

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SR

2022

PRÍLOHA

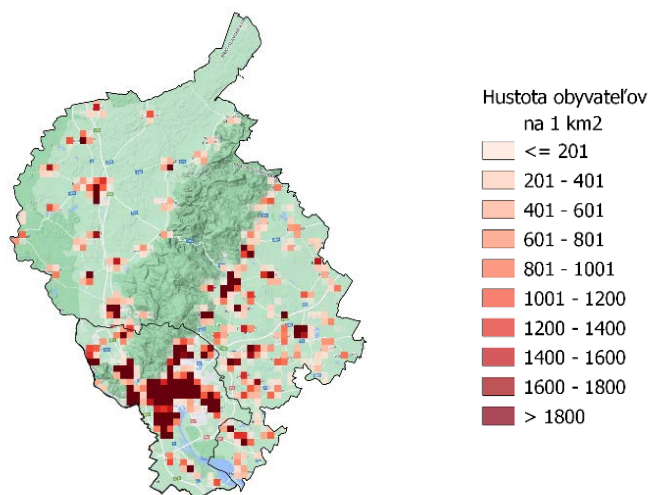
HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCII BRATISLAVA A V ZÓNE BRATISLAVSKÝ KRAJ

1	POPIS ÚZEMIA AGLOMERÁCIE BRATISLAVA A ZÓNY BRATISLAVSKÝ KRAJ Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA	2
1.1	AGLOMERÁCIA BRATISLAVA (územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy)	2
1.2	ZÓNA BRATISLAVSKÝ KRAJ (bez aglomerácie Bratislava)	3
2	MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCII BRATISLAVA A V ZÓNE BRATISLAVSKÝ KRAJ	4
2.1	AGLOMERÁCIA BRATISLAVA (územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy)	5
2.2	ZÓNA BRATISLAVSKÝ KRAJ (bez aglomerácie Bratislava)	6
3	ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV MONITORINGU KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCII BRATISLAVA A V ZÓNE BRATISLAVSKÝ KRAJ	7
3.1	AGLOMERÁCIA BRATISLAVA	8
3.1.1	Tuhé častice PM ₁₀ a PM _{2,5}	8
3.1.2	Oxid dusičitý	10
3.1.3	Ozón	10
3.1.4	Benzo(a)pyrén	12
3.1.5	Chemické zloženie zrážok	12
3.2	ZÓNA BRATISLAVSKÝ KRAJ	13
3.2.1	Tuhé častice PM ₁₀ a PM _{2,5}	13
3.2.2	Oxid dusičitý	14
3.2.3	Ozón	15
3.2.4	Benzo(a)pyrén	16
4	MODELOVANIE KVALITY OVZDUŠIA	16
4.1	Rizikové oblasti	17
5	ZHRNUTIE	18

1 POPIS ÚZEMIA AGLOMERÁCIE BRATISLAVA A ZÓNY BRATISLAVSKÝ KRAJ Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA

Pre účely hodnotenia kvality ovzdušia je územie Slovenska rozdelené na zóny a aglomerácie (https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_info_az). Územie Bratislavského kraja zahŕňa aglomeráciu Bratislava (územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy) a zónu Bratislavský kraj (Bratislavský kraj bez aglomerácie Bratislava). **Obr. 1.1** znázorňuje priestorové rozloženie hustoty osídlenia v Bratislavskom kraji.

Obr. 1.1 Rozloženie hustoty obyvateľstva v Bratislavskom kraji (Zdroj: EUROSTAT, 2018).



1.1 AGLOMERÁCIA BRATISLAVA (územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy)

Bratislava sa nachádza v členitom teréne s nadmorskou výškou od 126 m (Čunovo) po 514 m (Devínska Kobyla). Od juhozápadu na severovýchod sa tiahne pohorie Malých Karpát, západná časť Bratislavy leží na Záhorskej nížine, východnú a juhovýchodnú časť zaberá Podunajská nížina.

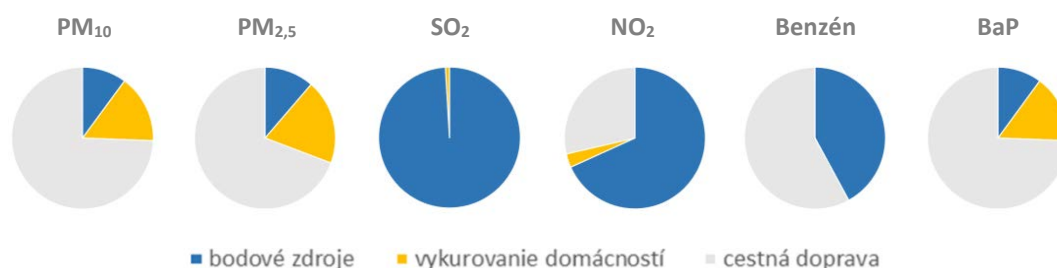
V oblasti Devínskej brány, ktorá oddeľuje Hainburgské vrchy a Devínske Karpaty a v oblasti Lamačskej brány medzi Devínskymi Karpatmi a Pezinskými Karpatmi, dochádza k orografickému zvýšeniu rýchlosti vetra, čo priaznivo pôsobí na ventiláciu mesta. Bratislavou preteká rieka Dunaj využívaná na lodnú dopravu.

Zdroje znečisťovania ovzdušia v aglomerácii Bratislava

Dominantným zdrojom znečisťovania ovzdušia v hlavnom meste je cestná doprava. Na základe posledného celoštátneho sčítania dopravy v r. 2015 vieme, že najviac áut v Bratislave prejde diaľničným obchvatom mesta D1 od prístavného mostu smerom na Žilinu (na najfrekventovanejšom úseku je to denne v priemere 93 344 vozidiel, z toho 12 762 nákladných a 80 058 osobných áut), diaľničným obchvatom D2 za mostom Lafranconi smerom do Rakúska a Maďarska (82 646 vozidiel, 11 913 nákladných a 70 519 osobných áut), cestou č. 2 (59 121 vozidiel, 3 273 nákladných a 55 545 osobných áut) vedúcou súbežne povedľa diaľnice R1 v Petržalke, cestou č. 61 (Trnavská cesta – 48 720 vozidiel, 3 420 nákladných a 45 141 osobných áut) a cestou 2. triedy č. 572 smerom na Most pri Bratislave (35 051 vozidiel, 2 915 nákladných a 31 984 osobných áut¹).

¹ https://www.ssc.sk/files/documents/dopravne-inzinerstvo/csd_2015/ba/scitanie_tabulka_ba_2015.pdf; Celoštátne sčítanie dopravy, ktoré sa uskutočňuje v SR každých 5 rokov bolo v roku 2020 v dôsledku pretrvávajúcich, resp. nových opatrení, ktoré sú prijímané v súvislosti so zamedzením šírenia ochorenia COVID-19 odložené, preto vychádzame z údajov za rok 2015;

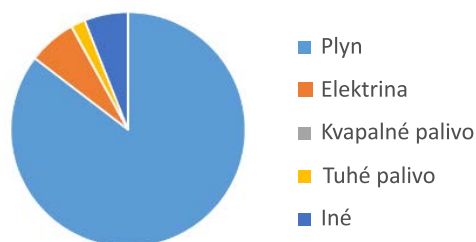
Obr. 1.2 Podiel rôznych druhov zdrojov znečisťovania ovzdušia na celkových emisiách v aglomerácii Bratislava.



Poznámka: Stredné a veľké zdroje znečisťovania ovzdušia evidované v databáze NEIS sú označené pre tento účel ako „bodové zdroje“.

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia sú z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné. Emisie oxidov síry sú tvorené takmer výlučne priemyselným zdrojom – rafinériou, ich hodnoty však za posledné desaťročia značne poklesli a ani limitné hodnoty pre koncentrácie SO₂ v ovzduší nie sú v súčasnosti prekračované, podobne ako pre ostatné základné znečisťujúce látky okrem NO₂, ktorý podľa merania kvality ovzdušia prekročil limitnú hodnotu na AMS Trnavské mýto v r. 2018. Podiel rôznych druhov zdrojov na emisiách v aglomerácii Bratislava zobrazuje Obr. 1.2.

Obr. 1.3 Podiel rôznych druhov palív na vykurovaní rodinných domov².



Pre vykurovanie rodinných domov v aglomerácii Bratislava je podľa údajov zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov 2021 (SODB) využívaný najmä zemný plyn, podiel tuhých palív je v porovnaní s ostatnými zónami najnižší (pravdepodobne ide najmä o príkurovanie v prechodných ročných obdobiach s využitím krbov).

1.2 ZÓNA BRATISLAVSKÝ KRAJ (bez aglomerácie Bratislava)

Zóna Bratislavský kraj pokrýva plochu kraja bez aglomerácie Bratislava. Bratislavský kraj je rozlohou najmenší z krajov na území Slovenska. Zahŕňa južnú časť Malých Karpát, Záhorsku a väčšiu časť Podunajskej nížiny. Povrch je zväčša rovinatý. Nadmorská výška územia sa pohybuje v rozmedzí od 126 m n. m. po 754 m n. m. (vrch Vysoká). Najľudnatejšími mestami sú okresné mestá Pezinok, Senec a Malacky. Priemerná hustota osídlenia v okrese Malacky je výrazne nižšia ako v ostatných okresoch.

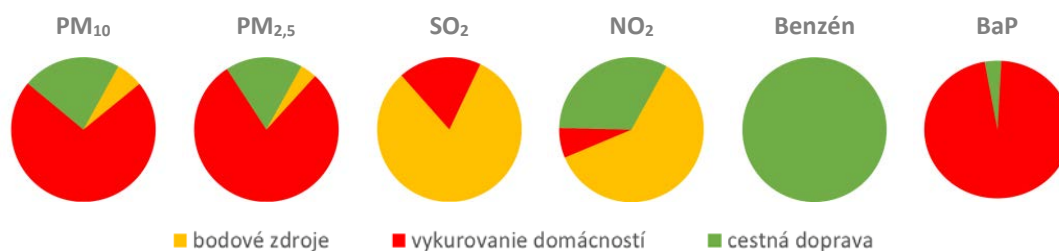
Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Bratislavský kraj

Významnejším zdrojom emisií v ovzduší je cestná doprava, ktorá sa sústreďuje v najväčšej miere na diaľničné ťahy. Výsledky posledného celoštátneho sčítania dopravy v r. 2015 hovoria, že diaľnica D1 vedúca do Senca dosahuje dennú intenzitu v priemere 62 652 vozidiel (10 385 nákladných a 52 260 osobných áut), zatiaľ čo diaľnica D2 smerujúca z Bratislavy do Malaciek a Brna v úseku pri Stupave 32 968 vozidiel (9 787 nákladných a 23 132 osobných áut)³.

² <https://www.scitanie.sk>

³ <https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinerstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/bratislavsky-kraj.ssc>

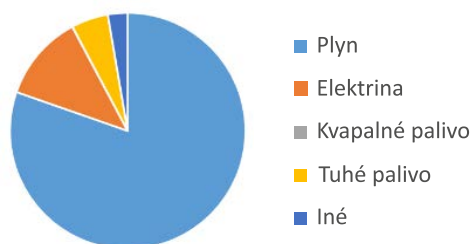
Obr. 1.4 Podiel rôznych druhov zdrojov znečisťovania ovzdušia na celkových emisiách v zóne Bratislavský kraj.



Poznámka: Stredné a veľké zdroje znečisťovania ovzdušia evidované v databáze NEIS sú označené pre tento účel ako „bodové zdroje“.

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia s výnimkou cementární (ich príspevok sa môže prejaviť najmä v hrubej veľkostnej frakcii prachových častíc) sú z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné.

Obr. 1.5 Podiel rôznych druhov palív na vykurovaní rodinných domov⁴.



Pre vykurovanie rodinných domov v zóne Bratislavský kraj je podľa údajov zo SODB 2021 využívaný najmä zemný plyn, aj keď v porovnaní s aglomeráciou Bratislava v menšej miere. Tuhé palivá sa v tejto zóne pravdepodobne viac používajú vo vidieckom type osídlenia s dobrou dostupnosťou palivového dreva.

2 MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCIÍ BRATISLAVA A V ZÓNE BRATISLAVSKÝ KRAJ

Tabuľky **Tab. 2.1** a **Tab. 2.3** obsahujú informácie o monitorovacích staniciach kvality ovzdušia v aglomerácii Bratislava a v zóne Bratislavský kraj:

- medzinárodný Eol kód, charakteristiku stanice podľa dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia (dopravná, pozad'ová, priemyselná), typ oblasti, ktorú daná stanica monitoruje (mestská, predmestská, vidiecka/regionálna) a geografické súradnice;
- monitorovací program. Automatické prístroje kontinuálneho monitoringu poskytujú priemerné hodinové koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5}, oxidov dusíka, oxidu siričitého, ozónu, oxidu uhoľnatého a benzénu. Skúšobné laboratórium SHMÚ v rámci manuálneho monitoringu analyzuje ťažké kovy a polycyklické aromatické uhľovodíky. Výsledkom sú priemerné 24-hodinové hodnoty.

