že v případě lokality Hranice v roce 2023 byly nejvyšší koncentrace PM<sub>10</sub> měřeny v ranních a dopoledních hodinách při proudění ze severovýchodu a dále ve večerních a nočních hodinách, a to zejména při proudění ze severu až severozápadu. V případě ročního chodu jsou významné zejména zimní měsíce, v roce 2023 pak dominoval zejména konec roku a severní až severovýchodní směry větru.

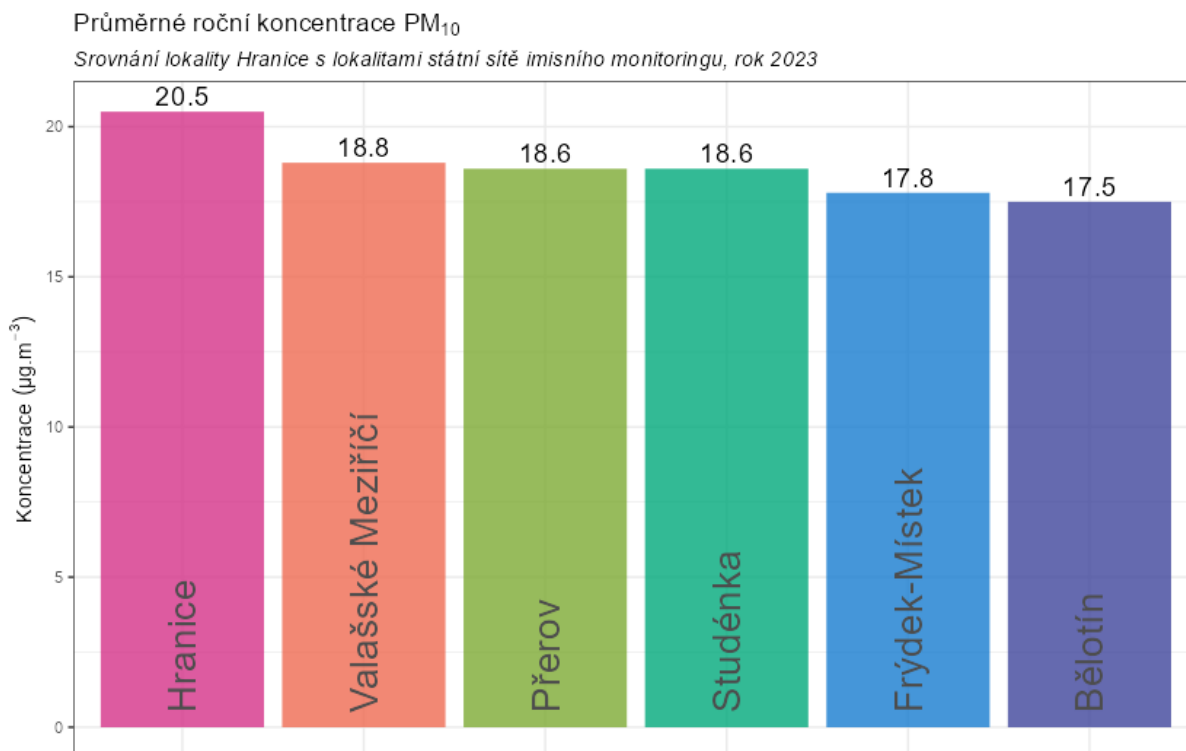
### 3.1.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

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

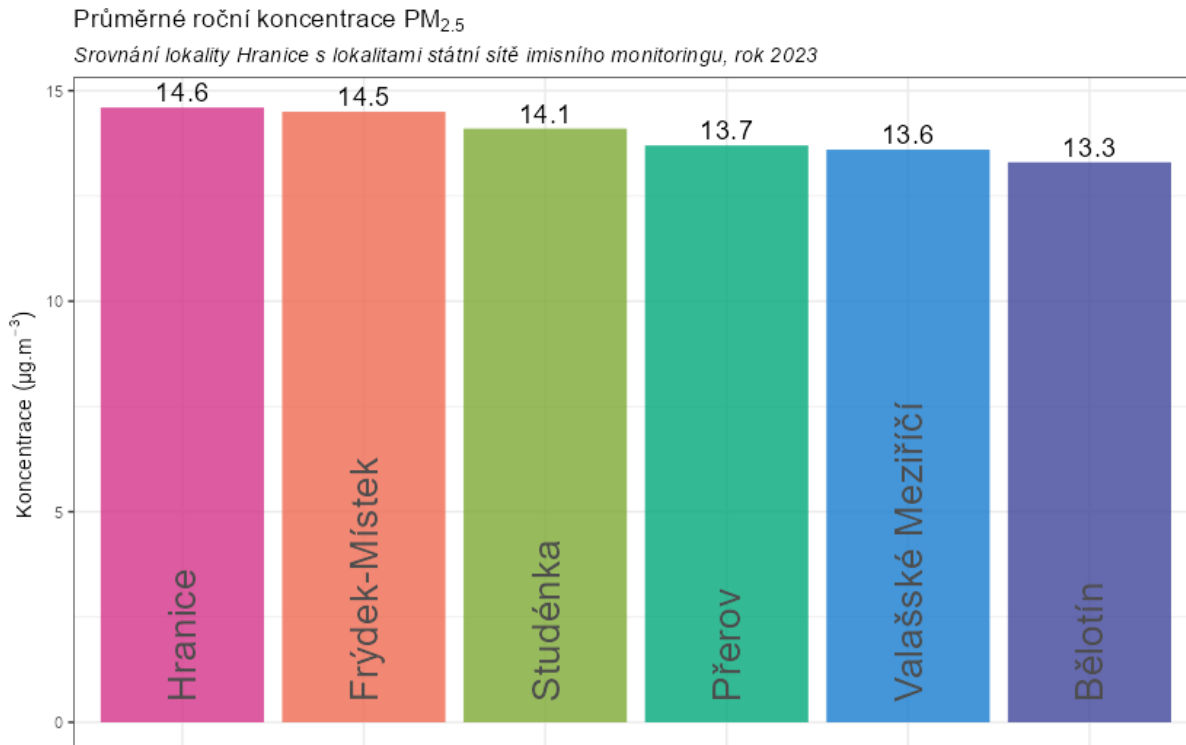
Na následujícím Obr. 33 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace částic PM<sub>10</sub> na vybraných lokalitách státní sítě imisního monitoringu v roce 2023 a srovnány s lokalitou Hranice. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Hranice jsou měřeny nejvyšší koncentrace PM<sub>10</sub>, rozdíly proti ostatním lokalitám však nejsou příliš velké. Nejnižší hodnotu naměřila lokalita Běloutín. Žádná z uvedených lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM<sub>10</sub>.

Na následujícím grafu na Obr. 34 jsou obdobně zobrazeny hodnoty průměrných ročních koncentrací PM<sub>2,5</sub> 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<sub>2,5</sub>.





Obr. 33 – Srovnání průměrné roční koncentrace PM<sub>10</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



Obr. 34 – Srovnání průměrné roční koncentrace PM<sub>2.5</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023

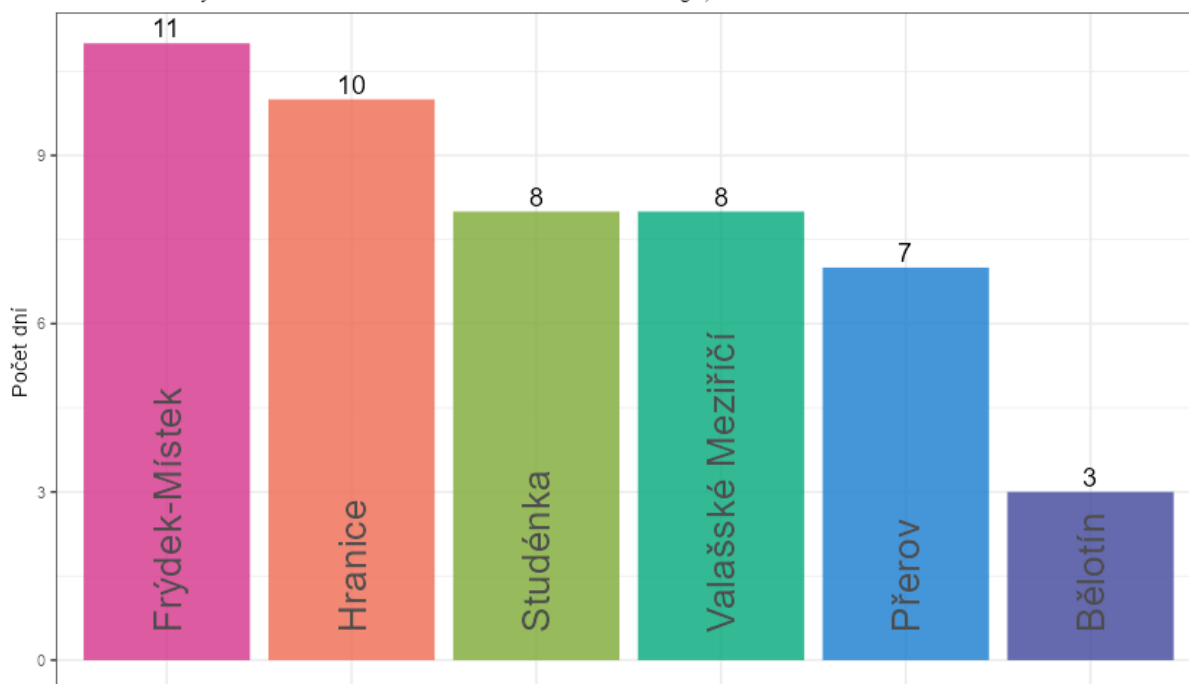


Graf na následujícím Obr. 35 zobrazuje poslední legislativou sledovanou charakteristiku pro suspendované částice  $PM_{10}$ . Jedná se o imisní limit pro průměrnou denní koncentraci  $PM_{10}$ , jehož hodnota může být z kalendářní rok 35x překročena. V grafu je zobrazen právě počet dní s překročenou 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 2023 pouze 10 překročení, což je podobná hodnota jako na ostatních lokalitách s výjimkou Běloutína.

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

Srovnání lokality Hranice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



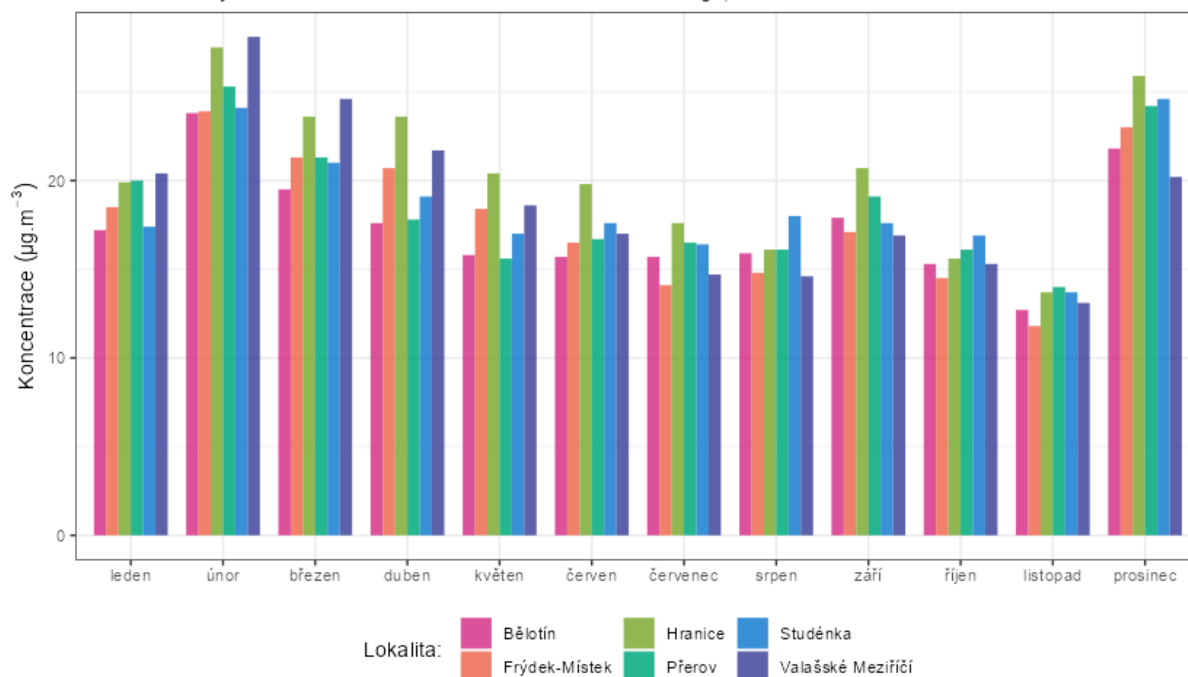
Obr. 35 – Počet dní s průměrnými denními koncentracemi  $PM_{10}$  vyššími, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci  $PM_{10}$ , srovnání lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023

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 PM<sub>10</sub>

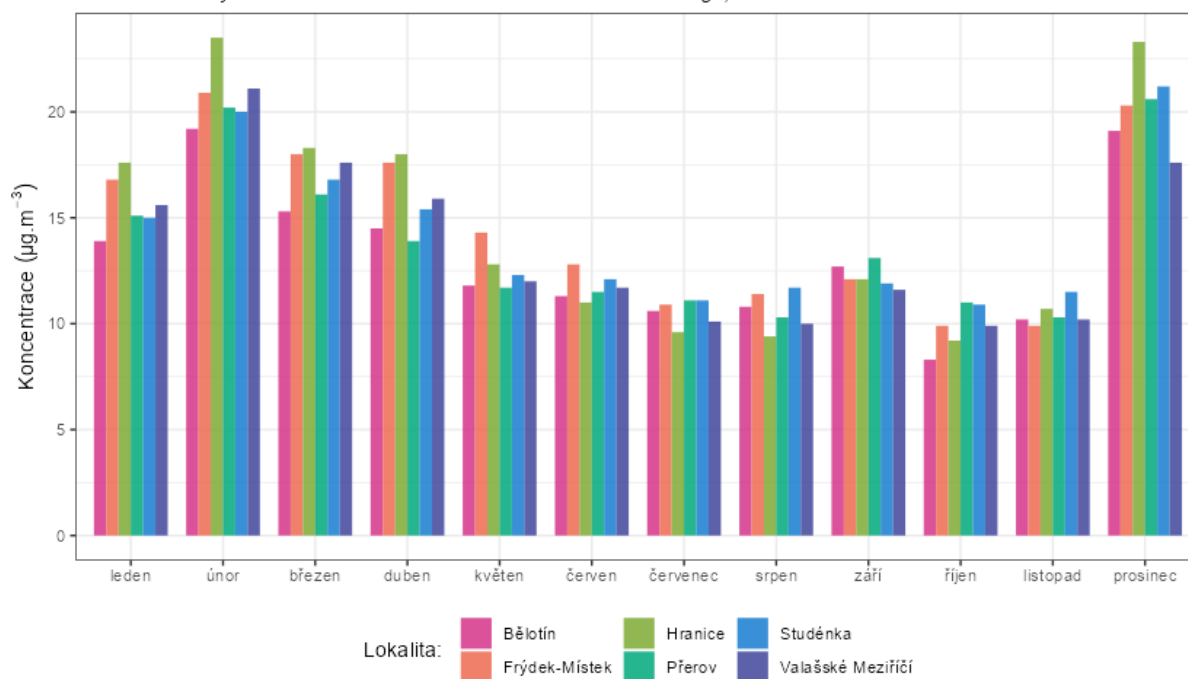
Srovnání lokality Hranice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