⁴ <https://www.scitanie.sk>

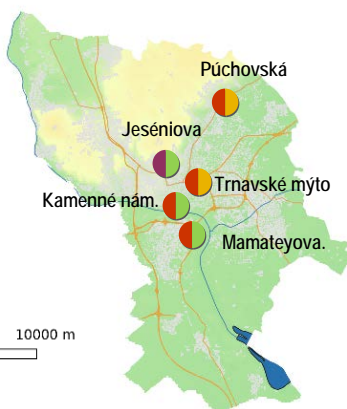
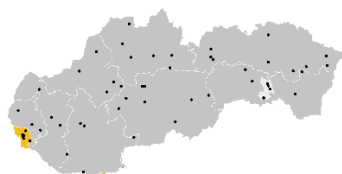
2.1 AGLOMERÁCIA BRATISLAVA (územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy)

V Bratislave sledujeme kvalitu ovzdušia na piatich monitorovacích staniciach. K dopravnej stanici na Trnavskom mýte, ktorá patrí k lokalitám s najvyššou intenzitou dopravy a zároveň najvyššou koncentráciou chodcov v meste, od roku 2021 pribudla monitorovacia stanica v Rači na Púchovskej ulici.

Sídlikovú zástavbu reprezentuje stanica NMSKO v Petržalke na Mamateyovej ulici, ďalšie monitorovacie stanice sa nachádzajú v rezidenčnej štvrti na Jeséniovej ulici na Kolibe (monitoruje požadované hodnoty znečistenia v predmestskej oblasti) a priamo v centre mesta na Kamennom námestí (monitoruje mestské pozadie).

Tab. 2.1 Monitorovací program kvality ovzdušia v aglomerácii Bratislava.

Agglomerácia Bratislava								Merací program												
Okres	Kód Eol	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Kontinuálne								Manuálne				
			oblasti	stanice	dĺžka	Šírka		PM ₁₀	PM _{2,5}	NO, NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP			
Bratislava I	SK0004A	Bratislava, Kamenné nám.	U	B	17°06'49"	48°08'41"	139													
Bratislava III	SK0002A	Bratislava, Trnavské mýto	U	T	17°07'44"	48°09'30"	136													
Bratislava III	SK0048A	Bratislava, Jeséniova	S	B	17°06'22"	48°10'05"	287													
Bratislava V	SK0001A	Bratislava, Mamateyova	U	B	17°07'31"	48°07'29"	138													
Bratislava III	SK0061A	Bratislava, Púchovská	U	T	17°09'29"	48°12'41"	145													
Spolu								5	5	4	3	2	2	2	0	1	3			



Typ oblasti:
 U – mestská
 S – predmestská
 R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice:
 B – požadová
 T – dopravná
 I – priemyselňa

0 5000 10000 m

Na predmestskej požadovej monitorovacej stanici Bratislava, Jeséniova sa okrem monitoringu kvality ovzdušia analyzuje aj kvalita zrážok. Monitorovací program tejto stanice je uvedený v Tab. 2.2, doba odberu a vzorkovací interval bol jeden mesiac.

Tab. 2.2 Merací program zrážok na stanici Bratislava, Jeséniova.

	pH	Vodivosť	Sířany (SO ₄ ²⁻)	Dusičnany (NO ₃ ⁻)	Chloridy (Cl ⁻)	Amónne ióny (NH ₄ ⁺)	Alkalicke ióny (K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺)	Olovo (Pb)	Arzén (As)	Kadmium (Cd)	Nikel (Ni)	Chróóm (Cr)	Meď (Cu)	Zinok (Zn)
Bratislava, Jeséniova	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

2.2 ZÓNA BRATISLAVSKÝ KRAJ (bez aglomerácie Bratislava)

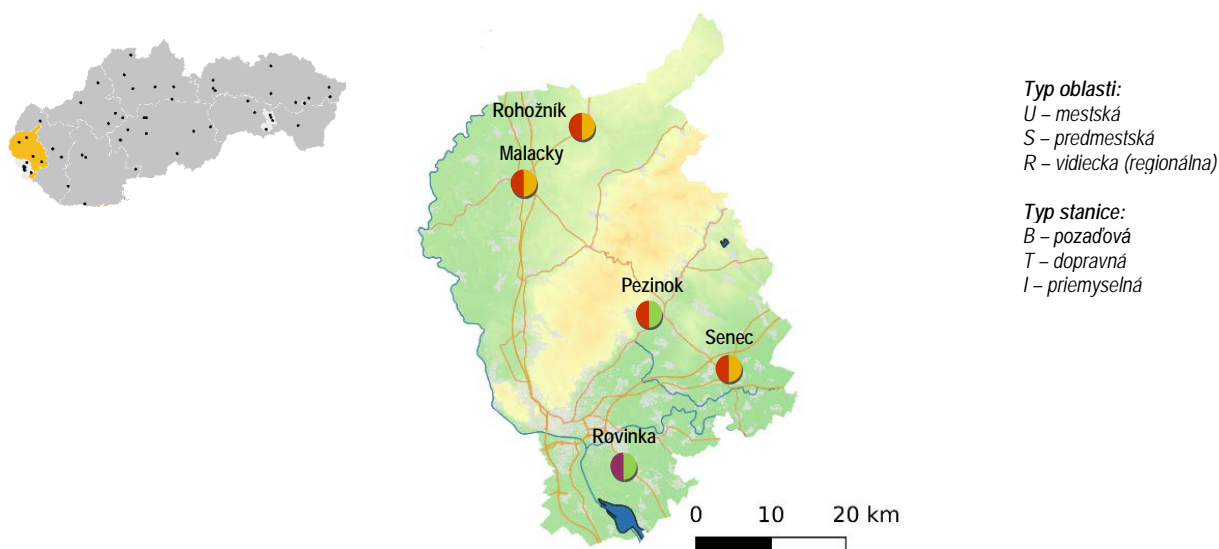
Kvalita ovzdušia v zóne Bratislavský kraj sa sleduje na štyroch stanicích NMSKO, stanica monitorujúca vplyv dopravy v centre Malaciek ukončila v roku 2022 svoju prevádzku a bola premiestnená do Rohožníka. Od roku 2021 situáciu v juhovýchodnej časti kraja monitoruje stanica v Senci. Obidve stanice v spomínaných okresných mestách sa nachádzajú na križovatkách s intenzívnou dopravou a veľkým pohybom chodcov.

Znečistenie ovzdušia v obytných zónach mimo hlavných dopravných ťahov monitorujú stanice v okresnom meste Pezinok a obci Rovinka. Monitoring kvality ovzdušia v tejto obci sa vykonáva aj z dôvodu blízkosti rafinérie Slovnaft. Stanica NMSKO v Pezinku patrí medzi nové stanice, ktoré pribudli v rámci posledného rozširovania siete NMSKO.

Tab. 2.3 Monitorovací program kvality ovzdušia v zóne Bratislavský kraj.

Zóna Bratislavský kraj (bez aglomerácie Bratislava)								Merací program												
Okres	Kód Eol	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Kontinuálne							Manuálne					
			oblasti	stanice	dĺžka	Šírka		PM ₁₀	PM _{2,5}	NO, NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP			
Malacky*	SK0407A	Malacky, Mierové nám.	U	T	17°01'09"	48°26'13"	162													
Pezinok	SK0075A	Pezinok, Obrancov mieru.	U	B	17°15'35"	48°17'00"	150													
Rohožník*	SK0077A	Rohožník, Senická cesta	U	T	17°10'17"	48°27'25"	201													
Rovinka	SK0076A	Rovinka, mobilná stanica	S	B	17°13'50"	48°05'59"	129													
Senec	SK0068A	Senec, Boldocká	U	T	17°24'16"	48°13'23"	126													
*Spolu								4	3	4	2	2	3	2	0	0	1			

* Stanica Malacky bola v prevádzke do 29. 4. 2022, v júni ju nahradila stanica Rohožník.
Stanice nemonitorovali znečistenie ovzdušia súbežne, a preto súčet Spolu nesedí.



3 ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV MONITORINGU KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCII BRATISLAVA A V ZÓNE BRATISLAVSKÝ KRAJ

Táto kapitola obsahuje zhodnotenie kvality ovzdušia v aglomerácii Bratislava a v zóne Bratislavský kraj na základe výsledkov monitoringu v roku 2022.

Tab. 3.1 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia ľudí a smogového varovného systému pre PM₁₀ v aglomerácii Bratislava a v zóne Bratislavský kraj – 2022.

	Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia									IP ²⁾	VP ²⁾
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	PM ₁₀	PM ₁₀
		1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok	12 h	12 h
		počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	priemer	počet prekročení	priemer	priemer	priemer	priemer	trvanie prekročenia [h]	trvanie prekročenia [h]
Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	350	125	200	40	50	40	20	10 000	5	100	150	
Maximálny počet prekročení	24	3	18		35							
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.					3	19	12			0	0
	Bratislava, Trnavské mýto			0	31	9	24	15	780	0,54	0	0
	Bratislava, Jeséniova	0	0	0	9	0	15	11			0	0
	Bratislava, Mamateyova	0	0	0	16	1	18	11			8	0
	Bratislava, Púchovská	0	0	0	13	1	19	13	694	0,35	0	0
Bratislavský kraj	Malacky, Mierové nám. ³⁾	0	0	0	21	0	22	14	1 334	0,71	0	0
	Pezinok, Obrancov mieru			0	9	3	16	13			0	0
	Rohožník, Senická ³⁾	0	0	0	11	1	21	14	1 426	0,76	0	0
	Rovinka	1	0	0	12	0	19		667	0,86	0	0
	Senec, Boldocká			0	20	8	20	14	836		9	0

 ≥ 90 % platných meraní

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

²⁾ IP, VP – trvanie prekročenia (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) pre PM₁₀

³⁾ monitorovacia stanica Malacky ukončila meranie 29. 4. 2022 a v júni 2022 ju nahradila AMS v Rohožníku, na celoročné hodnotenie prekročenia limitných hodnôt nie je dostatok platných meraní

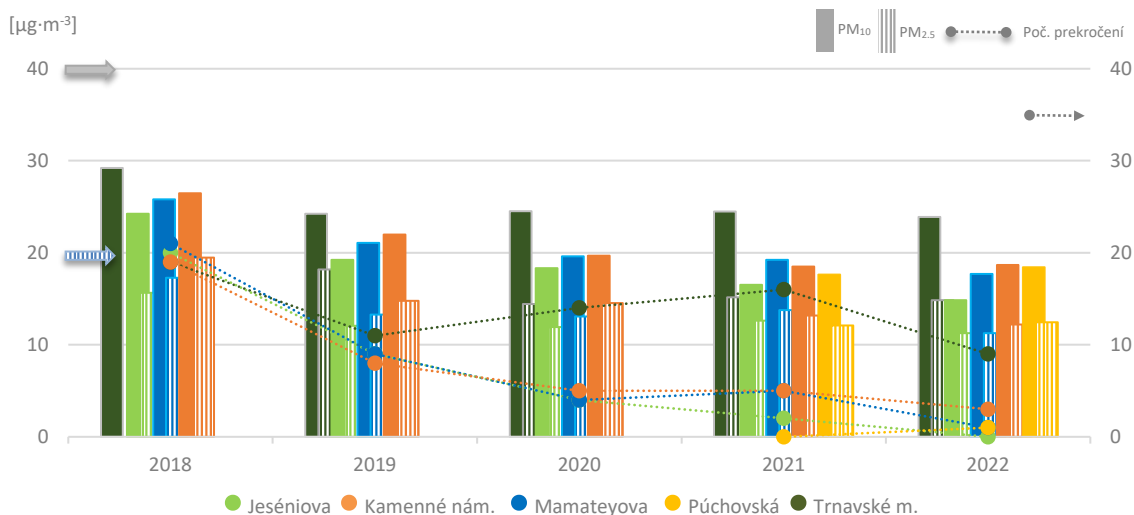
S výnimkou monitorovacích staníc Rohožník, Senická a Malacky, Mierové nám. bol v súlade s Vyhláškou MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov na ostatných monitorovacích staniciach vyžadovaný podiel platných hodnôt dodržaný v aglomerácii Bratislava aj v zóne Bratislavský kraj.

3.1 AGLOMERÁCIA BRATISLAVA

3.1.1 Tuhé častice PM₁₀ a PM_{2,5}

Obr. 3.1 zobrazuje priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet dní s priemernou dennou koncentraciou PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³ podľa výsledkov meraní na monitorovacích staniciach v aglomerácii Bratislava v rokoch 2018 – 2022.

Obr. 3.1 Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀.



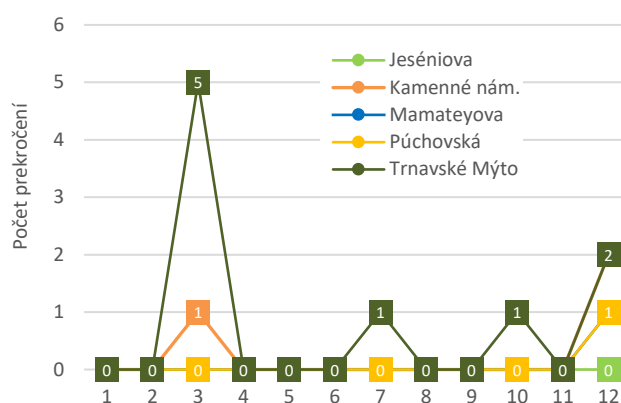
Počet prekročení – zachtáva denné priemerné koncentrácie PM₁₀ vyššie ako 50 µg·m⁻³.

Šípky znázorňujú limitné hodnoty, **modrá pruhovaná** PM_{2,5} (priemerná ročná koncentrácia ≤ 20 µg·m⁻³); **šedá plná** PM₁₀ (priemerná ročná koncentrácia ≤ 40 µg·m⁻³); **šedá bodkovaná vpravo** počet prekročení (priemerná denná koncentrácia PM₁₀ 50 µg·m⁻³ sa nesmie prekročiť viac než 35-krát za kalendárny rok).

Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ (40 µg·m⁻³) v aglomerácii Bratislava nebola prekročená na žiadnej monitorovacej stanici. Najvyššia priemerná ročná koncentrácia PM₁₀ 24 µg·m⁻³ v Bratislave bola podľa očakávaní zaznamenaná na dopravnej stanici Trnavské Mýto, čo je rovnaká hodnota ako v roku 2021. Treba poznamenať, že v blízkosti stanice po celý rok prebiehali búracie práce budovy Istropolis, ktoré jednoznačne prispeli k navýšeniu koncentrácií PM₁₀. Úroveň znečistenia PM₁₀ v mestských pozadových lokalitách v roku 2022 bola na podobnej úrovni (18 – 19 µg·m⁻³). Nižšie koncentrácie boli zaznamenané na predmestskej pozadovej stanici Jeséniova, ktorá je situovaná v podhorí Malých Karpát na Kolibe.

Limitnú hodnotu pre počet prekročení (35) priemernej dennej koncentrácie PM₁₀ (50 µg·m⁻³) nepresiahla žiadna stanica (**Obr. 3.1**) a na všetkých pozadových staniciach by bol splnený aj limit WHO (maximálne 3 – 4 prekročenia⁵). Počet denných prekročení bol v porovnaní s rokom 2021 významne nižší aj na Trnavskom mýte, kde bolo zaznamenaných 9 prekročení. V roku 2021 ich bolo až 16. **Obr. 3.2** zachtáva počet prekročení limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀ za jednotlivé

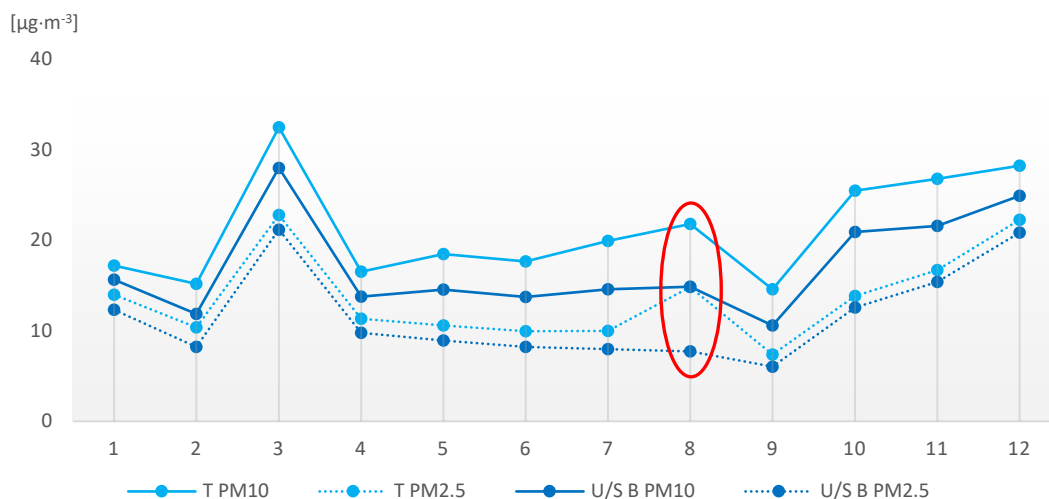
Obr. 3.2 Počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀ za jednotlivé mesiace v roku 2022.



⁵ WHO GLOBAL AIR QUALITY GUIDELINES, 2021. Recommendations on classical air pollutants, str. 4. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345334/9789240034433-eng.pdf>

mesiace v roku v aglomerácii Bratislava, najviac ich bolo zaznamenaných v marci. Na stanici Bratislava, Jeséniova nebolo za celý rok zaznamenané žiadne prekročenie dennej limitnej hodnoty. Na všetkých bratislavských staniciach bolo celkovo v roku 2022 zaznamenaných 14 prekročení, čo je polovičný počet oproti roku 2021. Jedno prekročenie na Trnavskom mýte sme zaznamenali v júli, čo je pre tento mesiac nezvyčajné. Dôvodom boli pravdepodobne búracie práce v blízkosti stanice spojené s výskytom anticyklóny, čo zapríčinilo nepriaznivé rozptylové pomery pre rozptyl prachu zo staveniska.

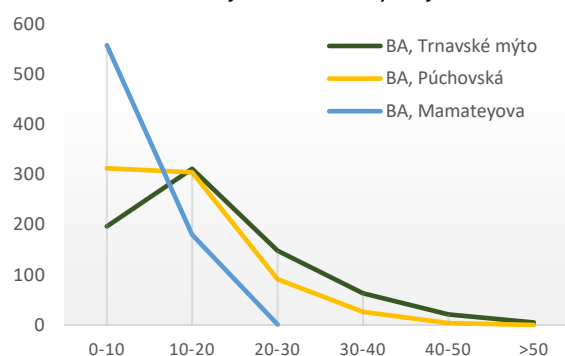
Obr. 3.3 Priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} a $PM_{2,5}$ v aglomerácii Bratislava podľa typu stanice.



T PM_{10} a T $PM_{2.5}$ – priemer mesačných koncentrácií PM_{10} a $PM_{2,5}$ na dopravných staniciach Trnavské mýto a Púchovská; **U/S B PM_{10} a U/S B $PM_{2.5}$** – priemer mesačných koncentrácií PM_{10} a $PM_{2,5}$ na mestských/predmestských pozadových staniciach Jeséniova, Kamenné námestie a Mamateyova.

V porovnaní s ostatnými zónami mesačné koncentrácie (Obr. 3.3) vykazujú najmenšie rozdiely v koncentráciách PM_{10} medzi chladnejšími a teplejšími mesiacmi. Je tomu tak najmä preto, že v Bratislave prevažuje centrálné vykurovanie domácností, ktoré má oveľa nižšie emisie tuhých častíc práve v zimných mesiacoch. Oproti roku 2021, keď sme maximálne mesačné koncentrácie PM_{10} zaznamenali vo februári, v roku 2022 bolo maximum v marci, ktorý sa vyznačoval nepriaznivými rozptylovými podmienkami počas viacerých anticyklonálnych situácií, pri pretrvávajúcej vykurovacej sezóne. Koncentrácie PM_{10} v typicky zimných mesiacoch január a február, ktoré boli naopak teplotne nadnormálne, boli nízke – na úrovni letného obdobia. Najväčší rozdiel medzi dopravnými a pozadovými stanicami bol pozorovaný v auguste. Túto skutočnosť môžeme pripísať búracím prácam v blízkosti stanice Trnavské mýto. Ak porovnáme hodinové priemerné koncentrácie PM_{10} v auguste na Trnavskom mýte s ostatnými bratislavskými stanicami (Obr. 3.4), vidíme veľké rozdiely v ich rozložení – na stanici Mamateyova bola väčšina koncentrácií v rozmedzí $0-10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a koncentrácie vyššie ako $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ sa nevyskytovali vôbec, na stanici Púchovská boli najnižšie koncentrácie tiež oveľa výraznejšie zastúpené ako na Trnavskom mýte, kde sa naopak koncentrácie nad $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ vyskytovali v oveľa vyššej miere. V iných mesiacoch roku sa takéto markantné rozdiely v distribúcii hodinových koncentrácií PM_{10} nevyskytovali.

Obr. 3.4 Distribúcia hodinových koncentrácií PM_{10} v auguste 2022 na Trnavskom mýte, Púchovskej ul. a Mamateyovej ul.



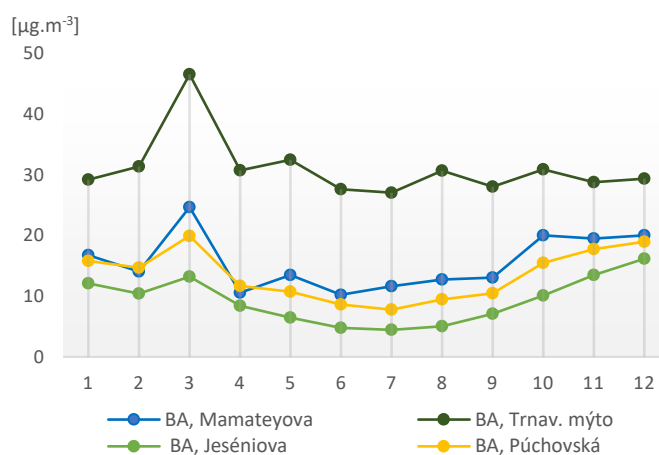
Na **Obr. 3.3** sú koncentrácie $PM_{2,5}$ zobrazené prerušovanou čiarou. Rovnako ako PM_{10} aj $PM_{2,5}$ nevykazuje taký výrazný sezónny chod v Bratislave ako iné monitorovacie stanice na Slovensku. Napriek tomu, že Bratislava je región s najlepšou kvalitou ovzdušia na Slovensku, priemerná ročná koncentrácia $PM_{2,5}$ na všetkých monitorovacích staniciach mierne prekračuje hodnotu $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a preto ani hlavné mesto nespĺňa revidované zdravotné odporúčania WHO pre jemnú frakciu PM platné od septembra roku 2021 ($5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Bratislava sa v rebríčku európskych miest *How clean is the air in my city?* (EEA, 2023) na základe hodnôt jemných $PM_{2,5}$ nameraných v ovzduší v dvojročnom období 2021-2022 umiestnila na 244. mieste z 375 posudzovaných miest.

3.1.2 Oxid dusičitý

Monitoring oxidu dusičitého prebieha v aglomerácii Bratislava na štyroch staniciach. Priemerné mesačné hodnoty pre jednotlivé stanice zachytáva **Obr. 3.5**.

Hlavným zdrojom emisií NO_2 je cestná doprava. Na dopravnej stanici Trnavské mýto bola v roku 2022 nameraná druhá najvyššia priemerná ročná koncentrácia NO_2 na Slovensku ($31 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), čo je dôsledkom vysokej intenzity dopravy v tejto lokalite. Napriek tomu limitná hodnota ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nebola prekročená. V ostatných lokalitách Bratislavy je úroveň znečistenia NO_2 na oveľa nižšej úrovni, čo ilustruje **Obr. 3.5**. Mesačné koncentrácie NO_2 na dopravnej stanici Púchovská sú na nižšej úrovni ako na stanici Mamateyova, ktorá je klasifikovaná ako pozadová. Stanica na Jeséniovej ulici (priemerná ročná koncentrácia NO_2 tu dosiahla $9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) je jedinou v Bratislave, ktorá splnila – hoci tesne – odporúčania WHO ($10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Tie sú výrazne prísnejšie ako limitné hodnoty EÚ.

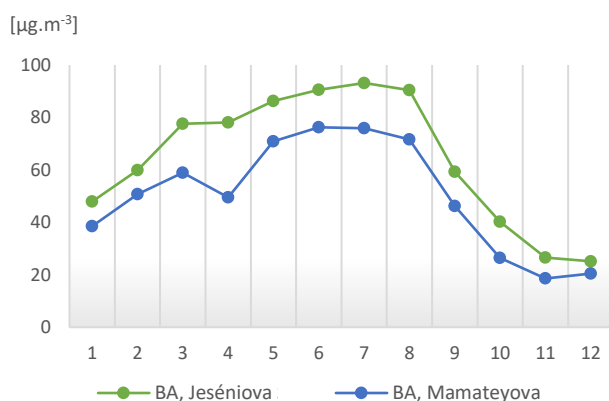
Obr. 3.5 Priemerné mesačné koncentrácie NO_2 .



3.1.3 Ozón

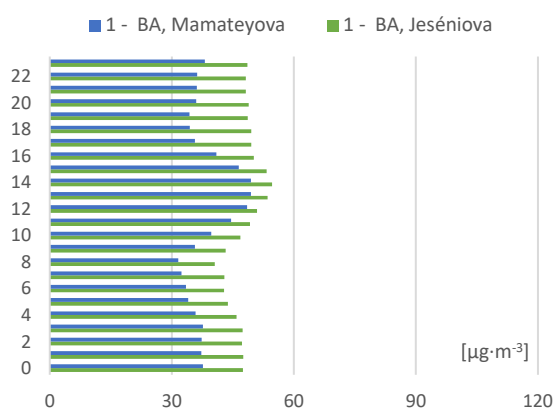
Monitoring ozónu prebieha v hlavnom meste na dvoch monitorovacích staniciach, Mamateyova a Jeséniova. Druhá z nich sa nachádza vo vyššej nadmorskej výške na Kolibe, na úpätí Malých Karpát. Na tejto stanici sú merané vyššie koncentrácie ako na Mamateyovej ulici v Petržalke.

Obr. 3.6 Priemerné mesačné koncentrácie O_3 v r. 2022.



Najvyššie koncentrácie prízemného ozónu sa vyskytujú spravidla v teplých mesiacoch s vysokou intenzitou slnečného svitu (**Obr. 3.6**). Na obrázku **Obr. 3.7** a **Obr. 3.8** je znázornený tzv. denný chod koncentrácie O_3 : koncentrácie stúpajú s východom slnka, vrchol dosahujú okolo poludnia a vo večerných hodinách postupne klesajú na minimum, ktoré sa vyskytuje nadvrátnom. Veľké rozdiely v koncentráciách prízemného ozónu zaznamenávame tiež v teplom a chladnom období.

Obr. 3.7 Denný chod koncentrácie O₃ v januári 2022.



Obr. 3.8 Denný chod koncentrácie O₃ v júli 2022.



Počet dní s prekročením cieľovej hodnoty prízemného ozónu uvádza **Tab. 3.2**.

Tab. 3.2 Počet dní s prekročením cieľovej hodnoty prízemného ozónu na ochranu zdravia ľudí.

Stanica	2020	2021	2022	Priemer 2020 – 2022
Bratislava, Jeséniova	17	23	37	26
Bratislava, Mamateyova	12	15	25	17

≥ 90 % požadovaných platných údajov Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty

Poznámka: Cieľová hodnota na ochranu zdravia ľudí pre prízemný ozón je podľa Vyhlášky MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov stanovená takto: Najväčšia denná 8-hodinová stredná koncentrácia neprekročí 120 µg/m³ viac ako 25 dní za kalendárny rok v priemere troch rokov.