Obr. 36 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM<sub>10</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023

### Průměrné měsíční koncentrace PM<sub>2.5</sub>

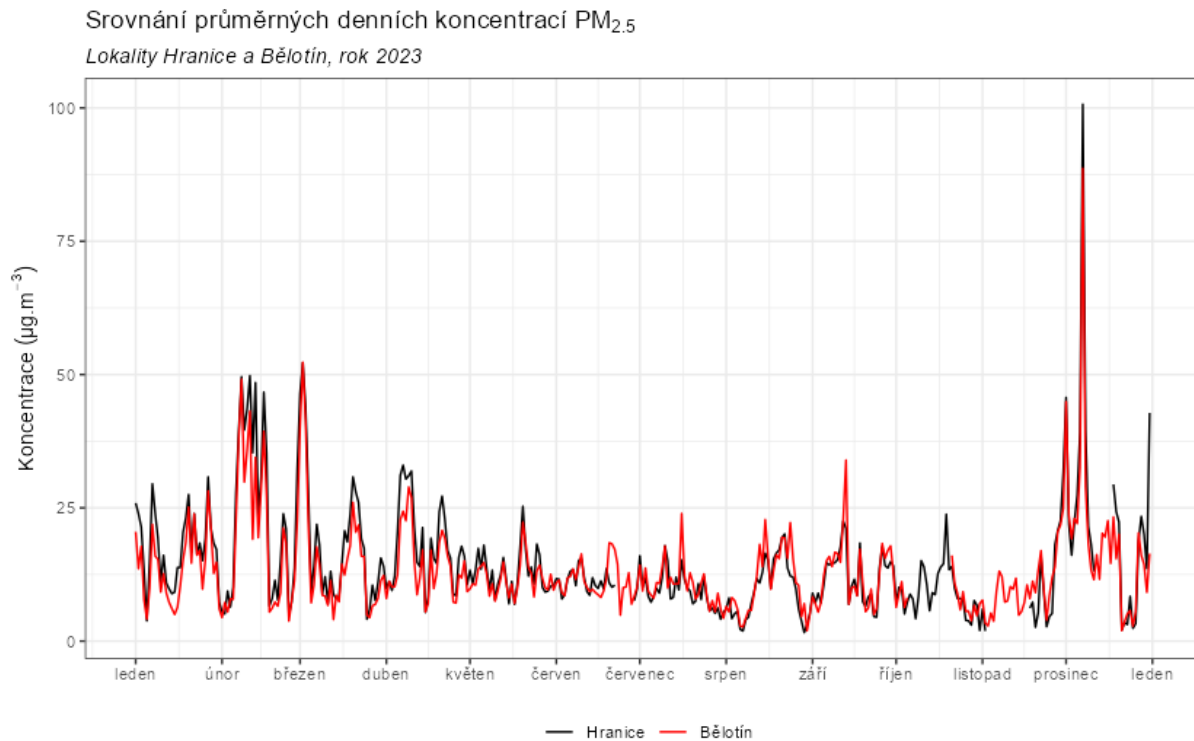
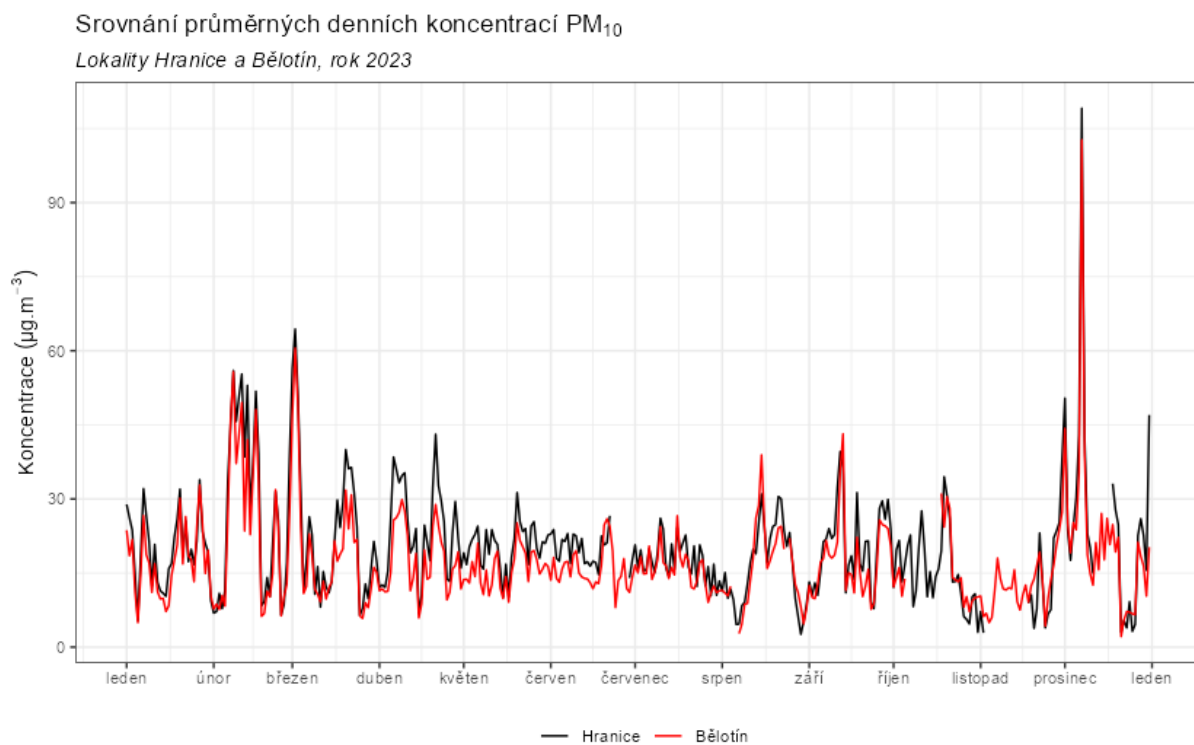
Srovnání lokality Hranice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



Obr. 37 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM<sub>2,5</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



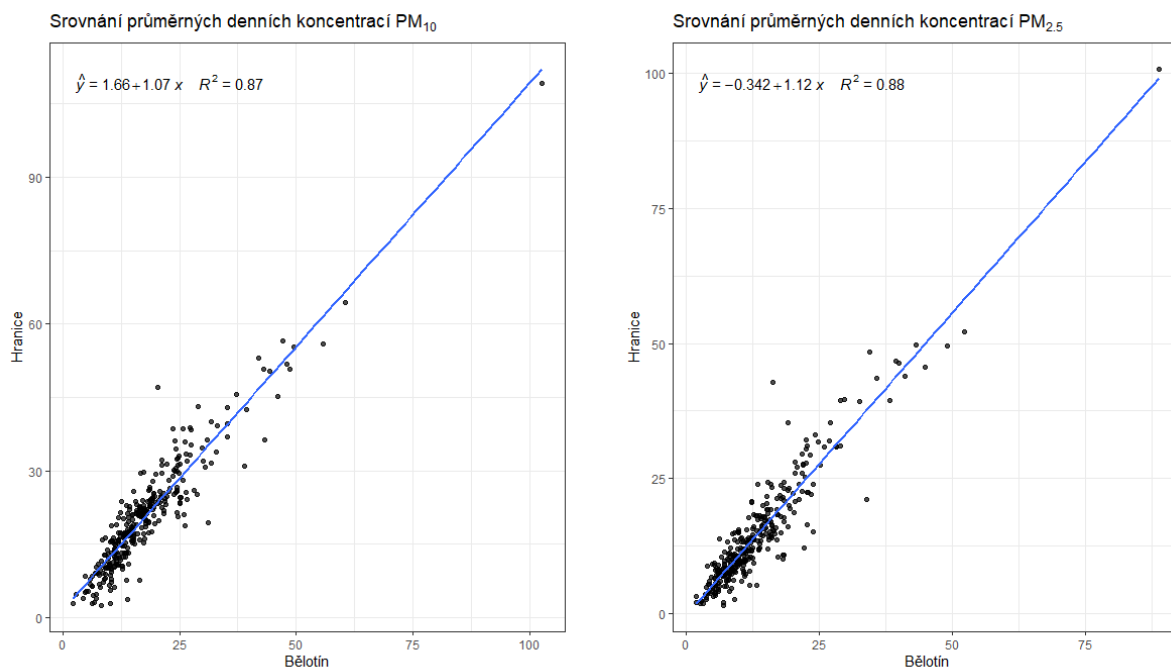
Následující graf na Obr. 38 srovnání průměrných denních koncentrací  $PM_{10}$  (nahore) a  $PM_{2,5}$  (dole) s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Běloutín.



Obr. 38 – Srovnání průměrných denních koncentrací  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ , lokality Hranice a Běloutín, rok 2023



Z grafu je dobře patrné, že vývoj průměrných denních koncentrací je v obou lokalitách velmi podobný. Mezi stanicemi existuje dobrá korelace jak pro PM<sub>10</sub>, tak pro PM<sub>2,5</sub>, 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 2023



## 3.2 OXIDY DUSÍKU NO<sub>2</sub>, NO A NO<sub>x</sub>

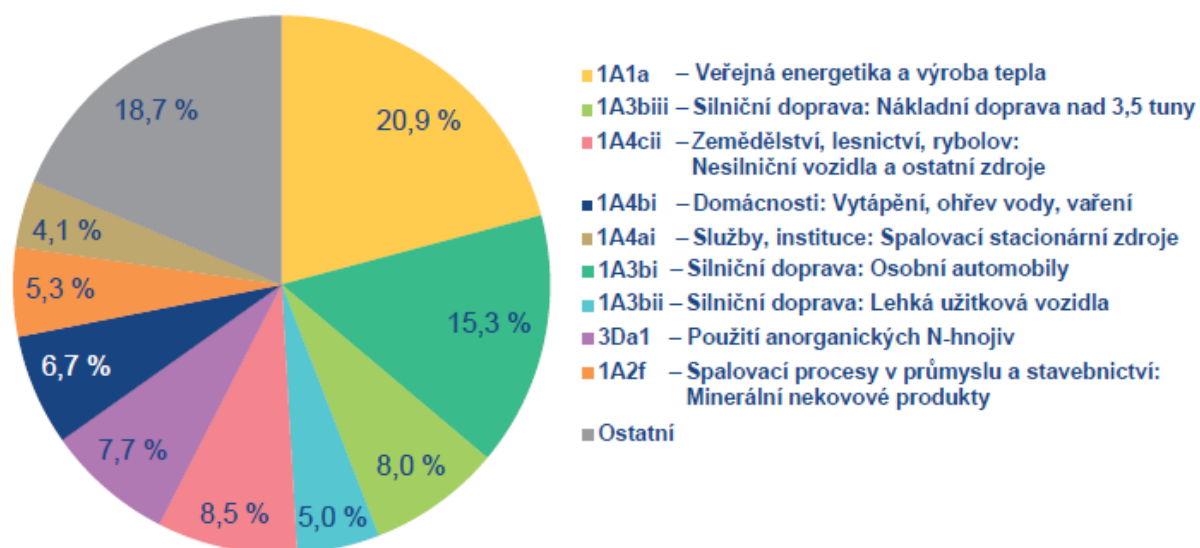
Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>) [11].

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 NO<sub>2</sub>. 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. NO<sub>2</sub> vzniká relativně rychle reakcí NO s přízemním ozonem nebo s radikály typu HO<sub>2</sub>, popř. RO<sub>2</sub> [12]. Řadou chemických reakcí se část NO<sub>x</sub> přemění na HNO<sub>3</sub>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, které jsou z atmosféry odstraňovány suchou a mokrou atmosférickou depozicí. Pozornost je věnována NO<sub>2</sub> z důvodu jeho negativního vlivu na lidské zdraví. Hraje také klíčovou roli při tvorbě fotochemických oxidantů.

V Evropě vznikají emise NO<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> vzniká ze spalování přímo ve formě NO<sub>2</sub>. Přírodní emise NO<sub>x</sub> 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 [13].



Obr. 40 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO<sub>x</sub> v ČR, rok 2021 [8]

Největší množství emisí NO<sub>x</sub> pochází z mobilních. Mobilní zdroje se v roce 2021 na celkových emisích NO<sub>x</sub> podílely 36,8 %. Sektor 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily se podílel 15,3 %, sektor 1A4cii – Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje se podílel 8,5 %, 1A3biii – Silniční



doprava: Nákladní doprava nad 3,5 t a 1A3bii – Silniční doprava: Lehká užitková vozidla se na celorepublikových emisích NO<sub>x</sub> v roce 2021 podílely 8 % a 5 %.

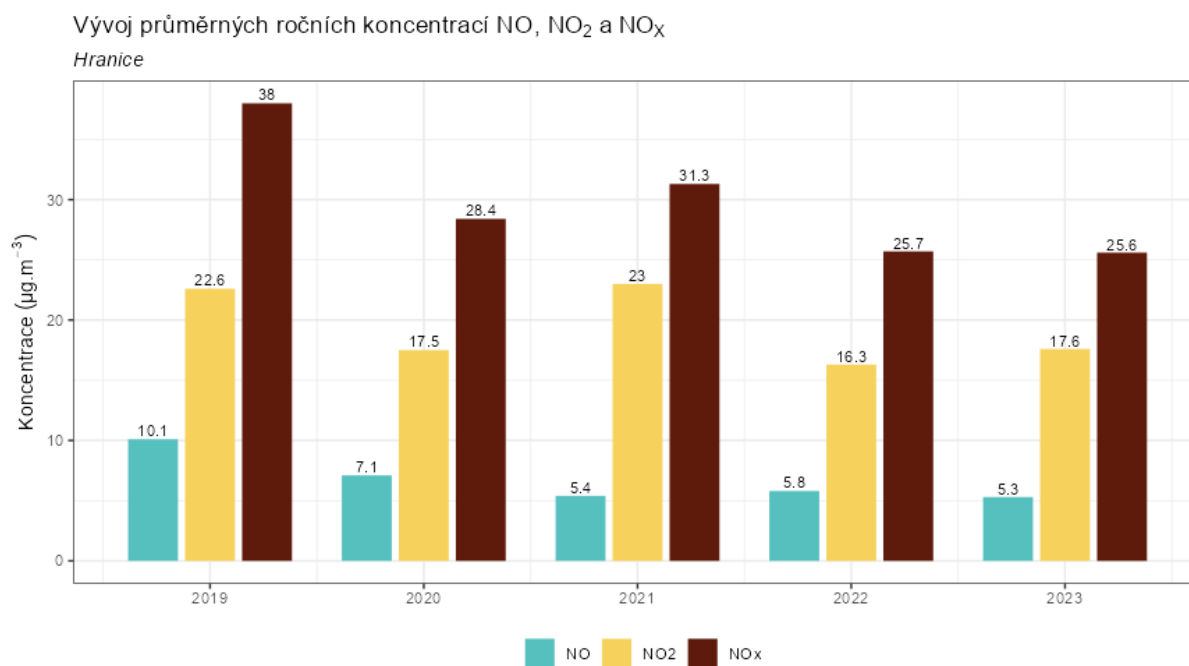
Ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší vneseno 20,9 % emisí NO<sub>x</sub>, ze sektoru 3Da1 – Použití anorganických N-hnojiv 7,7 %, a ze sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření 6,7 % [8].