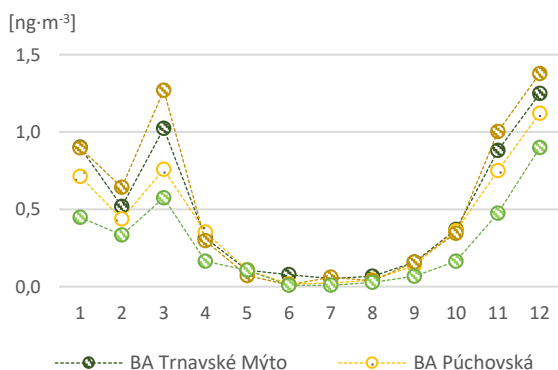
Prízemný O₃ vzniká v atmosfére za prítomnosti slnečného (UV-B) žiarenia chemickou reakciou oxidov dusíka (NO, NO₂) a prchavých organických látok alebo oxidu uhoľnatého. Zdrojom oxidov dusíka sú spaľovacie procesy, v podmienkach mestskej aglomerácie najmä cestná doprava, v prípade Bratislavy aj rafinéria. Zdrojom emisií prchavých organických látok je tiež cestná doprava, ale aj priemyselné zdroje a v teplom polroku je významným zdrojom vegetácia. Prízemný O₃ sa však reakciou s NO pri určitých koncentráciách aj rozkladá (tzv. titráciou ozónu), preto sú v oblastiach s vyšším NO nižšie koncentrácie O₃.

Cieľová hodnota pre ochranu ľudského zdravia pre ozón bola v hodnotených rokoch 2020–2022 prekročená v aglomerácii Bratislava na monitorovacej stanici Bratislava, Jeséniova. Príčinou nižších hodnôt prízemného ozónu na Mamateyovej ulici oproti Jeséniovej je pravdepodobne spomenutá titrácia ozónu oxidom dusnatým, ktorý sa v okolí Mamateyovej vyskytuje vo vyšších koncentráciách než na Jeséniovej v dôsledku vplyvu cestnej dopravy a rafinérie, ktorá je zdrojom emisií prchavých organických látok.

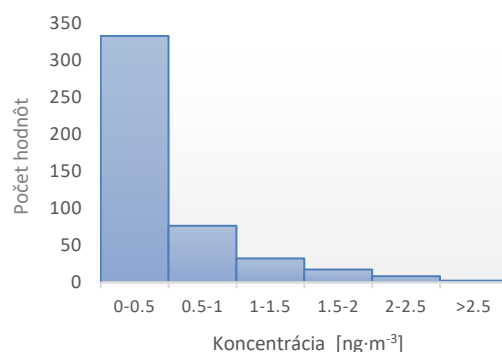
3.1.4 Benzo(a)pyrén

Znečisťujúca látka benzo(a)pyrén sa v aglomerácii Bratislava monitoruje na troch monitorovacích staniciach – na Jeséniovej ulici, Trnavskom mýte a na Púchovskej ulici. Žiadna zo staníc, neprekročila cieľovú hodnotu pre priemernú ročnú koncentráciu ($1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Koncentrácie v období od mája do septembra dosahovali na všetkých staniciach nízke hodnoty v mesačnom priemere do $0,1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Najvyššie koncentrácie sme rovnako ako pri PM_{10} zaznamenali v marci (Obr. 3.9). V hodnotenom roku 2022 bola nameraná maximálna koncentrácia $3,2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ v decembri na Trnavskom mýte. Histogram na obrázku (Obr. 3.10) ukazuje, že v Bratislave sa vysoké koncentrácie benzo(a)pyrénu vyskytujú pomerne zriedka, z 429 meraní bolo 332 pod $0,5 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, nad $2 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ bolo zaznamenaných 10 meraní.

Obr. 3.9 Priemerné mesačné koncentrácie B(a)P v roku 2022.



Obr. 3.10 Histogram denných koncentrácií B(a)P v roku 2022.



Tab. 3.3 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom.

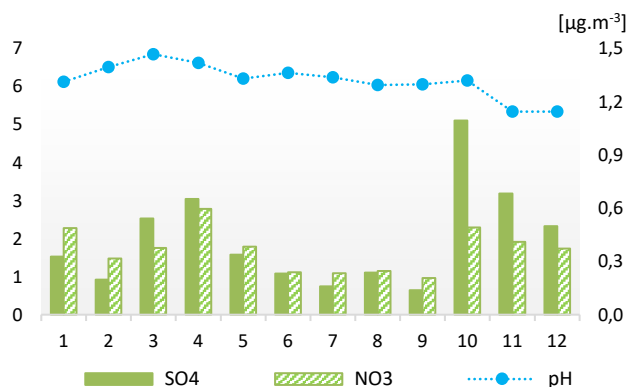
	2018	2019	2020	2021	2022
Cieľová hodnota [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Bratislava, Jeséniova		0,2	0,2	0,3	0,3
Bratislava, Trnavské Mýto	0,9	0,4	0,5	0,5	0,5
Bratislava, Púchovská				0,9	0,4

≥ 90 % platných meraní

3.1.5 Chemické zloženie zrážok

Kvalita zrážok sa v Bratislave monitoruje na stanici Jeséniova na Kolibe. V roku 2022 bolo množstvo zrážok rozložené v jednotlivých mesiacoch veľmi nerovnomerne, zrážkovo podpriemerný bol začiatok roka a mesiace máj, jún a september boli zrážkovo nadpriemerné. Mokrú depozíciu NO_3^- bola $0,15 \text{ g}/\text{m}^2/\text{rok}$, SO_4^{2-} rovnako $0,15 \text{ g}/\text{m}^2/\text{rok}$. Mokrú depozíciu olovom bola na úrovni $1 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{rok}$. Ročná priemerná hodnota pH bola 6,1 (Obr. 3.11). Nezvyčajne vysoké boli hodnoty pH vo februári až apríli, najmä z dôvodu vysokého zastúpenia vápnika a draslíka (v marci), tieto ióny sú spojené s antropogénnymi emisiami z priemyselných a spaľovacích procesov. Podrobné výsledky monitoringu sú uvedené v kapitole 3.4 Regionálny monitoring Správy o kvalite ovzdušia za rok 2022.

Obr. 3.11 Mesačné hodnoty koncentrácie SO_4^{2-} , NO_3^- a pH v roku 2022.

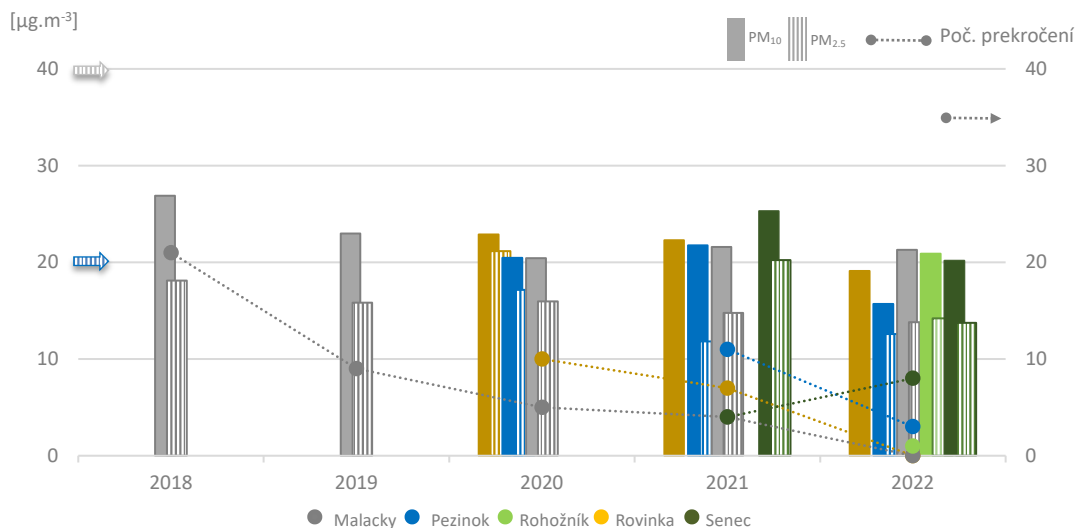


3.2 ZÓNA BRATISLAVSKÝ KRAJ

3.2.1 Tuhé častice PM₁₀ a PM_{2,5}

Obr. 3.12 zobrazuje priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet dní s priemernou dennou koncentráciou PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³ podľa výsledkov meraní na monitorovacích staniciach v zóne Bratislavský kraj v rokoch 2018 – 2022.

Obr. 3.12 Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀.

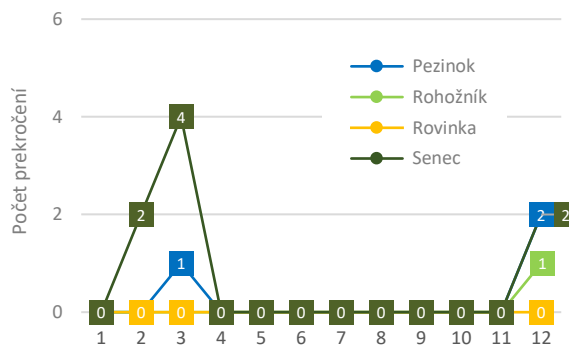


Počet prekročení – zachytáva denné priemerné koncentrácie vyššie ako 50 µg·m⁻³; stanica NMSKO Senec, Boldocká je v prevádzke od septembra 2021. Stanica NMSKO v Malackách ukončila svoju činnosť v apríli 2022 a nahradila ju stanica NMSKO v Rohožníku (začala prevádzku v júni 2022). Z tohto dôvodu neodráža priemerná hodnota a počet prekročení znečistenia ovzdušia v Malackách a Rohožníku situáciu za celý rok 2022.

Šípky znázorňujú limitné hodnoty, **modrá pruhovaná** PM_{2,5} (priemerná ročná koncentrácia ≤ 20 µg·m⁻³); **šedá pruhovaná** PM₁₀ (priemerná ročná koncentrácia ≤ 40 µg·m⁻³); **šedá bodkovaná vpravo** počet prekročení (priemerná denná koncentrácia PM₁₀ 50 µg·m⁻³ sa nesmie prekročiť viac než 35-krát za kalendárny rok).

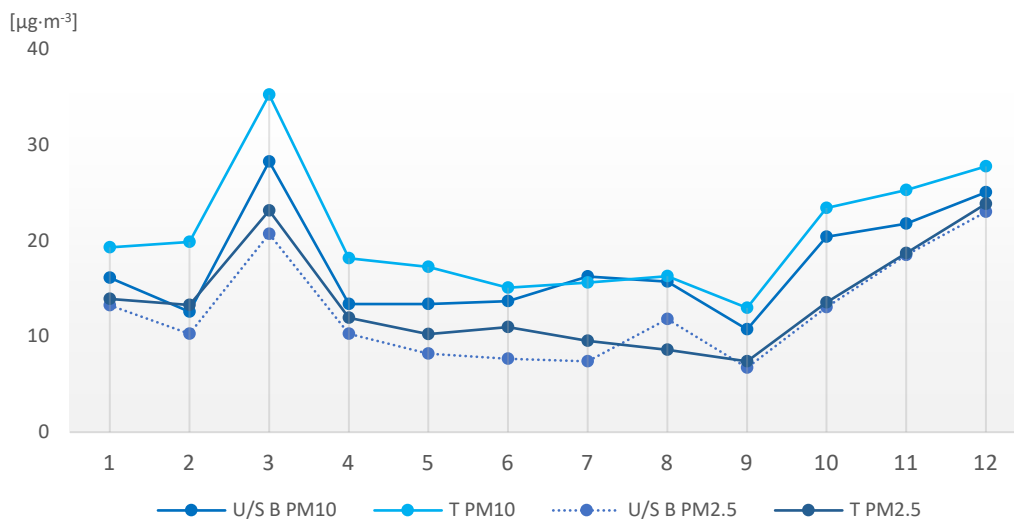
V zóne Bratislavský kraj v monitorovacej sieti NMSKO od roku 2020 postupne pribúdali nové monitorovacie stanice. Posledná zmena sa udiala v roku 2022 – bol ňou presun dopravnej stanice z Malaciek do Rohožníka. Z tohto dôvodu ešte nemáme dostatok údajov, aby sme porovnávali úroveň znečistenia na staniciach za posledných 5 rokov. Môžeme však konštatovať, že v r. 2022 limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ (40 µg·m⁻³) nebola prekročená. Takisto limitnú hodnotu pre počet prekročení (maximálne 35) priemernej dennej koncentrácie PM₁₀ (50 µg·m⁻³) nepresiahla žiadna stanica. Naopak počet prekročení bol oproti roku 2021 významne nižší (**Obr. 3.12**), pričom treba poznamenať, že na dopravnej stanici v Senci sa v roku 2021 meralo až od septembra, takže počet prekročení v r. 2021 sa týkal len 4 mesiacov. Priemerná ročná koncentrácia v porovnaní s predchádzajúcim rokom bola na staniciach, ktoré mali dostatočný počet meraní v obidvoch rokoch 2021 – 2022 tiež nižšia: v Pezinku 16 µg·m⁻³ a v Rovinke 19 µg·m⁻³.

Obr. 3.13 Počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀ za jednotlivé mesiace v roku 2022.