### 3.2.1 Průměrné roční koncentrace

**Průměrná roční koncentrace NO<sub>2</sub> činila v roce 2023 v lokalitě Hranice 17,6 μg·m<sup>-3</sup>. Imisní limit tedy překročen nebyl.**

Průměrná roční koncentrace NO činila v roce 2023 v lokalitě Hranice 5,3 μg·m<sup>-3</sup>. Průměrná roční koncentrace NO<sub>x</sub> činila v roce 2023 v lokalitě Hranice 25,6 μg·m<sup>-3</sup>.

Následující Obr. 41 zobrazuje průměrné roční koncentrace NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> v lokalitě Hranice. Z grafu je patrné, že proti roku 2022 došlo k mírnému nárůstu koncentrací NO<sub>2</sub> a poklesu koncentrací NO. Koncentrace NO<sub>x</sub> byly v roce 2023 nejnižší za sledované období.



Obr. 41 – Průměrné roční koncentrace NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>, 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 2023 pak zobrazuje Obr. 42. Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že maximální hodnota hodinové koncentrace NO<sub>2</sub> se pohybovala pod ½ hodnoty imisního limitu pro hodinové koncentrace NO<sub>2</sub>



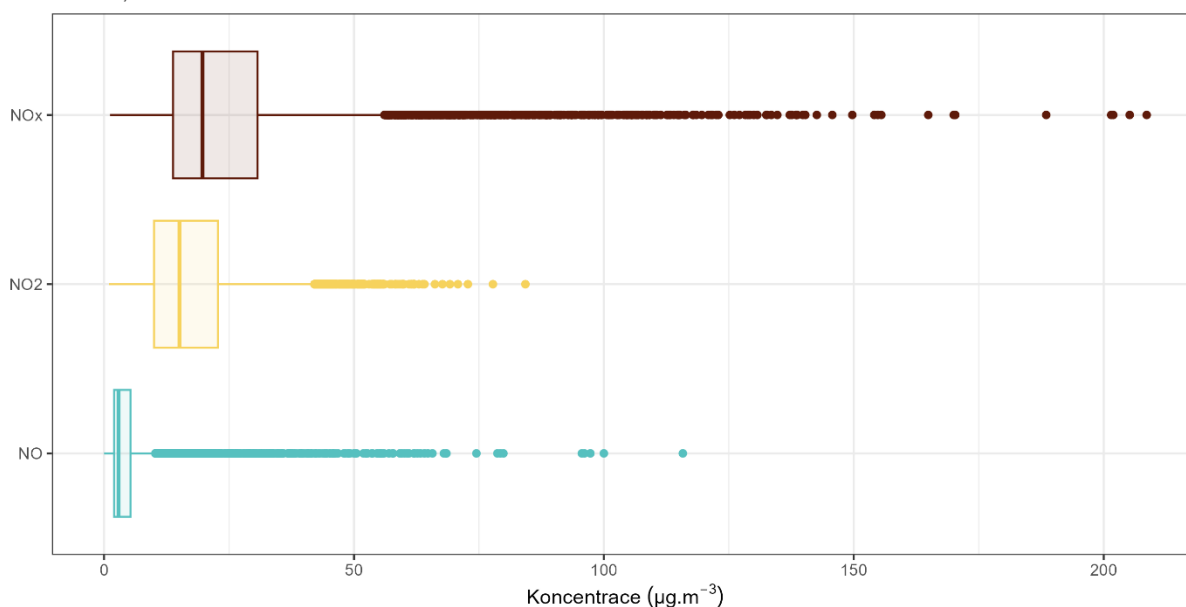


( $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Tato hodnota může být navíc 18x za kalendářní rok překročena. Imisní limit pro hodinové koncentrace  $\text{NO}_2$  je tedy v lokalitě Hranice s velmi velkou rezervou plněn.

Tab. 3 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  a  $\text{NO}_x$  v lokalitě Hranice, rok 2023

STATISTIKA	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
PRŮMĚR	5,5	17,6	25,9
MAXIMUM	115,8	84,3	208,6
MEDIÁN	2,9	15,1	19,7
MINIMUM	0	1	1,2

Statistické zpracování hodinových koncentrací  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  a  $\text{NO}_x$   
Hranice, rok 2023



Obr. 42 – Statistické zpracování hodinových koncentrací  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  a  $\text{NO}_x$  v lokalitě Hranice, rok 2023

### 3.2.2 Průměrné měsíční koncentrace

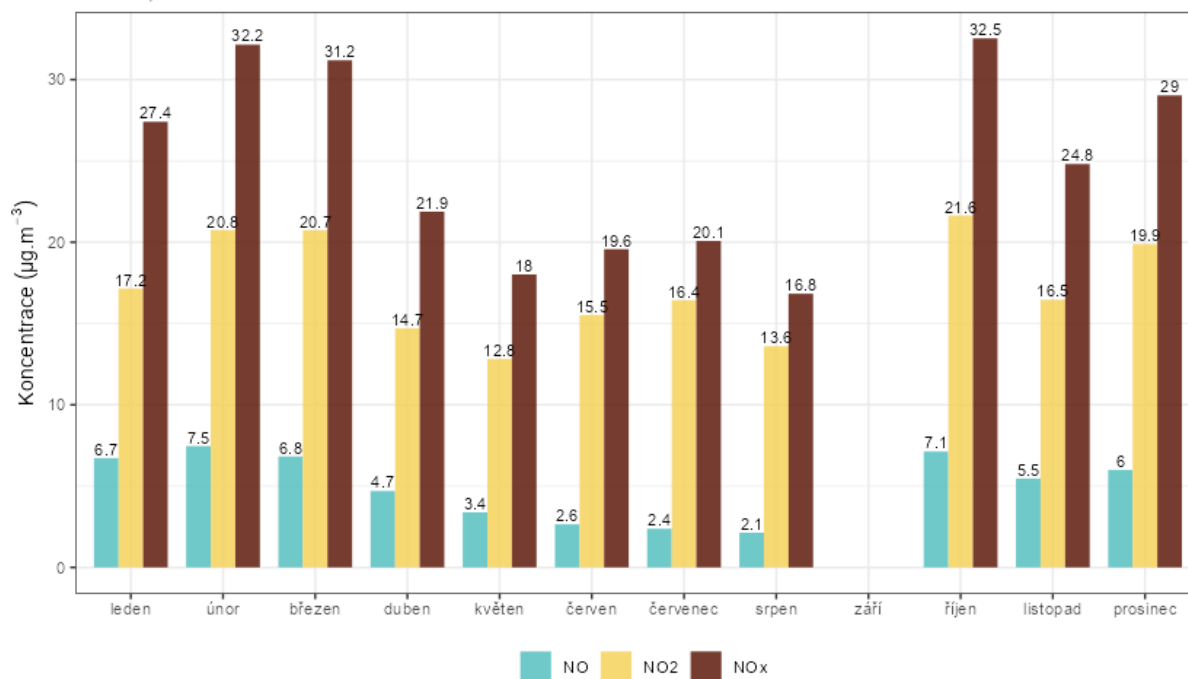
Na Obr. 43 jsou průměrné měsíční koncentrace  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  a  $\text{NO}_x$ . Z obrázku je patrné, že v letních měsících jsou koncentrace nejnižší, naopak v chladné části roku jsou měřeny vyšší koncentrace. Nejvyšší průměrná měsíční koncentrace  $\text{NO}_2$  byla naměřena v říjnu, únoru a březnu, kdy se na koncentracích kromě dopravy podílí také lokální topeniště.

Poměr měsíčních koncentrací  $\text{NO} / \text{NO}_2$  zobrazuje Obr. 44. Poměr je celoročně nízký, dokumentující malý vliv dopravy na měřící lokalitu.



### Vývoj průměrných měsíčních koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>

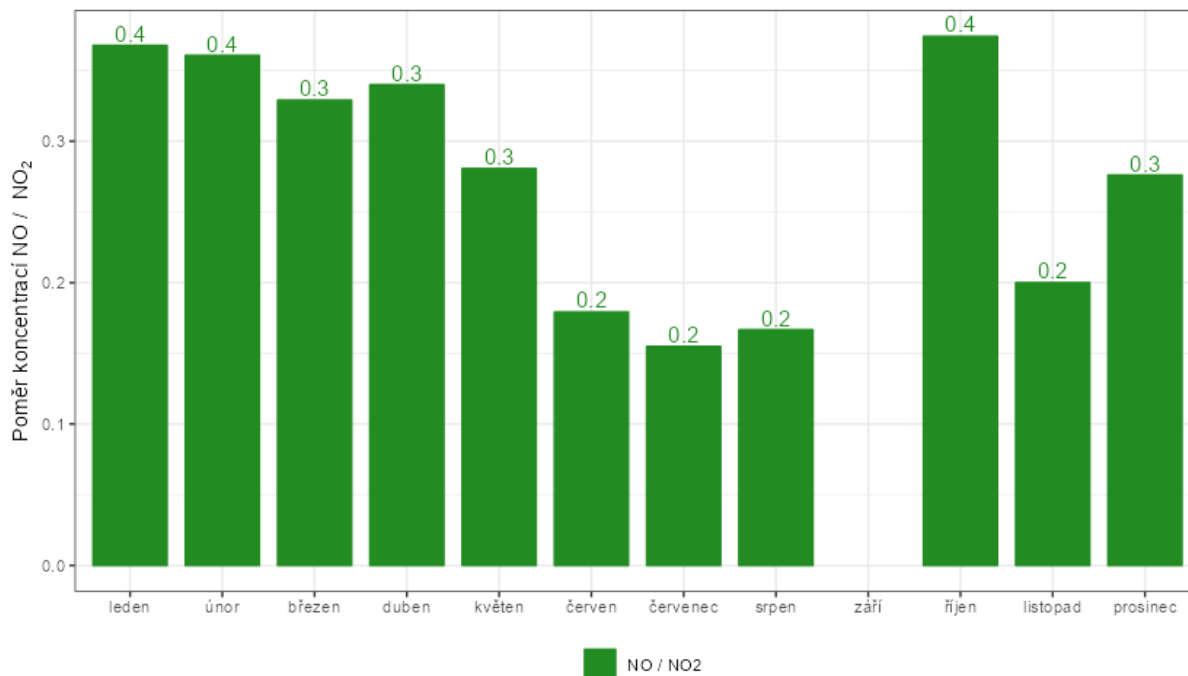
Hranice, rok 2023



Obr. 43 - Průměrné měsíční koncentrace NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>, Hranice, rok 2023

### Průměrný měsíční poměr koncentrací NO / NO<sub>2</sub>

Hranice, rok 2023

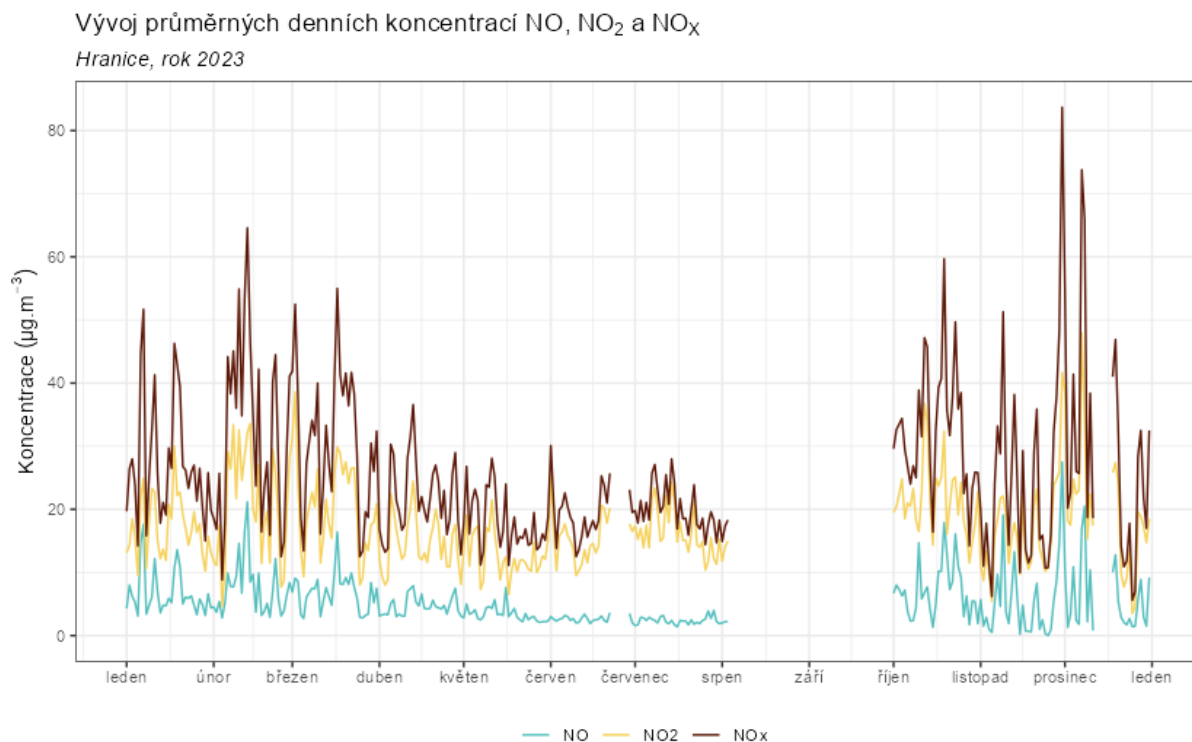


Obr. 44 – Poměr měsíčních koncentrací NO / NO<sub>2</sub>, lokalita Hranice, rok 2023



### 3.2.3 Průměrné denní koncentrace NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>

Vývoj průměrných denních koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> v lokalitě Hranice zobrazuje následující Obr. 45.

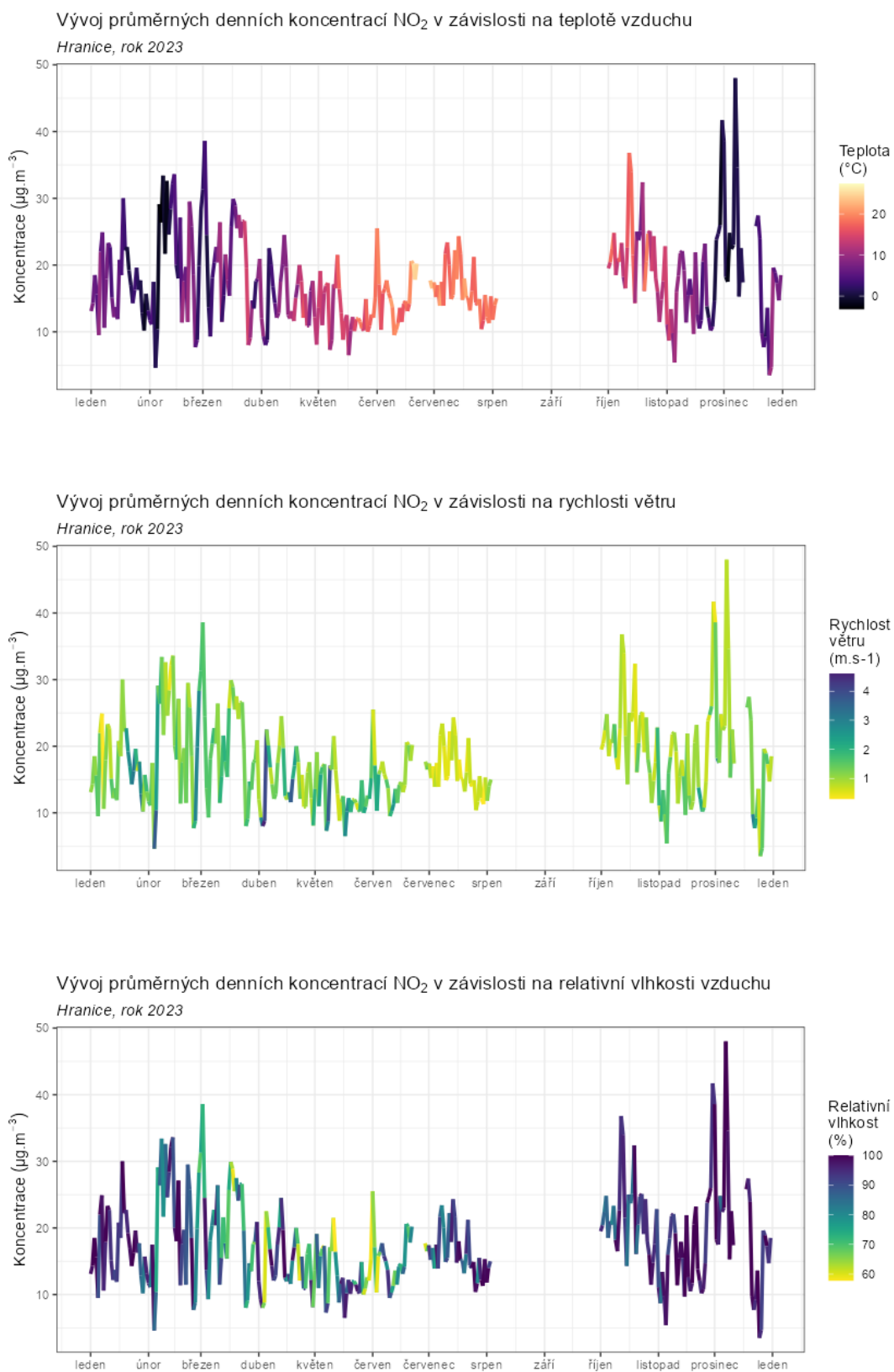


Obr. 45 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>, Hranice, rok 2023

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<sub>x</sub> pouze NO<sub>2</sub>.

Vzhledem k tomu, že imisní limit je stanoven pouze pro koncentrace NO<sub>2</sub>, bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro tuto látku. Na Obr. 46 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací NO<sub>2</sub> 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.

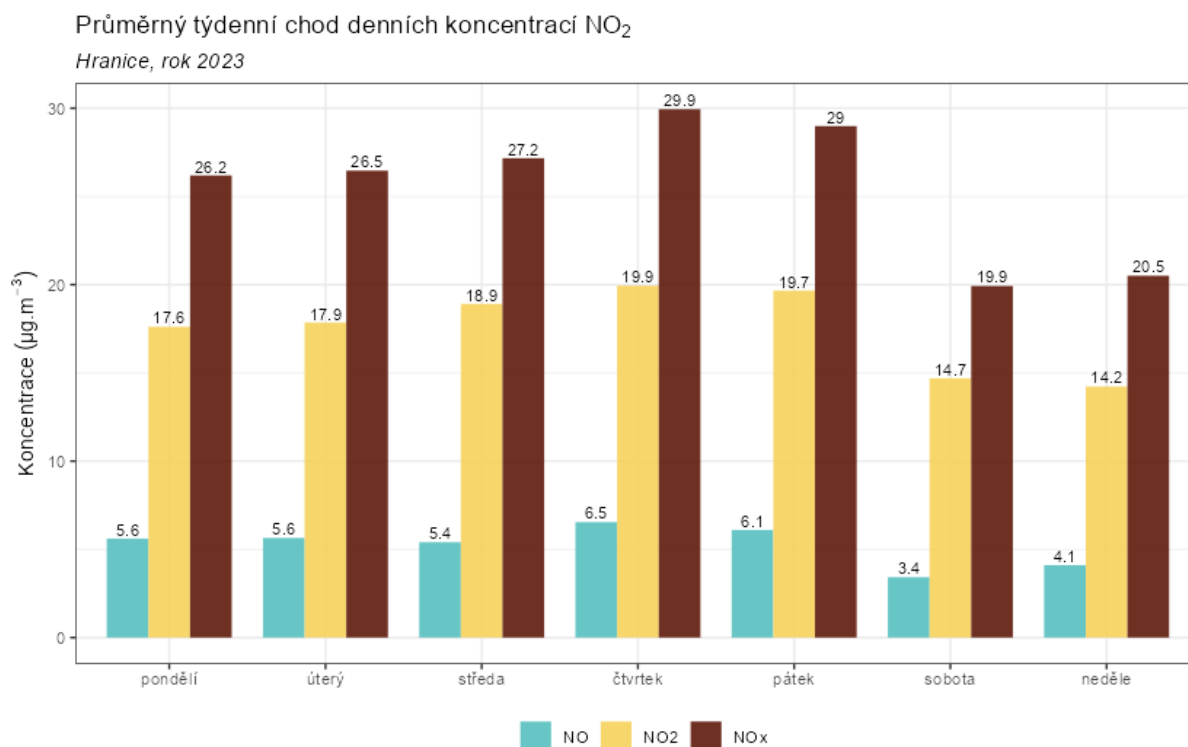
Z grafů je patrné, že na koncentrace NO<sub>2</sub> má vliv jak teplota, tak rychlost větru. Nejvyšší koncentrace jsou pak měřeny při velmi nízkých rychlostech větru, resp. při nízkých teplotách a při vysokých relativních vlhkostech vzduchu (prosinec 2023).



Obr. 46 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti na koncentrace NO<sub>2</sub>, Hranice, rok 2023



Z hlediska týdenního chodu denních koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> (Obr. 47) je velmi dobře patrný vliv vyššího dopravního zatížení v pracovní dny, který se projeví také ve vyšších koncentracích NO<sub>2</sub> v pracovní dny. Nejnížší hodnoty jsou měřeny v sobotu a neděli.



Obr. 47 – Průměrný týdenní chod denních koncentrací NO<sub>2</sub>, Hranice, rok 2023

### 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, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> v lokalitě Hranice. Denní chod zobrazuje následující Obr. 48.

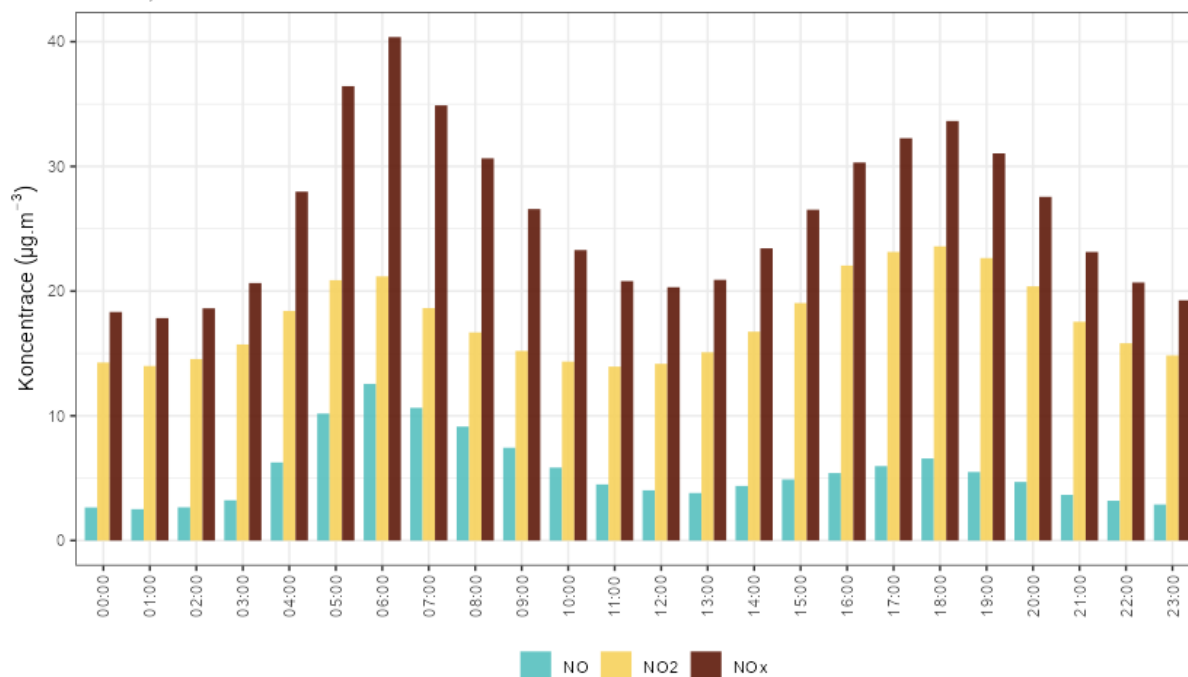
Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací NO<sub>2</sub> dosahovány v době ranní a večerní dopravní špičky. Večerní hodnoty mohou být také navýšeny o vliv lokálních topenišť a vytápění. Přesto jsou koncentrace NO<sub>2</sub> nízké, typické pro pozadřové lokality. Přes den dochází k mírnému poklesu koncentrací, což může být částečně způsobeno spotřebováním NO<sub>2</sub> na tvorbu přízemního ozónu. Tato reakce probíhá pouze díky slunečního záření, proto lze největší úbytek koncentrací NO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub>

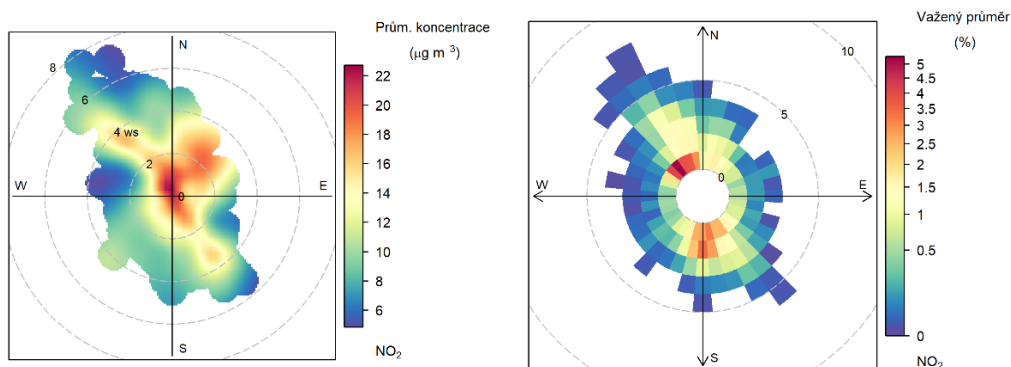
Hranice, rok 2023



Obr. 48 – Denní chod hodinových koncentrací NO<sub>2</sub>, Hranice, rok 2023

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.

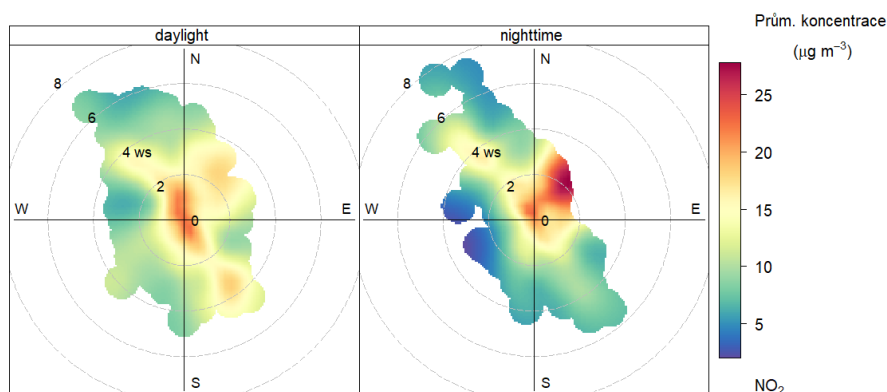


Obr. 49 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro NO<sub>2</sub>, Hranice, rok 2023

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 NO<sub>2</sub>. 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

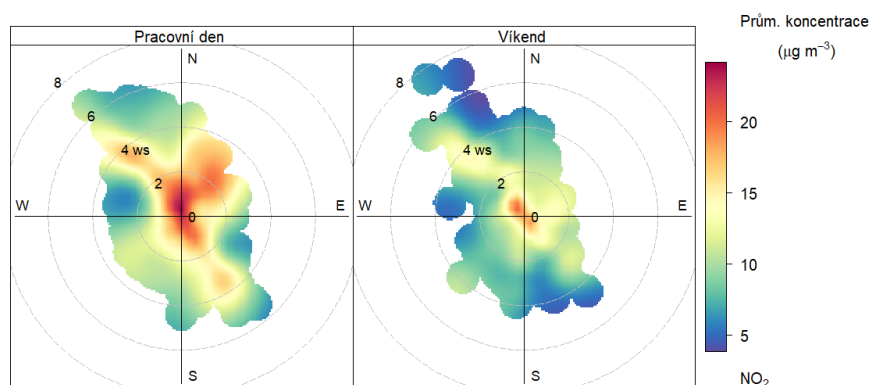


měřeny vyšší koncentrace i při vyšších rychlostech větru a severním až severovýchodním směru proudění větru.



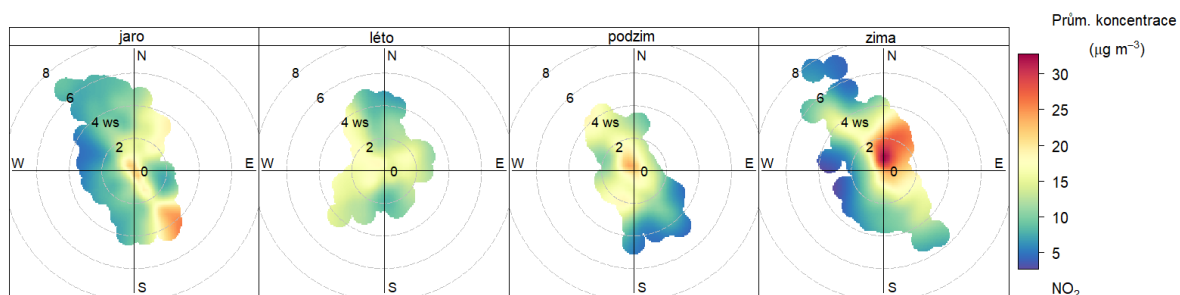
Obr. 50 - Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Hranice, rok 2023

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 NO<sub>2</sub> v pracovní dny a o víkendu, lokalita Hranice, rok 2023

Následující Obr. 52 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Vysoké koncentrace se vyskytují zejména v zimě, v ostatních ročních obdobích jsou koncentrace zvýšené.