V Rovinke sme v roku 2022 nezaznamenali žiadne prekročenie denného limitu PM₁₀ (50 µg·m⁻³), v Pezinku tri prekročenia – jedno v marci, keď po nadpriemerne teplom začiatku roka prišlo k výraznému ochladeniu a ďalšie dve prekročenia sa vyskytli na začiatku decembra. Na dopravnej stanici v Senci sme rovnako najviac prekročení denného limitu PM₁₀ zaznamenali v marci (Obr. 3.13). Keďže v marci sa vyskytovali viaceré anticyklóny a aj dni s veľmi nízkymi teplotami, možno predpokladať, že na tejto stanici sa prejavilo doplnkové vykurovanie tuhým palivom (drevom) v rodinných domoch, čo prispelo k nárastu emisií tuhých častíc.

Obr. 3.14 Priemerné mesačné koncentrácie PM₁₀ a PM_{2,5} v kraji podľa typu stanice.



T PM10 a T PM2.5 – priemer mesačných koncentrácií PM₁₀ a PM_{2,5} na dopravných staniciach Rohožník a Senec (stanica Rohožník začala merať v júni 2022); **U/S B PM10 a U/S B PM2.5** – priemer mesačných koncentrácií PM₁₀ a PM_{2,5} na mestských/predmestských pozadových staniciach Pezink a Rovinka;

Priebeh priemerných mesačných koncentrácií PM₁₀ a PM_{2,5} v roku 2022 nemá výrazný sezónny trend (Obr. 3.14), výraznejší nárast koncentrácií môžeme pozorovať v marci. Prvé dva mesiace zimy v roku boli nadpriemerne teplé, čo sa prejavilo koncentráciou tuhých častíc PM₁₀ aj PM_{2,5} na úrovni letných mesiacov.

Zvýšené koncentrácie jemných častíc PM_{2,5} v ovzduší sú rizikové najmä pre ich nepriaznivý vplyv na ľudské zdravie. V zóne Bratislavský kraj rovnako ako pre PM₁₀ aj pre PM_{2,5} platí, že nevykazujú taký výrazný sezónny chod ako v iných oblastiach na Slovensku. I v tejto zóne je priemerná ročná koncentrácia na všetkých monitorovacích staniciach vyššia ako odporúčanie WHO (5 µg·m⁻³). Toto odporúčanie nebolo splnené v žiadnom mesiaci roka vrátane leta, keď bývajú koncentrácie PM_{2,5} najnižšie.

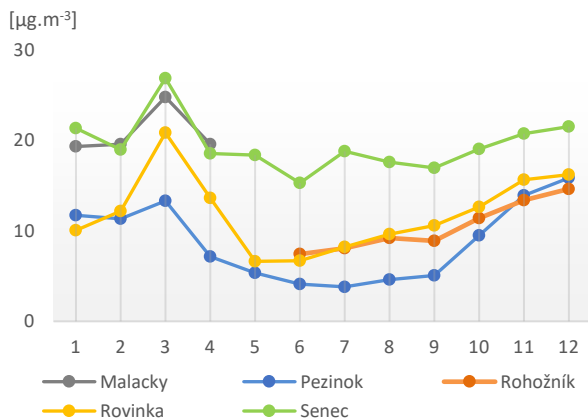
3.2.2 Oxid dusičitý

Monitoring oxidu dusičitého prebieha na štyroch staniciach. Monitorovacia stanica v Malackách ukončila prevádzku v apríli a v júni bola nahradená monitorovacou stanicou v Rohožníku. Priemerné mesačné hodnoty pre jednotlivé stanice zachytáva Obr. 3.15.

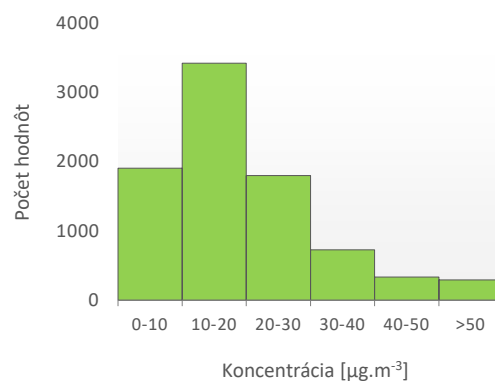
Hlavným zdrojom emisií NO₂ je cestná doprava. Najvyššie koncentrácie z tohto dôvodu zaznamenávame na dopravných staniciach – v tejto zóne v Senci (20 µg·m⁻³). Maximálna nameraná hodinová koncentrácia na tejto stanici dosiahla 140 µg·m⁻³. Histogram hodnôt na AMS v Senci ilustruje Obr. 3.16. – najčastejšie sa vyskytujú hodinové koncentrácie NO₂ v rozmedzí 0–30 µg·m⁻³, vysoké koncentrácie nad 50 µg·m⁻³ zaznamenávame sporadicky. Dopravná stanica v Malackách merala len prvé štyri mesiace – hodnoty mesačných koncentrácií boli v týchto mesiacoch približne na úrovni monitorovacej stanice v Senci, v predchádzajúcom roku boli namerané koncentrácie v Malackách nižšie, na úrovni mestskej pozadovej stanice v Pezinku. Monitorovacia stanica v Rohožníku začala merať v júni a namerané koncentrácie tu dosahovali úroveň mestských/predmestských pozadových staníc, čo ilustruje Obr. 3.15.

Maximálne koncentrácie sme zaznamenali rovnako ako pri iných znečisťujúcich látkach v marci, čo bolo prejavom ochladenia a zhoršených rozptylových podmienok. Koncentrácie NO₂ sú v zóne Bratislavský kraj na relatívne nízkej úrovni, odporúčanie WHO (10 µg·m⁻³) pre priemernú ročnú úroveň znečistenia NO₂ splnila stanica v Pezinku (9 µg·m⁻³). Odporúčania WHO viac reflektujú vplyv znečistenia na zdravie a sú výrazne prísnejšie než limity EÚ.

Obr. 3.15 Priemerné mesačné koncentrácie NO₂.



Obr. 3.16 Histogram hodnôt na AMS v Senci.

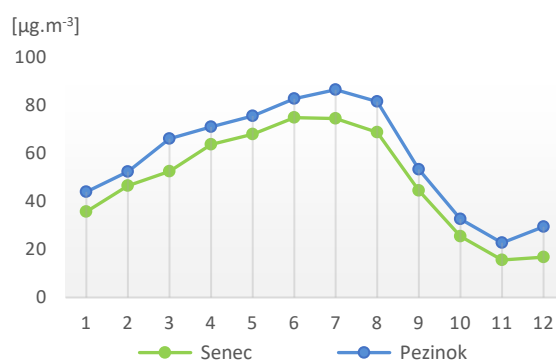


3.2.3 Ozón

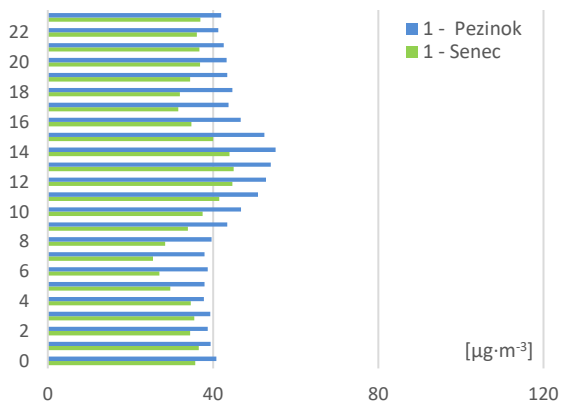
Monitoring ozónu prebieha na monitorovacích staniciach v Senci a v Pezinku, namerané koncentrácie nedosahovali vysoké hodnoty (**Obr. 3.17**).

Najvyššie koncentrácie prízemného ozónu sa vyskytujú spravidla v teplých mesiacoch s vysokou intenzitou slnečného svitu. Na **Obr. 3.18** a **Obr. 3.19** je znázornený tzv. denný chod koncentrácie O₃, Vidíme, že koncentrácie stúpajú s východom slnka, vrchol dosahujú okolo poludnia a vo večerných hodinách postupne klesajú na minimum, ktoré sa vyskytuje nadržanom. Veľké rozdiely v koncentráciách prízemného ozónu zaznamenávame tiež v teplom a chladnom období.

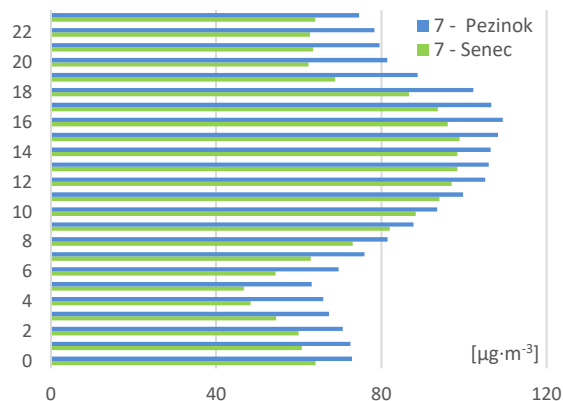
Obr. 3.17 Priemerné mesačné koncentrácie O₃.



Obr. 3.18 Denný chod koncentrácie O₃ v januári 2022.



Obr. 3.19 Denný chod koncentrácie O₃ v júli 2022.



3.2.4 Benzo(a)pyrén

Znečisťujúca látka benzo(a)pyrén sa v zóne Bratislavský kraj monitoruje v Rovinke (Obr. 3.9). Priemerná ročná koncentrácia mala v roku 2022 hodnotu $0,5 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, neprekročila teda cieľovú hodnotu ($1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Najvyššie koncentrácie tejto látky boli zaznamenané v decembri $3,3 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, čo je odrazom zhoršených rozptylových podmienok a pravdepodobne zvýšeného využitia tuhých palív v rodinných domoch, ktoré zvyknú ako prídavný zdroj vykurovania využívať krbové vložky a pecky.

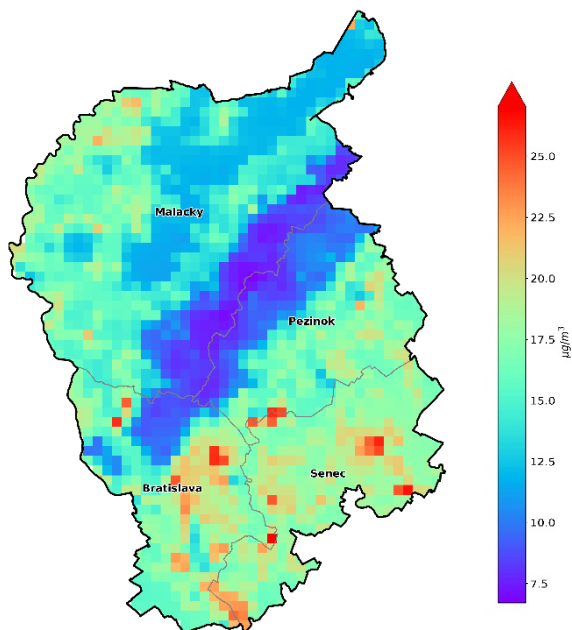
Tab. 3.4 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom

	2018	2019	2020	2021	2022
Cieľová hodnota [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Horná medza na hodnotenie [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Dolná medza na hodnotenie [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Rovinka			0,4	0,6	0,5

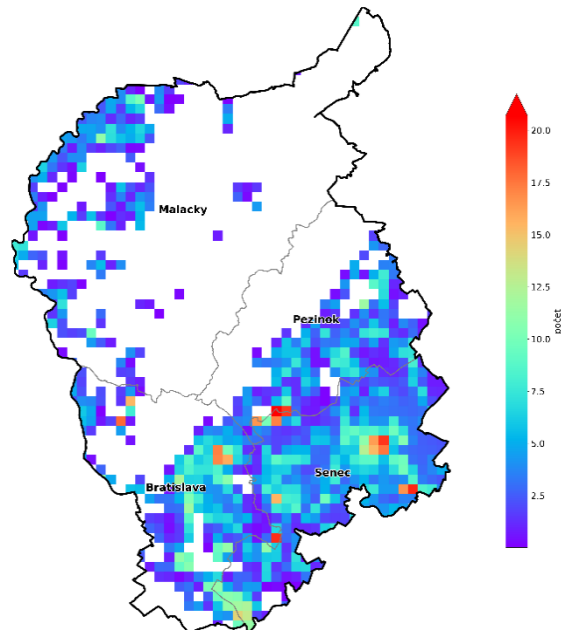
4 MODELOVANIE KVALITY OVZDUŠIA

Na Obr. 4.1 a Obr. 4.2 sú výsledky modelovania PM_{10} vypočítané pomocou modelu RIO v kombinácii s IDW-R (podrobnejší popis metódy je v Kapitole 4 Správy o kvalite ovzdušia v SR v roku 2022). Výsledky modelovania s vyšším rozlíšením sú spracované pre rok 2019 v samostatnej štúdii⁶.

Obr. 4.1 Priemerná ročná koncentrácia PM_{10} v roku 2022.



Obr. 4.2 Počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM_{10} v roku 2022. Zobrazené sú len oblasti, pre ktoré vyšiel nenulový počet prekročení.