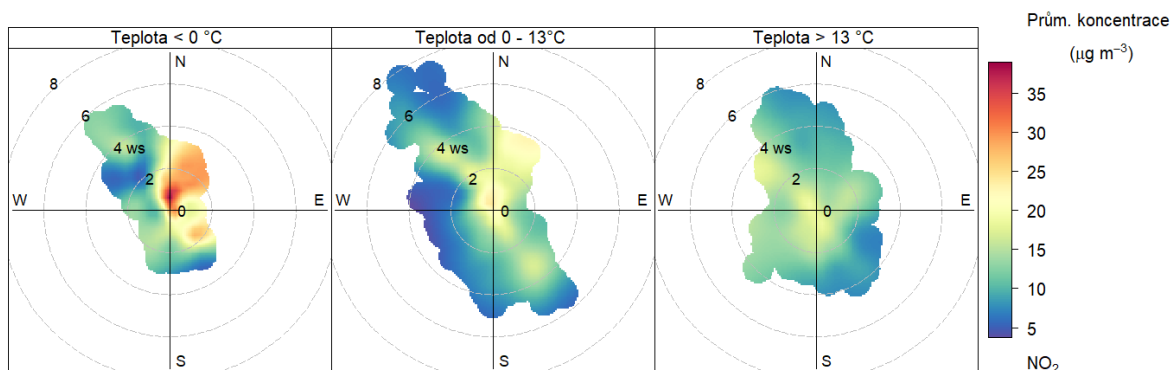


Obr. 52 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Hranice, rok 2023





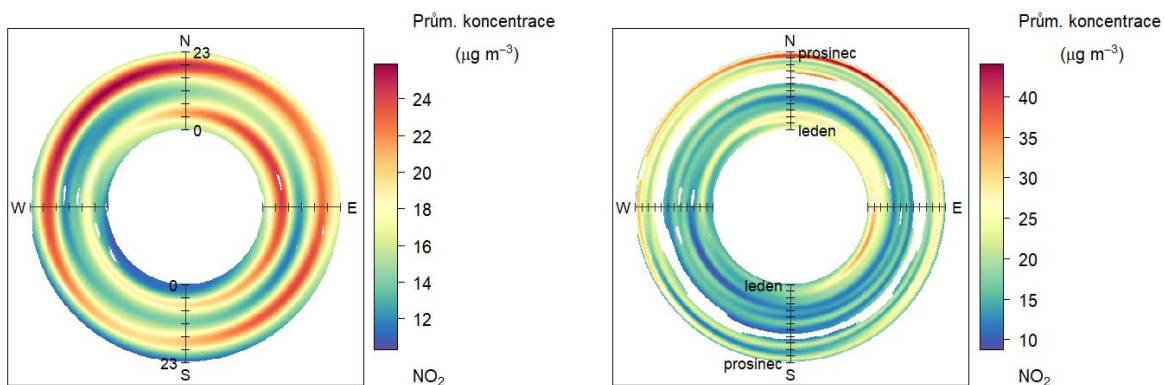
Zajímavé je také rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 53 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou takřka výhradně měřeny při teplotách vzduchu nižších než 0 °C. Při vyšších teplotách jsou již pouze mírně zvýšené, především při bezvětří.



Obr. 53 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Hranice, rok 2023

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 2023 byly nejvyšší koncentrace NO<sub>2</sub> 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 2023





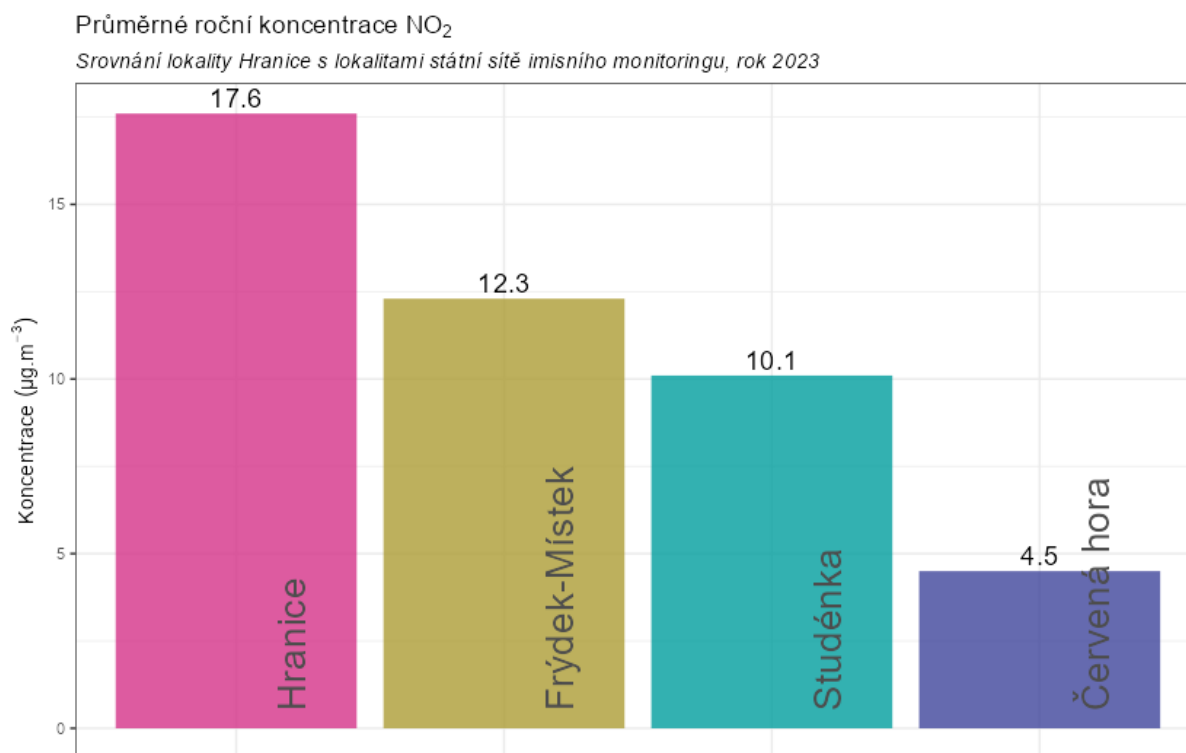
### 3.2.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

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

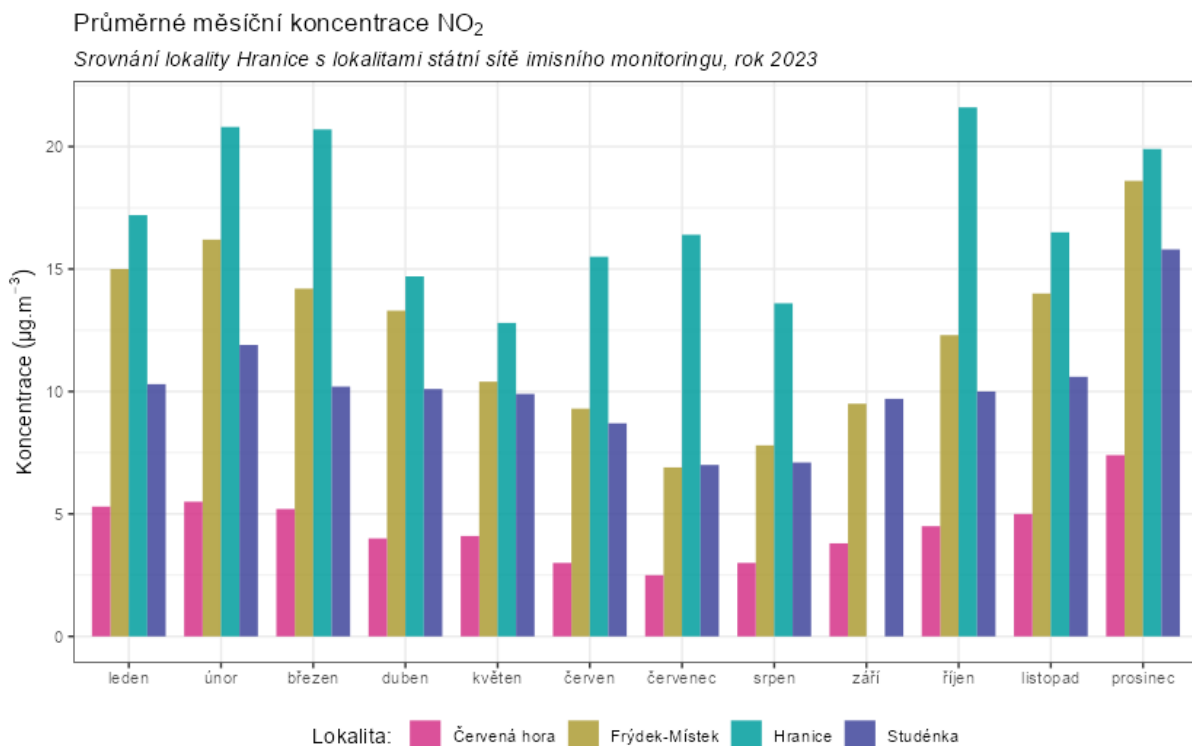
Na následujícím Obr. 55 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace legislativou sledovaného oxidu dusičitého NO<sub>2</sub> na blízkých lokalitách sítě imisního monitoringu v roce 2023. Ty jsou srovnány s lokalitou Hranice. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Hranice jsou měřeny nejvyšší koncentrace NO<sub>2</sub>. Žádná z uvedených lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO<sub>2</sub>.

Následující graf na Obr. 56 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace NO<sub>2</sub> naměřené v jednotlivých lokalitách. Z grafu je patrné, že jsou vyšší v chladné části roku. Patrný je nárůst koncentrací v říjnu pouze v lokalitě Hranice, jedná se tedy pravděpodobně o lokální ovlivnění.

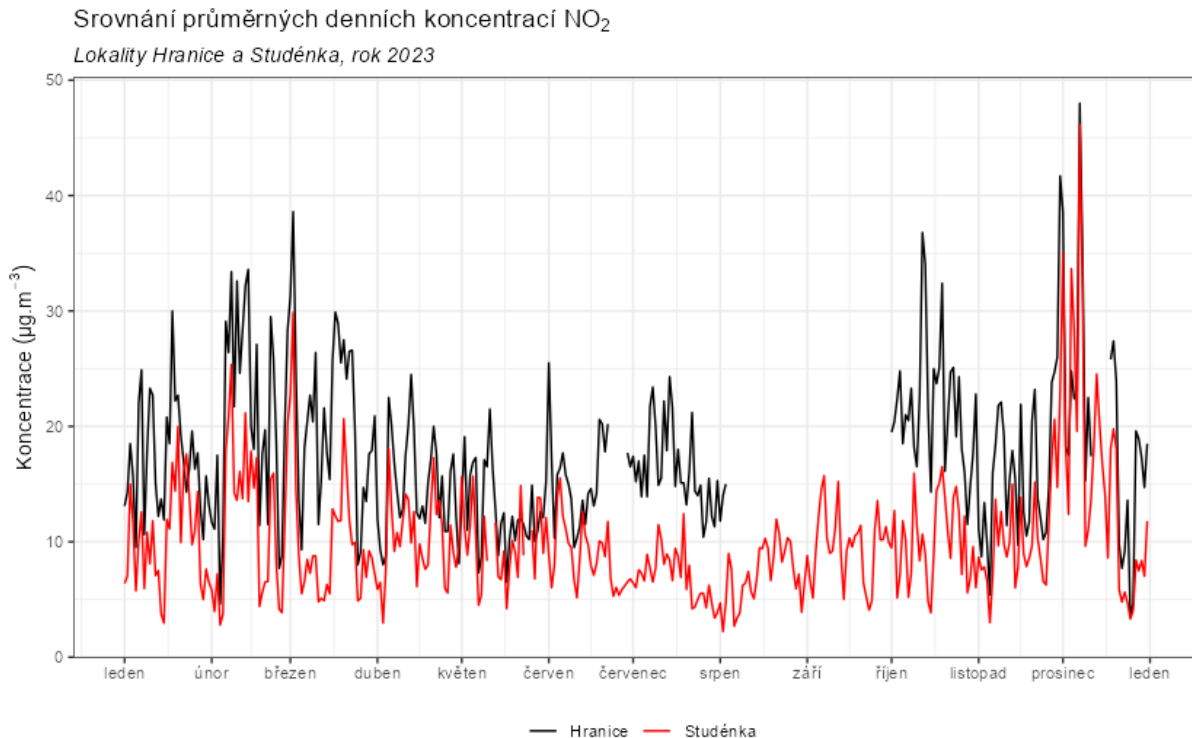
Následující graf na Obr. 57 srovnání průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> s lokalitou Studénka. Z grafu je patrné, že trend koncentrací v lokalitě Hranice je srovnatelný s lokalitou Studénka, koncentrace jsou však vyšší.



Obr. 55 – Srovnání průměrné roční koncentrace NO<sub>2</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



Obr. 56 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací NO<sub>2</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



Obr. 57 – Srovnání průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub>, lokality Hranice a Studénka, rok 2023



### 3.3 PŘÍZEMNÍ OZÓN

O<sub>3</sub> nemá vlastní významný zdroj. Jedná se o tzv. sekundární látku vznikající v celé řadě velmi komplikovaných nelineárních fotochemických reakcí [15]. Prekurzory O<sub>3</sub> jsou oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) a nemetanické těkavé organické látky (NMVOC), v globálním měřítku hrají roli i metan (CH<sub>4</sub>) a oxid uhelnatý (CO). Důležitou reakcí je fotolýza NO<sub>2</sub> 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 O<sub>3</sub>. Současně probíhá titrace O<sub>3</sub> oxidem dusnatým za vzniku NO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub>. Pokud je při této reakci O<sub>3</sub> nahrazen radikály, jeho koncentrace v atmosféře rostou. Důležitou úlohu při těchto reakcích hraje zejména radikál OH.