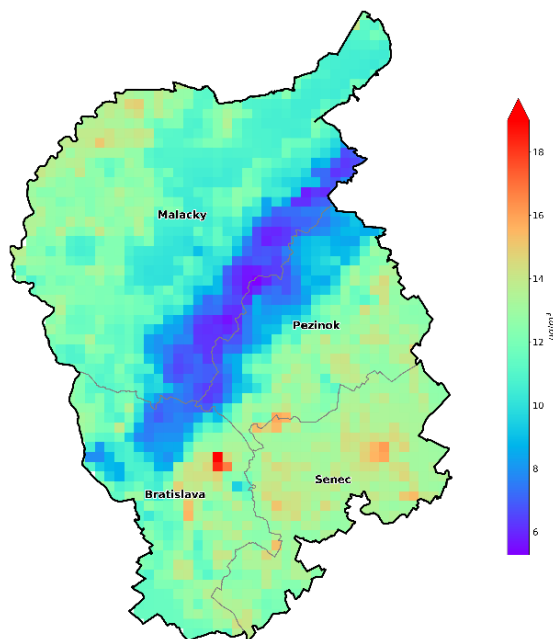


⁶ Krajčovičová et al.: Štúdia kvality ovzdušia v aglomerácii Bratislava. SHMÚ.2020. dostupné na https://www.shmu.sk/File/oko/studie_analyzy/Studia_BA_2020.pdf

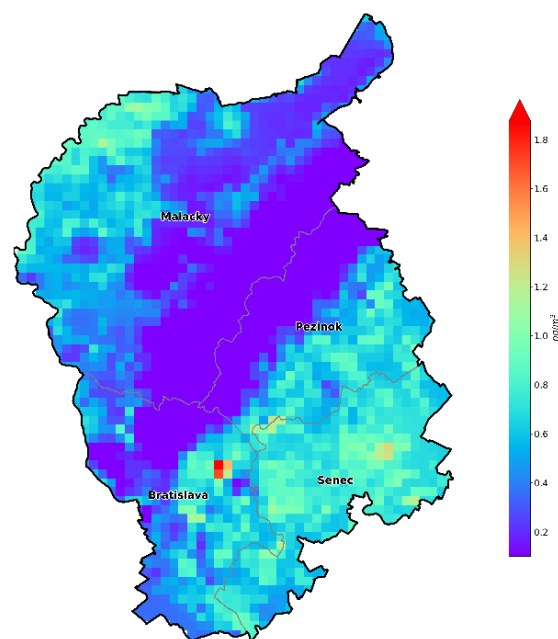
Mapa na **Obr. 4.3** zobrazuje priestorové rozloženie priemerných ročných koncentrácií $PM_{2,5}$ podľa výstupu modelu RIO v kombinácii s modelom IDW-R. Podľa výstupov modelu bola priemerná ročná koncentrácia $PM_{2,5}$ na celom území zóny vyššia než limitná hodnota odporúčaná WHO (limitné hodnoty WHO sú prísnejšie než limit EÚ). Najvyššie koncentrácie sú pravdepodobne lokalizované v oblasti Podunajskej nížiny a na Záhorí. V Bratislave sú najvyššie koncentrácie v okolí frekventovaných ciest v cestných kaňonoch, ako ukazuje modelovanie s vysokým rozlíšením v štúdiu citovanej vyššie.

Mapa priestorového rozloženia priemerných ročných koncentrácií benzo(a)pyrénu podľa výstupu modelu RIO, IWD-R (**Obr. 4.4**) ukazuje možný výskyt vyšších koncentrácií v oblasti Malaciek, Gajár, Zohoru, Hrubej Borši a Slovenského Grobu. Pre presnejšie informácie by však bolo potrebné uskutočniť modelovanie s vysokým rozlíšením doplnené o monitoring pre spomenuté oblasti.

Obr. 4.3 Priemerná ročná koncentrácia $PM_{2,5}$ v roku 2022 podľa výstupu modelu RIO, IDW-R.



Obr. 4.4 Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu v roku 2022 podľa výstupu modelu RIO, IDW-R.



4.1 Rizikové oblasti

Obr. 4.5 zobrazuje obce ohrozené zhoršenou kvalitou ovzdušia, určené Metódou integrovaného posúdenia obcí⁷. Stupeň 3 zodpovedá najvyššej pravdepodobnosti ohrozenia znečistením ovzdušia. Metodika zahŕňa mieru vykurovania domácností tuhým palivom, vplyv zhoršených rozptylových podmienok z krátkodobého aj dlhodobého hľadiska, výsledky chemicko-transportného modelu CMAQ, interpolačného modelu RIO a výsledky modelovania s vysokým rozlíšením modelom CALPUFF na vybraných doménach s predpokladom zhoršenej kvality ovzdušia.

Obciam, na území ktorých bola podľa modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením prekročená limitná hodnota pre PM, NO_2 alebo cieľová hodnota pre BaP, bol automaticky priradený rizikový stupeň 3, podobne ako obciam, kde bolo prekročenie limitnej či cieľovej hodnoty zistené meraním. Zoznam obcí a ich rizikových stupňov je na web stránke SHMÚ.⁸

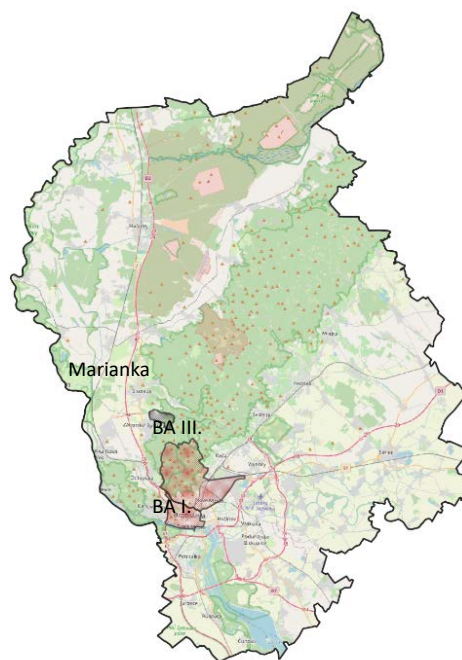
⁷ Štefánik, D., Kračovičová, J.: Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia, Slovenský hydrometeorologický ústav, 2023, dostupné na <https://www.shmu.sk/sk/?page=996>

⁸ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2768>

Zóny a aglomerácie, ktoré obsahujú aspoň jednu obec s rizikovým stupňom 3, vypracujú Program na zlepšenie kvality ovzdušia. V tomto zmysle zodpovedajú obce s rizikovým stupňom 3 oblastiam riadenia kvality ovzdušia. Opatrenia na zníženie emisií však musia byť vykonané v takto vyčlenenej zóne vo všetkých obciach, ktorých rizikový stupeň je 2 alebo 3, v ideálnom prípade aj v obciach s rizikovým stupňom 1.

Hodnotenie pomocou Metódy integrovaného posúdenia má za cieľ vymedziť oblasti, kde je potrebné zamerať opatrenia na zlepšenie kvality ovzdušia. Vzhľadom na rozmiestnenie zdrojov znečisťovania vzdušia a s ohľadom na mikroklimatické charakteristiky územia je pravdepodobné, že na rizikovej oblasti sa miera znečistenia na rôznych lokalitách líši. Predstavu o priestorovom rozložení znečistenia ovzdušia poskytujú výsledky modelovania s vysokým rozlíšením, ktoré sú postupne dopĺňané na web stránke⁹.

Obr. 4.5 Mapa rizikových obcí a okresov v Bratislavskom kraji a aglomerácii Bratislava.



5 ZHRNUTIE

Podľa výsledkov monitoringu nebola v roku 2022 v aglomerácii Bratislava ani v zóne Bratislavský kraj prekročená limitná hodnota pre PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 , NO_2 , CO ani pre benzén.

Podobne, cieľová hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu benzo(a)pyrénu nebola prekročená na žiadnej stanici NMSKO. V aglomerácii Bratislava, ani v zóne Bratislavský kraj nebolo v troch posledných rokoch namerané prekročenie limitnej hodnoty pre žiadnu znečisťujúcu látku. Cieľová hodnota pre O_3 bola prekročená na predmestskej požadovanej monitorovacej stanici Bratislava, Jeséniova.

Na základe výstupov zo štúdie *Krajčovičová et al.: Štúdia kvality ovzdušia v aglomerácii Bratislava (SHMÚ 2020)*¹⁰ môžeme usúdiť, že v aglomerácii Bratislava sa v okolí frekventovaných cestných komunikácií kaňonovitého typu môžu vyskytovať koncentrácie PM a NO_2 vyššie než hodnoty namerané na dopravnej stanici na Trnavskom mýte.

Vplyv petrochemického komplexu, ktorý sa nachádza v lokalite Bratislava, Vlčie hrdlo, sa prejavuje v aglomerácii Bratislava a v príľahlej časti zóny Bratislavský kraj len epizodicky, ako bolo ukázané matematickým modelovaním s vysokým priestorovým rozlíšením. Vo všeobecnosti na základe dostupných údajov môžeme oblasť zóny Bratislavský kraj z hľadiska kvality ovzdušia zaradiť medzi menej problémovú.

⁹ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2699>

¹⁰ https://www.shmu.sk/File/oko/studie_analyzy/Studia_BA_2020.pdf

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SR 2022

PRÍLOHA

HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE BANSKOBYSTRICKÝ KRAJ

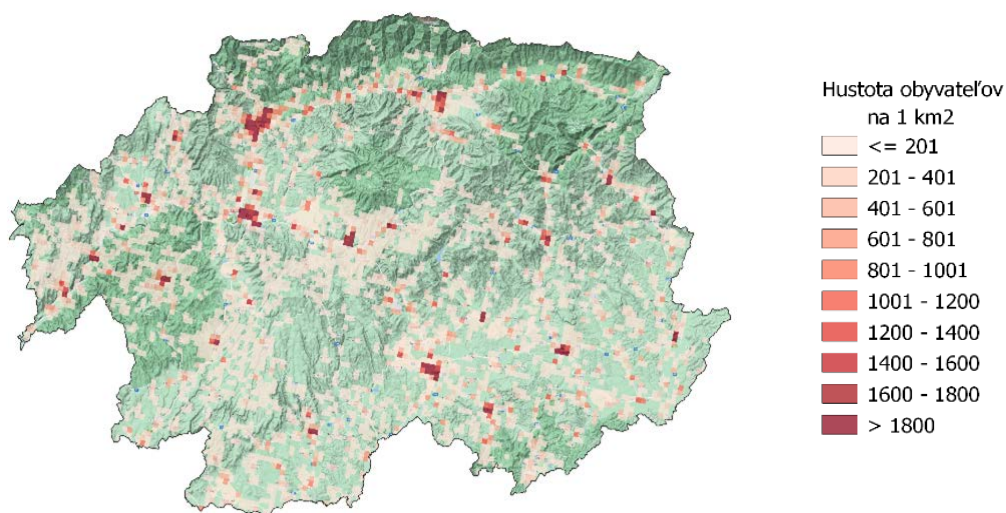
1	POPIS ÚZEMIA BANSKOBYSTRICKÉHO KRAJA Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA	2
2	MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE BANSKOBYSTRICKÝ KRAJ	3
3	ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE BANSKOBYSTRICKÝ KRAJ	5
3.1	Tuhé častice PM ₁₀ a PM _{2,5}	6
3.2	Oxid dusičitý	8
3.3	Ozón	9
3.4	Benzo(a)pyrén	9
3.5	Rizikové oblasti	11
3.6	Zhrnutie	12

1 POPIS ÚZEMIA BANSKOBYSYTRICKÉHO KRAJA Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA

Povrch Banskobystrického kraja je prevažne hornatý, pričom horské kotliny na tomto území sa vyznačujú v závislosti od orografie nízkymi rýchlostami vetra a častými teplotnými inverziami, a to najmä v zimnom období. Na severe sa nachádzajú vyššie pohoria Nízke Tatry a výbežky Veľkej Fatry. Pomerne veľkú časť zaberajú stredne vysoké pohoria – Slovenské Rudohorie, Štiavnické vrchy a Krupinská planina v centrálnej časti okresu. Južná časť Banskobystrického kraja sa vyznačuje nižšími nadmorskými výškami – nachádza sa tu Juhoslovenská kotlina a Cerová vrchovina. Najvyšší bodom je Ďumbier s výškou 2 046 m n. m., najnižší bod leží 124 m n. m. **Obr. 1.1** znázorňuje priestorové rozloženie hustoty osídlenia v zóne.

Celý Banskobystrický kraj je z hľadiska hodnotenia kvality ovzdušia jednou zónou pre SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, benzén, polycyklické aromatické uhľovodíky a CO v ovzduší.

Obr. 1.1 Rozloženie hustoty obyvateľstva v zóne Banskobystrický kraj (Zdroj: EUROSTAT, 2018).

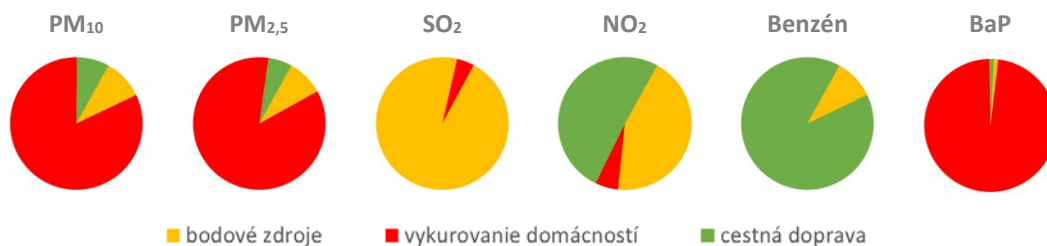


Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Banskobystrický kraj

Dominantným zdrojom znečisťovania ovzdušia v Banskobystrickom kraji je vykurovanie domácností, najmä v oblastiach s vyšším podielom sociálne slabšieho obyvateľstva, kde je podiel využitia palivového dreva najvyšší. Lokálne najmä vo väčších mestách sa prejavuje aj vplyv cestnej dopravy. Podľa posledného celoštátneho sčítania dopravy v r. 2015 najvyššiu intenzitu dosahuje v okrese Banská Bystrica – na diaľnici R1 (denne ňou v priemere prechádza 40 011 vozidiel, z toho 4 644 nákladných a 35 174 osobných áut) a na ceste č. 66 (34 559 vozidiel, z toho 2 740 nákladných a 31 719 osobných áut). Významnou z hľadiska zaťaženia komunikácií je cesta č. 50 v okrese Zvolen, Žiar nad Hronom a Detva – vo Zvolene s úrovňou 29 988 vozidiel (19 % nákladných), v Žiari nad Hronom 16 707 vozidiel (23 % nákladných áut) a v Detve 14 357 vozidiel (11 % nákladných áut) – a cesta č. 66 v okresoch Zvolen (14 715 vozidiel, z toho 2 534 nákladných áut a 12 135 osobných áut) a Brezno (12 289 vozidiel, z toho 1 659 nákladných a 10 559 osobných áut). V okrese Lučenec sú dôležitými cesty č. 585, č. 50 a č. 75, pričom najhustejšia premávka je na prvej z nich (13 815 vozidiel, z toho 1 387 nákladných a 12 370 osobných áut)¹.