NO<sub>x</sub> 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 O<sub>3</sub> z prekurzorů nezáleží pouze na absolutním množství prekurzorů, ale i na jejich vzájemném poměru [16]. V oblastech, kde je režim limitovaný NO<sub>x</sub>, charakterizovaný relativně nízkými koncentracemi NO<sub>x</sub> a vysokými koncentracemi VOC, narůstají koncentrace O<sub>3</sub> s rostoucími koncentracemi NO<sub>x</sub>, zatímco se vzrůstajícími koncentracemi VOC se mění jen málo. Naopak v oblastech s režimem limitovaným VOC dochází k poklesu koncentrací O<sub>3</sub> s rostoucími koncentracemi NO<sub>x</sub> a nárůstu koncentrací O<sub>3</sub> s rostoucími koncentracemi VOC. Oblasti s vysokým poměrem NO<sub>x</sub>/VOC jsou typicky znečištěné oblasti okolo center velkých měst. Závislost vzniku O<sub>3</sub> na počátečních koncentracích VOC a NO<sub>x</sub> se často vyjadřují na diagramech ozonových isopleť. Jedná se o zobrazení maximální dosažené koncentrace ozonu jako funkce počáteční koncentrace NO<sub>x</sub> a VOC. Významnou roli při vzniku O<sub>3</sub> hrají nejen koncentrace prekurzorů, ale i meteorologické podmínky [17]. Imisní koncentrace O<sub>3</sub> 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 O<sub>3</sub> mohou zvyšovat i epizodicky v důsledku průniku stratosférického O<sub>3</sub> do troposféry a též při bouřkách. V poslední době se též zvyšuje význam dálkového přenosu O<sub>3</sub> v rámci proudění na severní polokouli do Evropy a Severní Ameriky ze zdrojových oblastí jihovýchodní Asie. O<sub>3</sub> je z atmosféry odstraňován reakcí s NO a suchou depozicí.

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

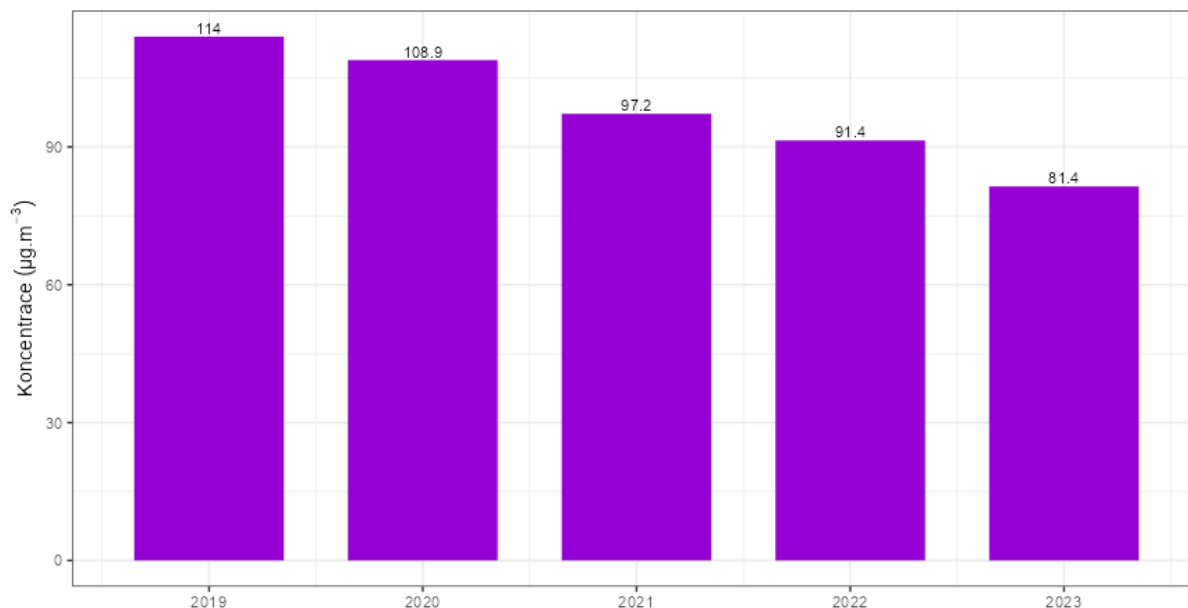
Z hlediska ochrany kvality ovzduší stanovuje příloha 1, bod 4 zákona o ochraně ovzduší [18] imisní limit pro troposférický ozón. Pro ochranu zdraví lidí platí imisní limit pro maximální denní 8hodinový klouzavý průměr O<sub>3</sub>. Hodnota imisního limitu je 120 µg·m<sup>-3</sup>, tato hodnota může 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 O<sub>3</sub> za den v lokalitě Hranice pro roky 2019–2023. **Průměrná hodnota za tři roky pak činí 90 µg·m<sup>-3</sup>, imisní limit tedy překročen nebyl.**



Vývoj 26. nejvyšších 8h klouzavých průměrů O<sub>3</sub>

Hranice



Obr. 58 – Vývoj 26. nejvyššího 8hodinového klouzavého průměru O<sub>3</sub> za den, lokalita Hranice

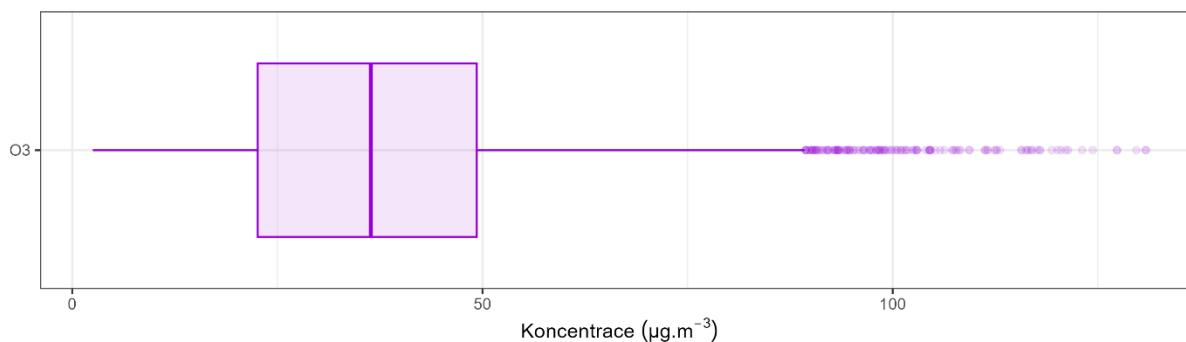
Následující Tab. 4 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro přízemní ozón. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2023 pak zobrazuje Obr. 59. Maximální naměřená hodinová koncentrace O<sub>3</sub> měla hodnotu 130,9 µg.m<sup>-3</sup>.

Tab. 4 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací O<sub>3</sub> v lokalitě Hranice, rok 2023

STATISTIKA	O <sub>3</sub>
PRŮMĚR	37,3
MAXIMUM	130,9
MEDIÁN	36,4
MINIMUM	2,5

Statistické zpracování hodinových koncentrací O<sub>3</sub>

Hranice, rok 2023



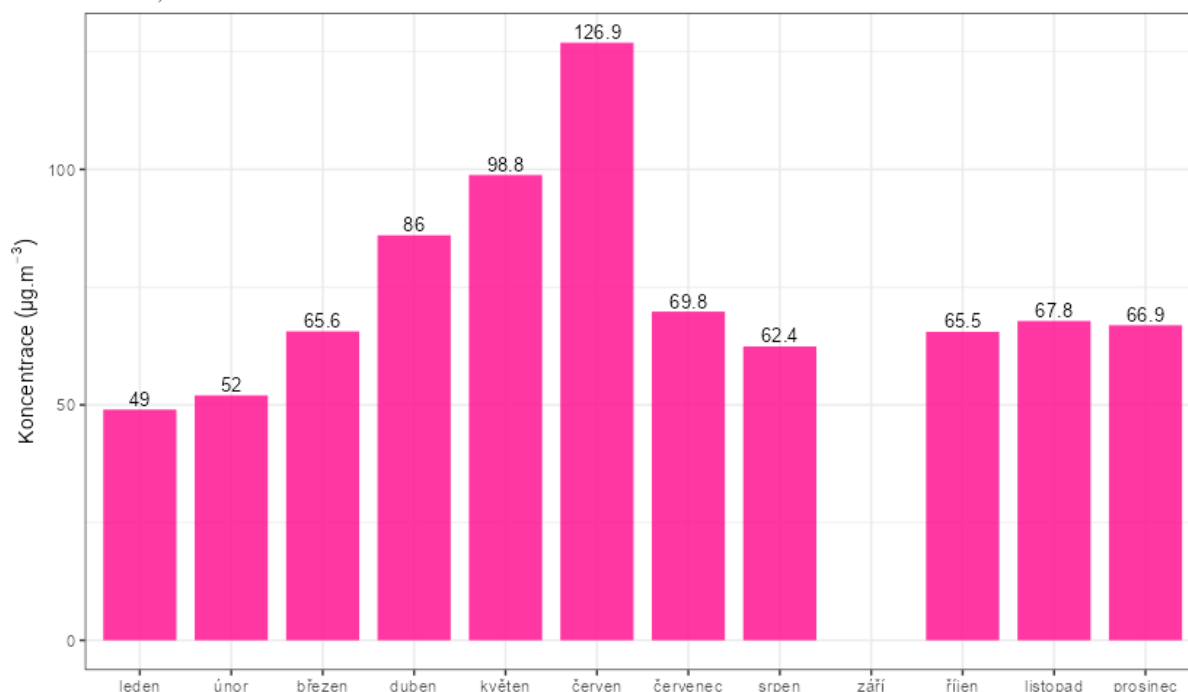
Obr. 59 – Statistické zpracování hodinových koncentrací O<sub>3</sub> v lokalitě Hranice, rok 2023



### 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 červnu, kdy byly rovněž měřeny vysoké teploty a množství slunečního svitu.

Vývoj maximálních 8hodinových klouzavých průměrů  $O_3$  v jednotlivých měsících  
Hranice, rok 2023

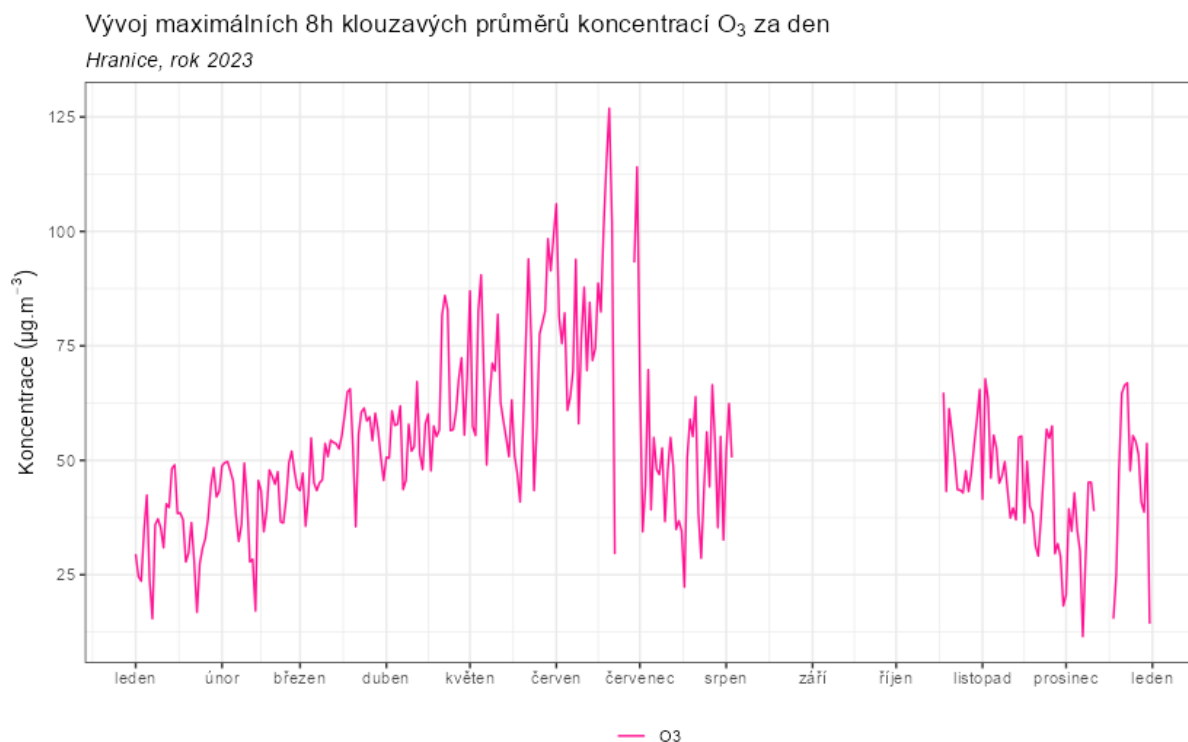


Obr. 60 – Maximální 8h klouzavé průměry  $O_3$  za den v jednotlivých měsících, Hranice, rok 2023



### 3.3.3 Vývoj průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub>

Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů O<sub>3</sub> za den v lokalitě Hranice zobrazuje následující Obr. 61.

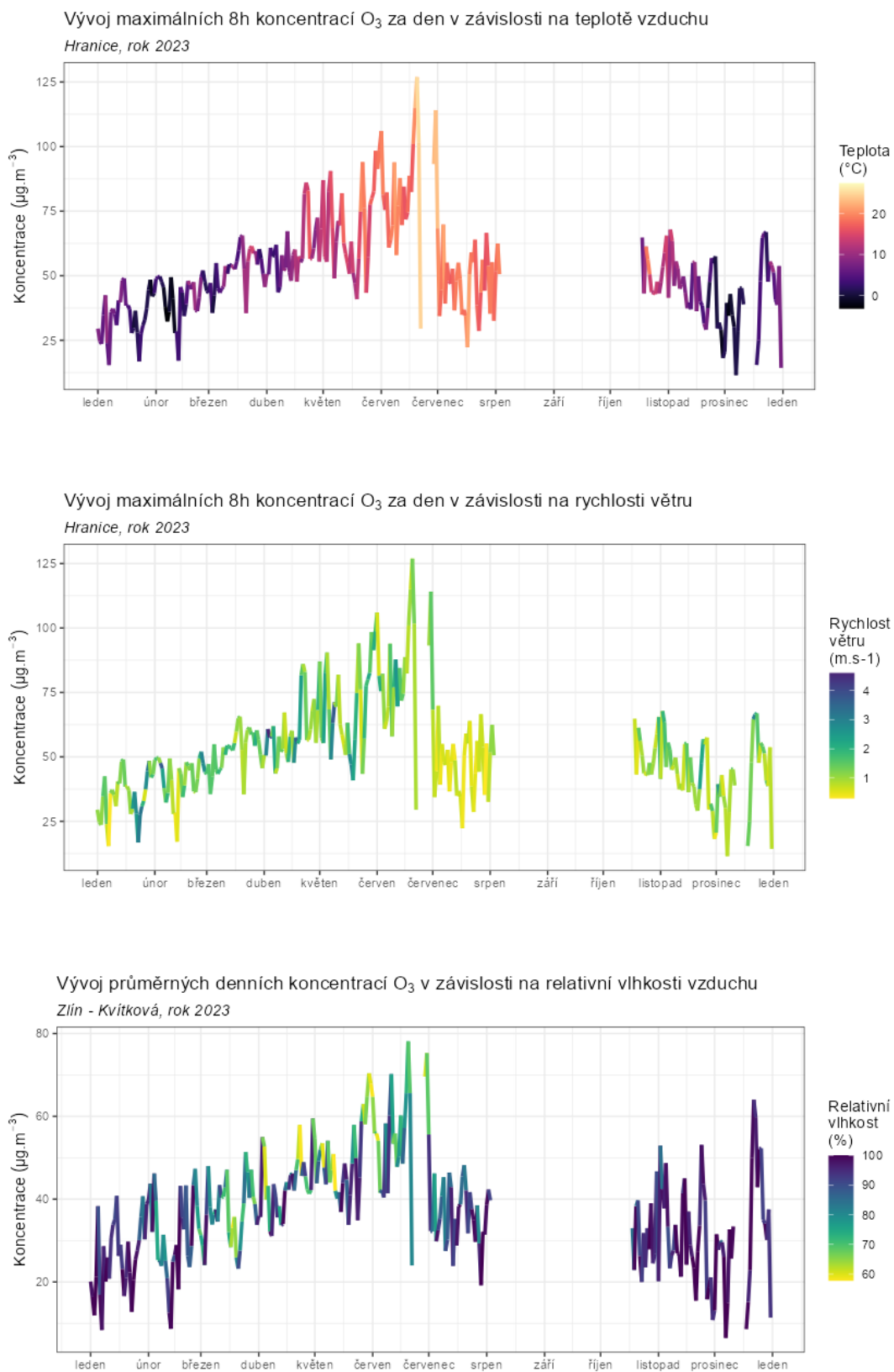


Obr. 61 – Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů O<sub>3</sub> za den, Hranice, rok 2023