¹ <https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinerstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/banskobystricky-kraj.ssc>

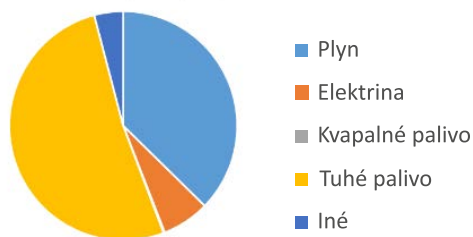
Obr. 1.2 Podiel rôznych druhov zdrojov znečisťovania ovzdušia na celkových emisiách v zóne Banskobystrický kraj.



Poznámka: Stredné a veľké zdroje znečisťovania ovzdušia evidované v databáze NEIS sú označené pre tento účel ako „bodové zdroje“.

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Banskobystrický kraj sú z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné. V závislosti od meteorologických podmienok sa v tejto zóne môže prejaviť aj vplyv teplární. Významným zdrojom znečistenia ovzdušia v tomto kraji je vykurovanie domácností v prípade tuhých častíc a BaP, ale aj cestná doprava v prípade NO₂ a benzénu.

Obr. 1.3 Podiel rôznych druhov palív na vykurovaní rodinných domov².



Pre vykurovanie rodinných domov v zóne sú podľa údajov z Sčítania obyvateľov, domov a bytov 2021 (SODB 2021) využívané tuhé palivá aj zemný plyn, v menšej miere ostatné palivá. Podiel tuhých palív na vykurovaní domácností je podľa SODB 2021 najvyšší v Banskobystrickom a Žilinskom kraji. Tuhé palivá sa pravdepodobne najviac používajú vo vidieckom type osídlenia s dobrou dostupnosťou palivového dreva. Najvyšší podiel tuhých palív v zóne majú okresy Banská Štiavnica, Krupina, Žarnovica, Revúca, Rimavská Sobota a Detva.

2 MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE BANSKOBYSSTRICKÝ KRAJ

V Banskobystrickom kraji prebieha monitoring kvality ovzdušia na ôsmich lokalitách. V krajskom meste Banská Bystrica sa nachádzajú dve stanice, dopravná stanica na Štefánikovej ulici a mestská požad'ová stanica na Zelenej ulici v svahovitom teréne so zástavbou rezidenčného typu. Mestské požad'ové stanice, ktoré sledujú najmä vplyv vykurovania domácností vo vidieckom prostredí sú zastúpené v juhovýchodnej časti kraja v mestách Jelšava a Hnúšťa. V roku 2021 pribudla stanica v Lučenci monitorujúca vplyv dopravy. Severozápadnú časť kraja pokrývajú stanice vo Zvolene a Žiari nad Hronom a Žarnovici, ktoré monitorujú mestské, prípadne predmestské (Žarnovica) pozadie.

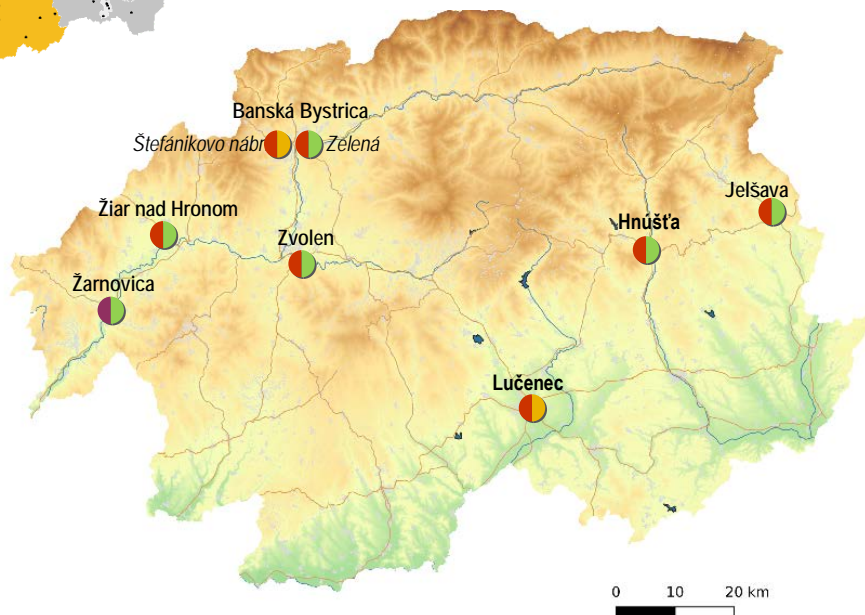
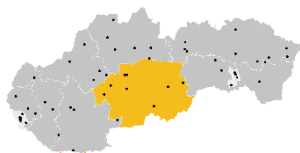
² <https://www.scitanie.sk>

Tabuľka **Tab. 2.1** obsahuje informácie o monitorovacích staniciach kvality ovzdušia v zóne Banskobystrický kraj:

- medzinárodný Eol kód, charakteristiku stanice podľa dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia (dopravná, pozad'ová, priemyselná), typ oblasti, ktorú daná stanica monitoruje (mestská, predmestská, vidiecka/regionálna) a geografické súradnice;
- monitorovací program. Automatické prístroje kontinuálneho monitoringu poskytujú priemerné hodinové koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5}, oxidov dusíka, oxidu siričitého, ozónu, oxidu uhoľnatého a benzénu. Skúšobné laboratórium SHMÚ v rámci manuálneho monitoringu analyzuje ťažké kovy a polycyklické aromatické uhľovodíky. Výsledkom sú priemerné 24-hodinové hodnoty.

Tab. 2.1 Monitorovací program kvality ovzdušia v zóne Banskobystrický kraj.

Zóna Banskobystrický kraj							Merací program												
Okres	Kód Eol	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Kontinuálne							Manuálne				
			oblasti	stanice	dĺžka	Šírka		PM ₁₀	PM _{2,5}	NO, NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP		
Banská Bystrica	SK0214A	Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie	U	T	19°09'18"	48°44'06"	346												
Banská Bystrica	SK0263A	Banská Bystrica, Zelená	U	B	19°06'55"	48°44'01"	425												
Revúca	SK0025A	Jelšava, Jesenského	U	B	20°14'26"	48°37'52"	289												
Rimavská Sobota	SK0022A	Hnúšťa, Hlavná	U	B	19°57'06"	48°35'02"	320												
Lučenec	SK0072A	Lučenec, Gemerská cesta	U	T	19°40'33"	48°20'12"	183												
Zvolen	SK0262A	Zvolen, J. Alexyho	U	B	19°09'25"	48°33'30"	321												
Žarnovica	SK0065A	Žarnovica, Dolná	S	B	18°43'10"	48°28'58"	222												
Žiar n/Hronom	SK0268A	Žiar n/Hronom, Jilemnického	U	B	18°50'34"	48°35'59"	296												
Spolu								8	8	5	1	3	2	2	0	2	4		



Typ oblasti:
 U – mestská
 S – predmestská
 R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice:
 B – pozad'ová
 T – dopravná
 I – priemyselná

3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE BANSKOBYSTRICKÝ KRAJ

Táto kapitola obsahuje zhodnotenie kvality ovzdušia v zóne Banskobystrický kraj na základe monitorovania, doplnené o výsledky matematického modelovania pre PM₁₀, PM_{2,5} a benzo(a)pyrén za rok 2022.

Tab. 3.1 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia ľudí a smogového varovného systému pre PM₁₀ v zóne Banskobystrický kraj – 2022.

Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia									IP ²⁾	VP ²⁾
	SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	PM ₁₀	PM ₁₀
	1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok	12 h	12 h
Parameter	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	priemer	počet prekročení	priemer	priemer	priemer	priemer	trvanie prekročenia [h]	trvanie prekročenia [h]
Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	350	125	200	40	50	40	20	10 000	5	100	150
Maximálny počet prekročení	24	3	18		35						
Banská Bystrica, Štefánik. nábr.	0	0	0	24	20	26	16	1 644	0,94	33	0
Banská Bystrica, Zelená			0	8	0	16	12			0	0
Jelšava, Jesenského			0	8	53	30	22			85	0
Hnúšťa, Hlavná					5	21	14			0	0
Lučenec, Gemerská cesta			0	15	19	24	17	1 494	0,74	0	0
Zvolen, J. Alexyho					1	19	14			0	0
Žarnovica, Dolná			0	11	21	25	20			14	0
Žiar n/H, Jilemnického					0	16	12			0	0

 ≥ 90 % platných meraní

Červenou farbou je vyznačené prekročenie limitnej hodnoty.

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

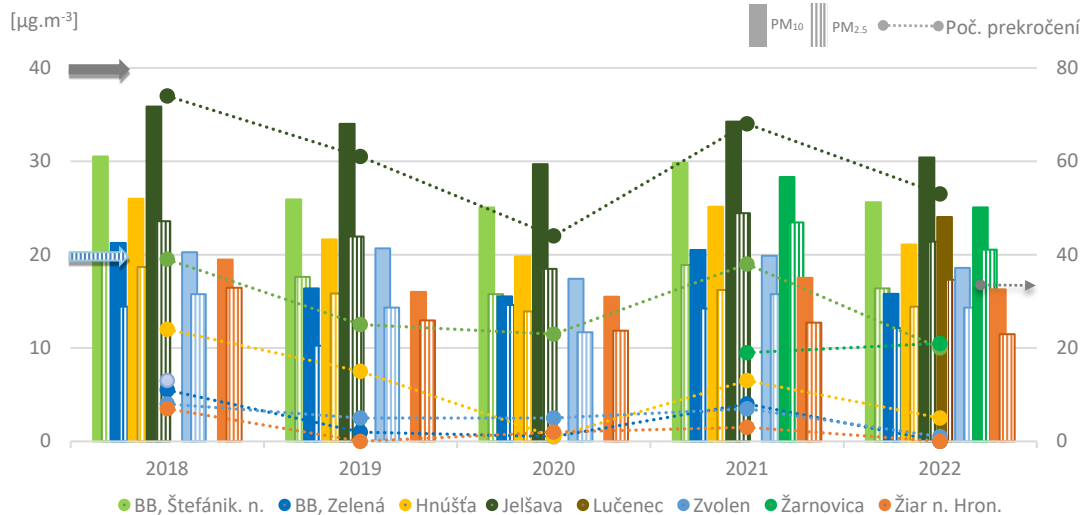
²⁾ IP, VP – trvanie prekročenia (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) pre PM₁₀

V súlade s Vyhláškou MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov bol na monitorovacích staniciach vyžadovaný podiel platných hodnôt dodržaný.

3.1 Tuhé častice PM₁₀ a PM_{2,5}

Obr. 3.1 zobrazuje priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet dní s priemernou dennou koncentraciou PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³ podľa výsledkov meraní na monitorovacích staniciach v zóne Banskobystrický kraj v roku 2022.

Obr. 3.1 Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀.



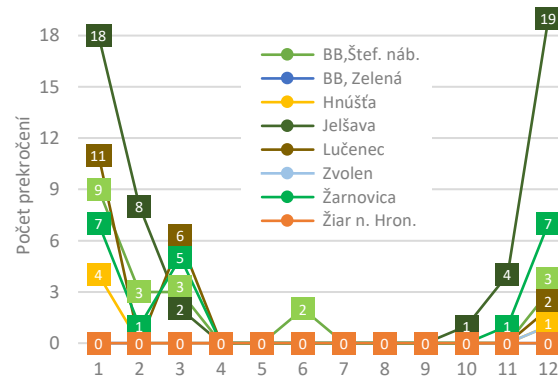
Počet prekročení – zachytáva denné priemerné koncentrácie PM₁₀ vyššie ako 50 µg·m⁻³

Šípky znázorňujú limitné hodnoty, **modrá pruhovaná** PM_{2,5} (priemerná ročná koncentrácia < 20 µg·m⁻³); **šedá plná** PM₁₀ (priemerná ročná koncentrácia < 40 µg·m⁻³); **šedá bodkovaná vpravo** počet prekročení (priemerná denná koncentrácia PM₁₀ 50 µg·m⁻³ sa nesmie prekročiť viac než 35-krát za kalendárny rok).

■ Tuhé častice PM₁₀

Limitnú hodnotu pre počet prekročení (maximálne 35) priemernej dennej koncentrácie PM₁₀ presiahla v roku 2022 iba Jelšava (53 prekročení) (**Obr. 3.2**), situácia bola mierne priaznivejšia než v roku 2021, v ktorom mala Jelšava 68 prekročení. Dopravná stanica v Banskej Bystrici zaznamenala tiež prekročenie limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀ v roku 2021, keď bola ovplyvnená aj stavebnou činnosťou v blízkosti stanice. V roku 2022 už prekročenie tejto limitnej hodnoty nemala, podobne ako ostatné monitorovacie stanice v zóne. Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ (40 µg·m⁻³) v zóne Banskobystrický kraj nebola prekročená.