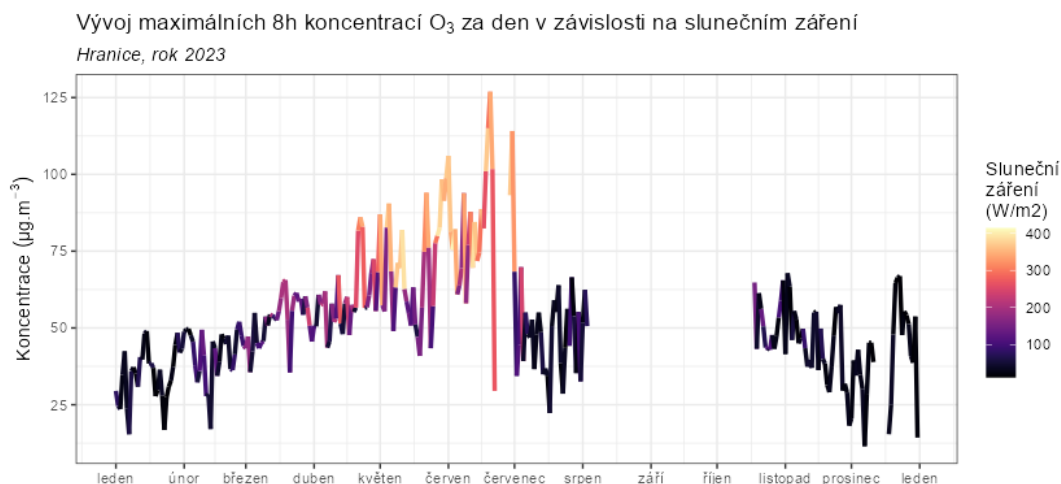
Z grafů je patrné, že v případě vývoje koncentrací O<sub>3</sub> dochází ke kulminaci v červnu. To souvisí s mechanismem tvorby přízemního ozónu. Poté došlo k poklesu koncentrací a přerušení měření.

Na Obr. 62 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací O<sub>3</sub> 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 O<sub>3</sub> 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 O<sub>3</sub>. Rychlost větru tolik koncentrace neovlivňuje, přesto vyšší rychlosti větru zřejmě mírně přispívají k vyšším koncentracím O<sub>3</sub>.

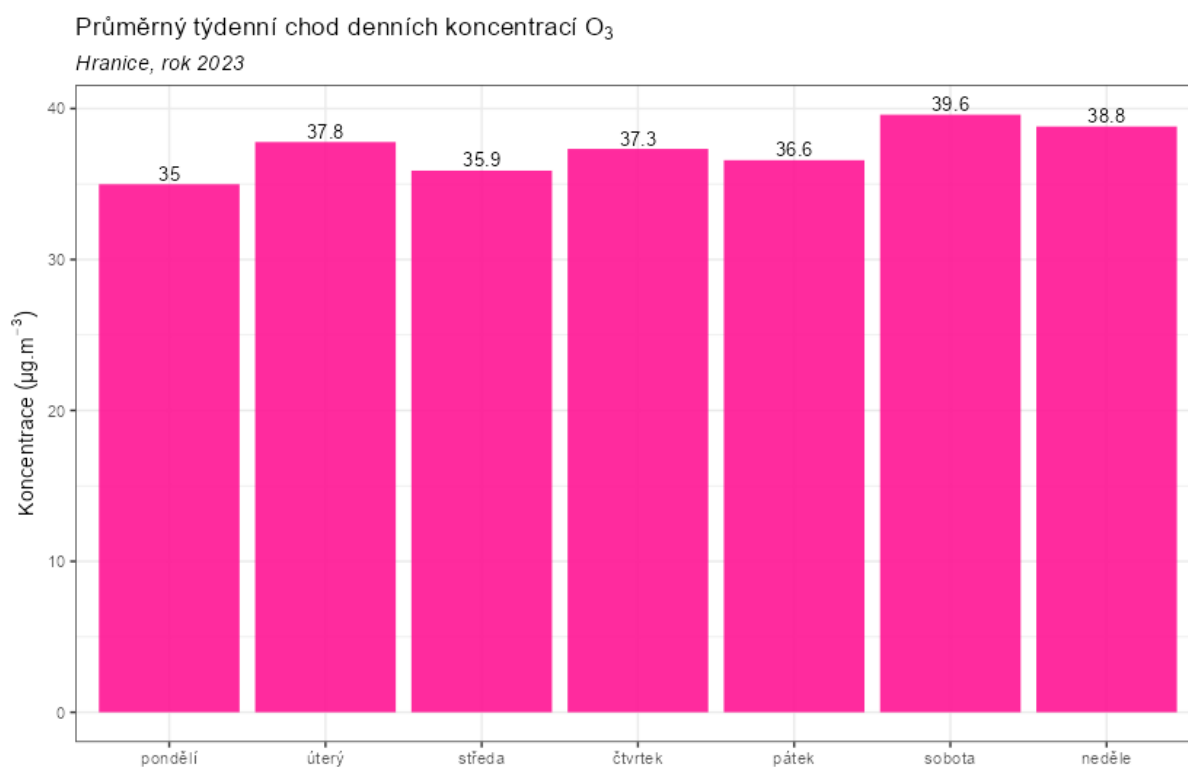


Obr. 62 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace O<sub>3</sub>, Hranice, rok 2023



Obr. 63 – Vliv slunečního záření na koncentrace O<sub>3</sub>, Hranice, rok 2023

Naopak z týdenního chodu průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub> 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).



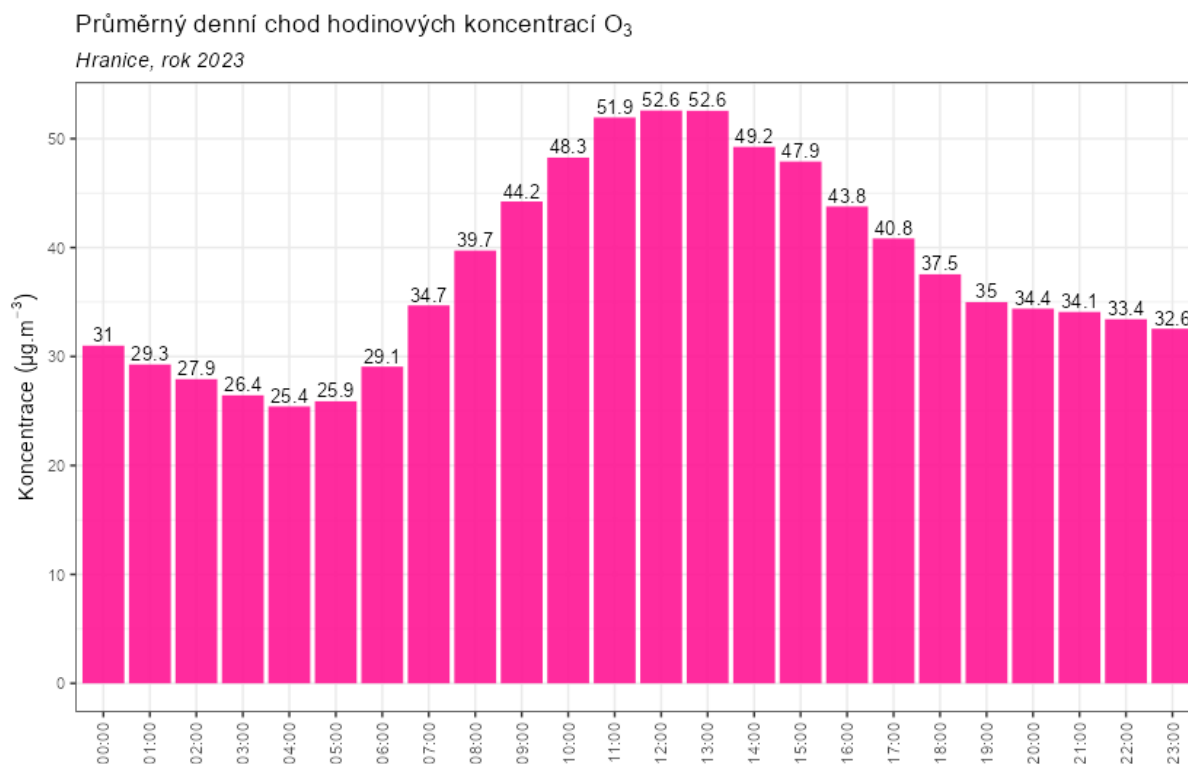
Obr. 64 - Průměrný týdenní chod denních koncentrací O<sub>3</sub>, Hranice, rok 2023





### 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.



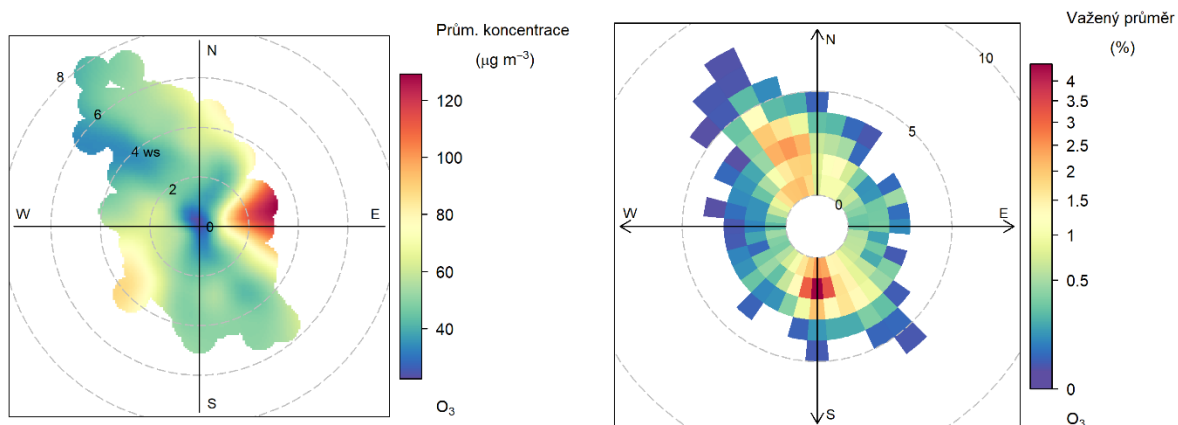
Obr. 65 – Denní chod hodinových koncentrací  $O_3$ , Hranice, rok 2023

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.4.

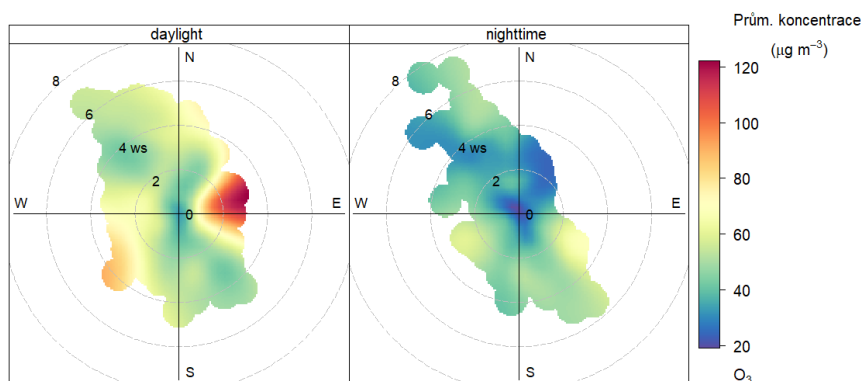
Následující Obr. 66 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici  $O_3$  pro lokalitu Hranice.

Z Obr. 66 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace především při východním proudění, nízké koncentrace jsou při bezvětří. Jižní směry proudění se pak nejvíce podílely na měřených koncentracích  $O_3$  v roce 2023.

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.

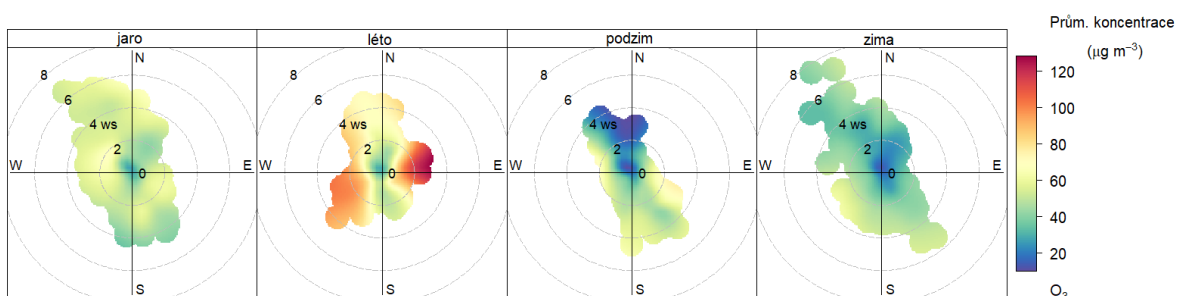


Obr. 66 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro O<sub>3</sub>, Hranice, rok 2023



Obr. 67 - Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Hranice, rok 2023

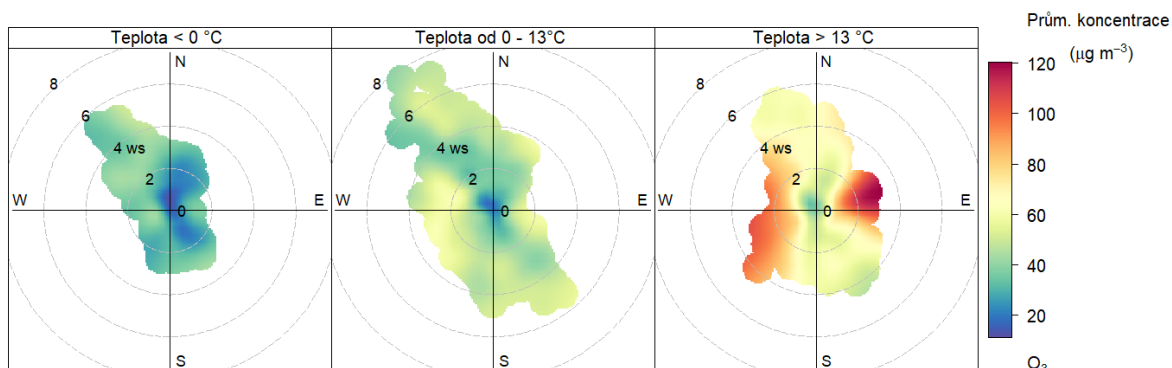
Následující Obr. 68 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Nízké koncentrace lze sledovat převážně v zimě a na podzim, v ostatních měsících jsou koncentrace výrazně vyšší, nejvyšší pak v létě.



Obr. 68 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Hranice, rok 2023

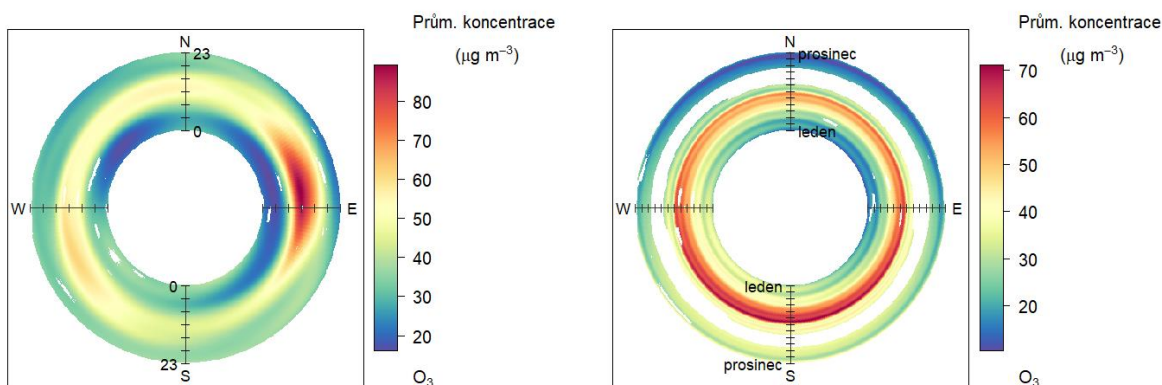


Zajímavé je také rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 69 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou takřka výhradně měřeny při vyšších teplotách vzduchu. Při teplotách nižších, než je bod mrazu jsou naopak nízké.



Obr. 69 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Hranice, rok 2023

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 2023

Z Obr. 70 pak vyplývá, že v případě lokality Hranice v roce 2023 byly nejvyšší koncentrace  $O_3$  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.



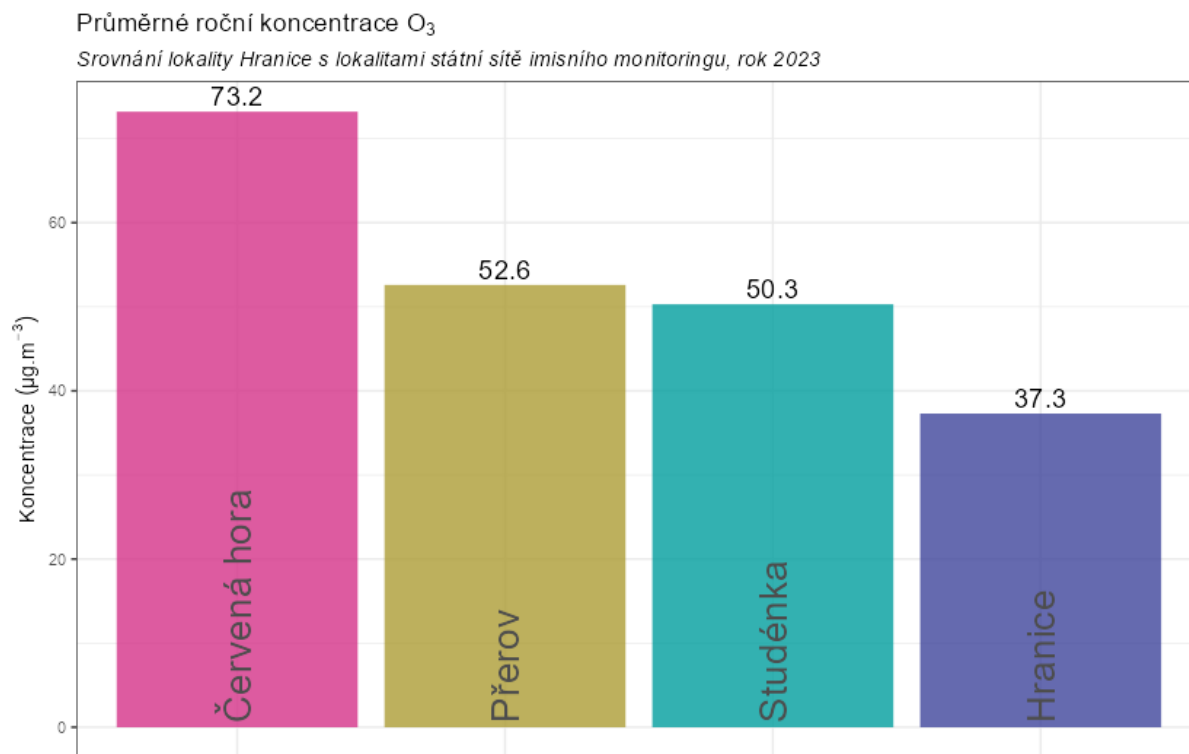
### 3.3.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

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 2023 a srovnány s lokalitou Hranice. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Hranice jsou měřeny nejnižší koncentrace. 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.

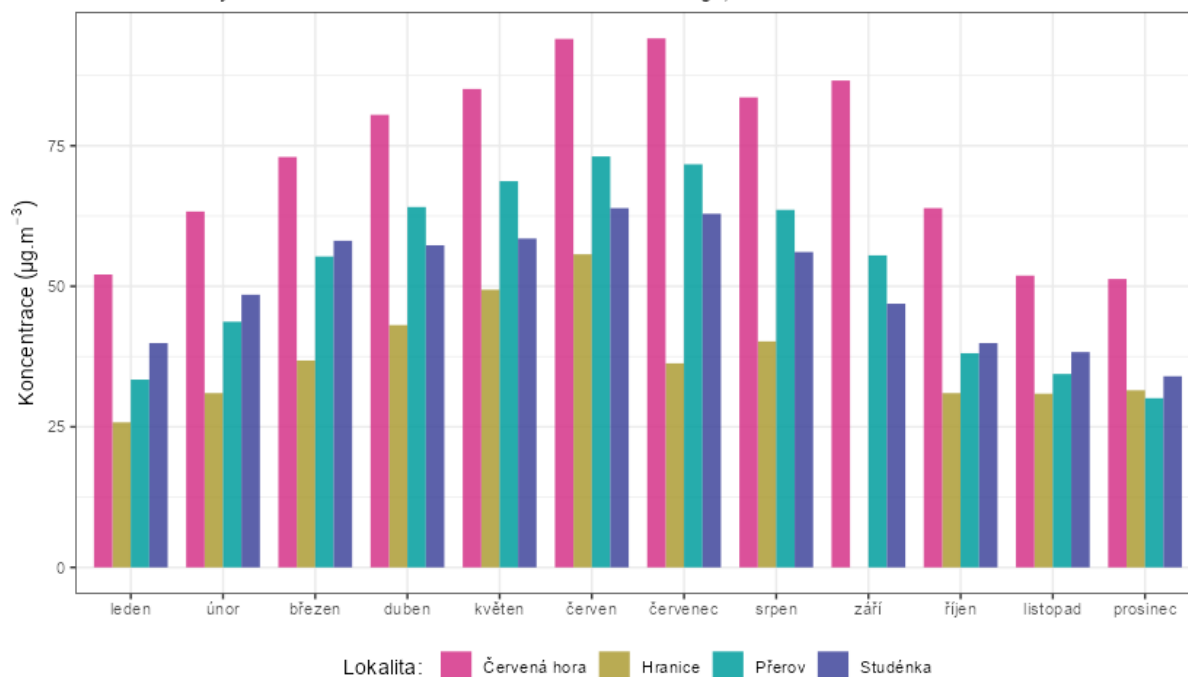


Obr. 71 – Srovnání průměrné roční koncentrace  $O_3$  lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



### Průměrné měsíční koncentrace O<sub>3</sub>

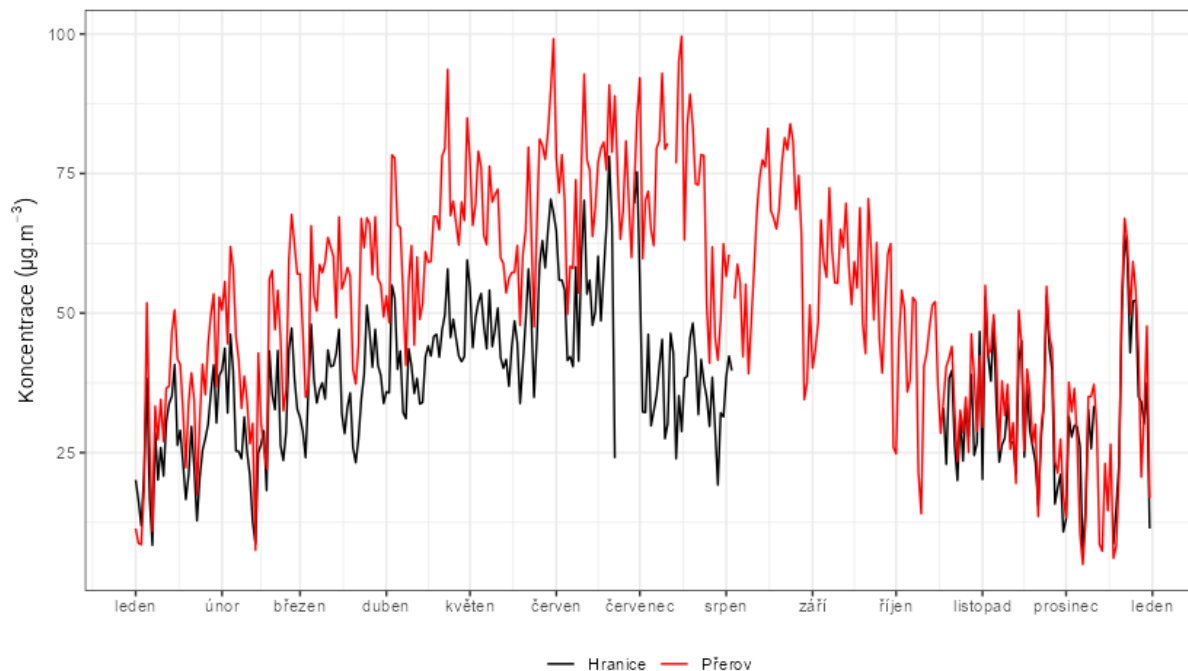
Srovnání lokality Hranice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



Obr. 72 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací O<sub>3</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023

### Srovnání průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub>

Lokality Hranice a Přerov, rok 2023



Obr. 73 – Srovnání průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub>, lokality Hranice a Přerov, rok 2023



## 4 ZÁVĚRY

---

- Vývoj průměrných denních koncentrací **PM<sub>10</sub>** i **PM<sub>2,5</sub>** 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 **PM<sub>10</sub>** i **PM<sub>2,5</sub>** 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 **PM<sub>10</sub>** (20,6  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) ani **PM<sub>2,5</sub>** (14,9  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) nepřekračují imisní limit pro průměrné roční koncentrace těchto škodlivin.
- Za rok 2023 byla hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci **PM<sub>10</sub>** (50  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) překročena 10x, imisní limit pro průměrnou denní koncentraci **PM<sub>10</sub>** 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 **NO<sub>2</sub>** také díky reakci této látky při tvorbě přízemního ozónu. Z hlediska týdenního chodu jsou vyšší koncentrace měřeny v pracovní dny s vyšším zatížením dopravou.
- Průměrná roční koncentrace **NO<sub>2</sub>** (17,6  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) nepřekračuje imisní limit pro průměrnou roční koncentraci **NO<sub>2</sub>**. Není překračován ani imisní limit pro hodinovou koncentraci **NO<sub>2</sub>**.
- Vysoké koncentrace přízemního ozónu **O<sub>3</sub>** 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 2021–2023 měl hodnotu 90  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , 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] ČHMÚ, „Teplota a srážky na území ČR za rok 2023,“ 3 1 2024. [Online]. Available: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove\\_zpravy/2024/Teplota\\_a\\_srazky\\_na\\_uzemi\\_CR\\_za\\_rok\\_2023.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2024/Teplota_a_srazky_na_uzemi_CR_za_rok_2023.pdf).
- [6] ČHMÚ, „Předběžná zpráva s hodnocením kvality ovzduší za rok 2023,“ 18 1 2024. [Online]. Available: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove\\_zpravy/2024/Predbezna\\_zprava\\_2023\\_UKO\\_isko.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2024/Predbezna_zprava_2023_UKO_isko.pdf).
- [7] 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.
- [8] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2022; ISBN 978-80-7653-060-7 (pdf),“ 2023. [Online]. Available: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/22groc/gr22cz/Obsah\\_CZ.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/22groc/gr22cz/Obsah_CZ.html).
- [9] U. EPA, „Particulate Matter (PM) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/pm-pollution>.
- [10] J. Keder, „Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátoru Grimm,“ v *Ovzduší 2007*, Brno, 2007.
- [11] USEPA, „Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/no2-pollution>.
- [12] P. WARNECK, *Chemistry of the natural atmosphere*, San Diego: Academic Press: ISBN 0-12-735632-0, 2000.
- [13] European Commission, „Position paper on air quality: nitrogen dioxide,“ 1997.
- [14] 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](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/21groc/gr21cz/Obsah_CZ.html).
- [15] 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.
- [16] J. Fiala a D. Závodský, „Chemické aspekty znečištěného ovzduší – troposférický ozon,“ v *Kompendium ochrany kvality ovzduší*, Praha, 2003.
- [17] I. Colbeck a A. R. Mackenzie, „Air Pollution by photochemical oxidants,“ *Air Quality Monographs*, č. Elsevier. ISBN 0-444-88542-0, 1994.
- [18] Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší, 2012.
- [19] *Vyhláška č. 330/2012 Sb. o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích*, Praha, 2012.
- [20] 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>.





- [21] 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](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html).
- [22] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky,“ 1996 - 2015. [Online]. Available: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html).
- [23] ČHMÚ, „Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší,“ 2010-2015. [Online]. Available: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance_CZ.html).
- [24] WHO, „Air quality guidelines for Europe, Second Edition,“ *WHO Regional Publications, European Series*, sv. No. 91, 2000.
- [25] EEA, „Air quality in Europe — 2016 report,“ 2016. [Online]. Available: [https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at\\_download/file](https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at_download/file).
- [26] 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](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah_CZ.html).
- [27] 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](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/IV.1.PM_CHMU2018.pdf). [Přístup získán 2019].
- [28] 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](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/Obsah_CZ.html).
- [29] 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>.
- [30] V. Michal, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovaných v městských aglomeracích,“ v *Konference ČAS 2010. Sborník konference*, Praha, 2010.
- [31] 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](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/Obsah_CZ.html).
- [32] 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](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2023/Zprava_Rok_2022.pdf).