Obr. 3.2 Počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀ v jednotlivých mesiacoch v roku 2022.



Hoci dlhodobé rady meraní³ nasvedčujú, že situácia sa oproti stavu pred 15 rokmi v okolí dopravnej stanice v Banskej Bystrici zlepšila, problémom zostávajú oblasti s výrazným vplyvom vykurovania domácností a s nepriaznivými rozptylovými podmienkami. Dokladajú to merania v Jelšave a pokiaľ ide o PM v menšej miere aj v Žarnovici.

Novú limitnú hodnotu pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ (20 µg·m⁻³) navrhovanú v rámci pripravovanej zmeny legislatívy EÚ⁴, by prekročili dopravné stanice v Banskej Bystrici a Lučenci, mestské pozadové stanice v Jelšave a Hnúšti a predmestská pozadová stanica v Žarnovici.

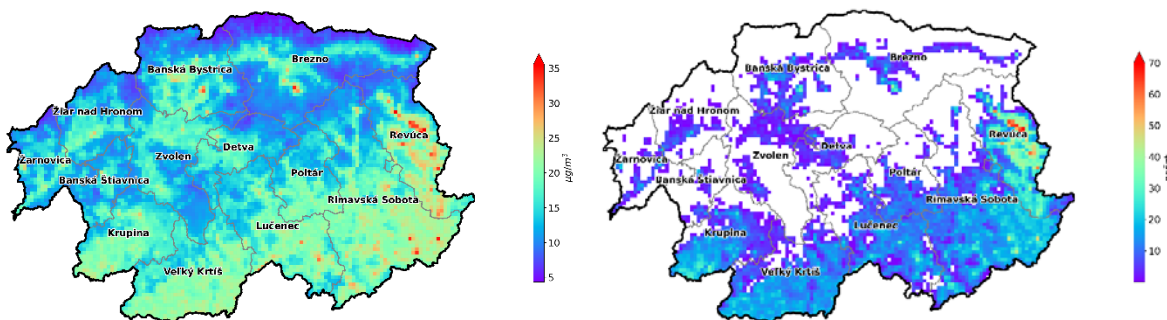
³ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2767>

⁴ [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/747087/EPRS_BRI\(2023\)747087_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/747087/EPRS_BRI(2023)747087_EN.pdf)

Vysoké koncentrácie PM₁₀ boli namerané najmä v januári, marci a decembri (Obr. 3.4), čomu zodpovedá aj počet prekročení (Obr. 3.2). Je tiež zrejmé, že v teplých mesiacoch roka sa koncentrácie PM₁₀ v Jelšave pohybujú len mierne nad priemerom ostatných staníc, čo potvrdzuje predpoklad, že za znečistením PM₁₀ a PM_{2,5} stoja lokálne kúreniská – t. j. nevhodný spôsob vykurovania domácností nekvalitným tuhým palivom v zastaraných kotloch. Situáciu tu navyše znásobujú časté nepriaznivé rozptylové pomery.

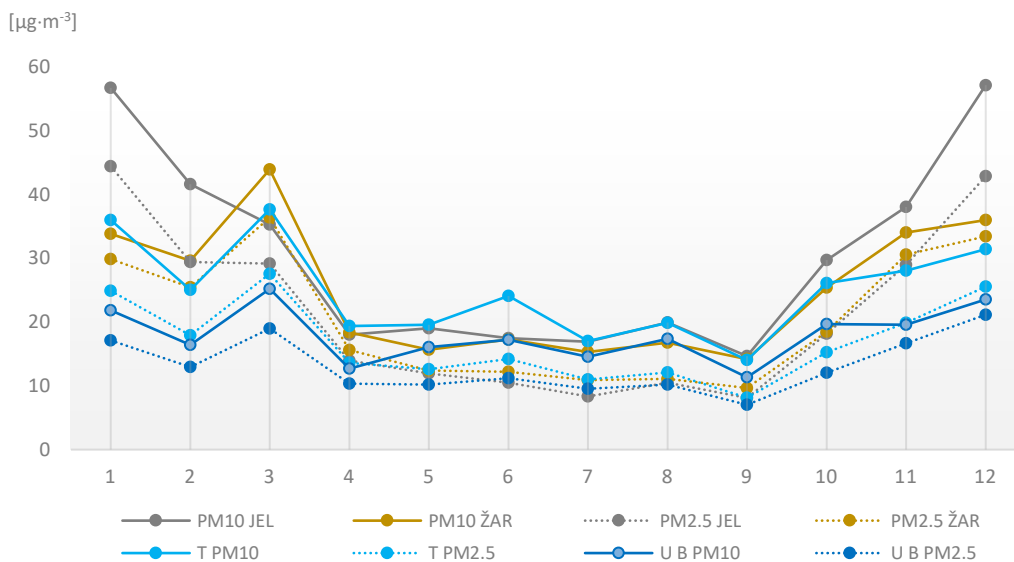
Na Obr. 3.3 a Obr. 3.5 sú výsledky modelovania pre PM₁₀ a PM_{2,5}, vypočítané pre rok 2022 pomocou modelu RIO upraveného následne pomocou regresnej IDW-R metódy (podrobnejšie v Kapitole 4 Správy o kvalite ovzdušia v SR za rok 2022).

Obr. 3.3 Priemerná ročná koncentrácia PM₁₀ (vľavo) a počet prekročení limitnej dennej hodnoty PM₁₀ (vpravo) v roku 2022.



Obe dopravné stanice v kraji (v Banskej Bystrici na Štefánikovom nábreží a v Lučenci) majú podobné priemerné mesačné koncentrácie PM₁₀ a PM_{2,5}, iný priebeh má Žarnovica, iný Jelšava a iný ostatné stanice. Preto Obr. 3.4 porovnáva mesačný priemer PM₁₀ a PM_{2,5} dopravných staníc v kraji, úroveň na predmestskej pozadovej stanici v Žarnovici, na mestskej pozadovej stanici v Jelšave a mesačný priemer zvyšných mestských pozadových staníc v kraji.

Obr. 3.4 Priemerné mesačné koncentrácie PM₁₀ a PM_{2,5} v Banskobystrickom kraji podľa typu stanice.



T PM10 a T PM2.5 – priemer mesačných koncentrácií PM₁₀ a PM_{2,5} na dopravných staniciach Banská Bystrica, Štef. nábr. a Lučenec; **U B PM10 a U B PM2.5** – priemer mesačných koncentrácií PM₁₀ a PM_{2,5} na mestských pozadových staniciach Banská Bystrica, Zelená; Hnúšťa; Zvolen a Žiar n/Hronom; **PM10 JEL a PM2.5 JEL** – priemerná mesačná koncentrácia PM₁₀ a PM_{2,5} na mestskej pozadovej stanici Jelšava; **PM10 ŽAR a PM2.5 ŽAR** – priemerná mesačná koncentrácia PM₁₀ a PM_{2,5} na predmestskej pozadovej stanici Žarnovica.

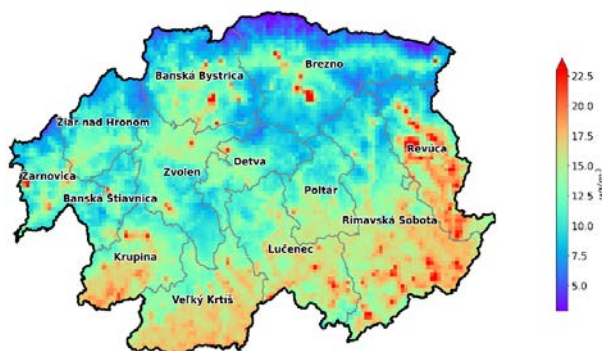
■ Tuhé častice PM_{2,5}

Vysoké koncentrácie PM_{2,5} sú rizikové najmä pre ich nepriaznivý vplyv na ľudské zdravie. Na **Obr. 3.1** a **Obr. 3.4** sú koncentrácie PM_{2,5} zobrazené prerušovanou čiarou. V Jelšave priemerná ročná koncentrácia PM_{2,5} (22 µg·m⁻³) prekročila limitnú hodnotu (20 µg·m⁻³). Rovnako ako pri PM₁₀ sme tu zaznamenali veľmi vysoké koncentrácie PM_{2,5} v chladných mesiacoch roka a v marci, v ktorom sa prejavili okrem pretrvávajúčich nárokov na vykurovanie aj opakované nepriaznivé rozptylové podmienky počas anticyklonálnych situácií, ktoré sa vyskytovali v dvoch tretinách mesiaca marec 2022.

Novú limitnú hodnotu pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{2,5} (10 µg·m⁻³) navrhovanú v rámci pripravovanej zmeny legislatívy EÚ⁵, by prekročili všetky monitorovacie stanice v zóne.

Ako je už uvedené vyššie pre PM₁₀, aj pre znečisťujúcu látku PM_{2,5} bolo uskutočnené modelovanie kvality ovzdušia. Mapa na **Obr. 3.5** je výstupom modelu RIO v kombinácii s IDW-R.

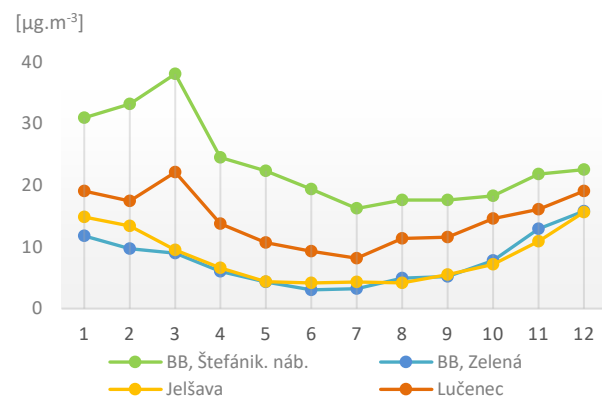
Obr. 3.5 Priemerné ročné koncentrácie PM_{2,5}.



3.2 Oxid dusičitý

Monitoring oxidu dusičitého prebieha v zóne na piatich staniciach. Limitná hodnota pre priemernú ročnú ani hodinovú koncentráciu nebola prekročená na žiadnej stanici, najvyššia priemerná ročná koncentrácia nedosahovala ani 2/3 limitnej hodnoty. Priemerné mesačné koncentrácie pre jednotlivé stanice sa nachádzajú na **Obr. 3.6**. Marcové maximum, ktoré sa prejavilo na dopravných staniciach v Banskej Bystrici a v Lučenci bolo pravdepodobne zapríčinené nepriaznivými rozptylovými podmienkami, ktoré priniesol prechod viacerých anticyklón nad našim územím. Porovnanie histogramov na **Obr. 3.7**

Obr. 3.6 Priemerné mesačné koncentrácie NO₂.



z dopravnej stanice v Banskej Bystrici a predmestskej pozadovej stanici v Jelšave naznačuje, že hlavným zdrojom oxidov dusíka je cestná doprava, ktorej intenzita je výrazne vyššia v Banskej Bystrici.

Priemerné ročné koncentrácie NO₂ na mestských pozadových staniciach v Banskobystrickom kraji presiahli 10 µg·m⁻³ na všetkých monitorovacích staniciach okrem Jelšavy a Banskej Bystrice, Zelená. Táto úroveň NO₂ (10 µg·m⁻³) predstavuje odporúčanú limitnú hodnotu podľa WHO (odporúčanie z r. 2021). Vo všeobecnosti platí, že odporúčania WHO sú výrazne prísnejšie než limity EÚ.

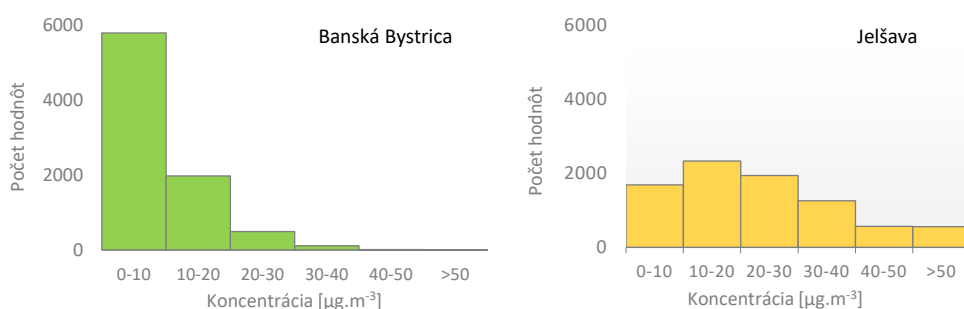
Novú limitnú hodnotu pre priemernú ročnú koncentráciu NO₂ (20 µg·m⁻³) navrhovanú v rámci pripravovanej zmeny legislatívy EÚ⁶, by prekročila dopravná stanica v Banskej Bystrici.

Obr. 3.7 porovnáva rozdelenie početnosti hodinových koncentrácií na dopravnej stanici v Banskej Bystrici, Štefánikovo náb. a mestskej pozadovej stanici v Jelšave, ktorá spĺňa odporúčanie WHO pre priemernú ročnú koncentráciu NO₂ (max. 10 µg·m⁻³). Zatiaľ čo stanica v Jelšave zaznamenala v pásme do 10 µg·m⁻³ 69% hodinových údajov, AMS v Banskej Bystrici len 19%.

⁵ [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/747087/EPRS_BRI\(2023\)747087_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/747087/EPRS_BRI(2023)747087_EN.pdf)

⁶ [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/747087/EPRS_BRI\(2023\)747087_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/747087/EPRS_BRI(2023)747087_EN.pdf)

Obr. 3.7 Histogram hodinových koncentrácií NO₂ na AMS Banská Bystrica, Štefánikove nábr. a Jelšava.

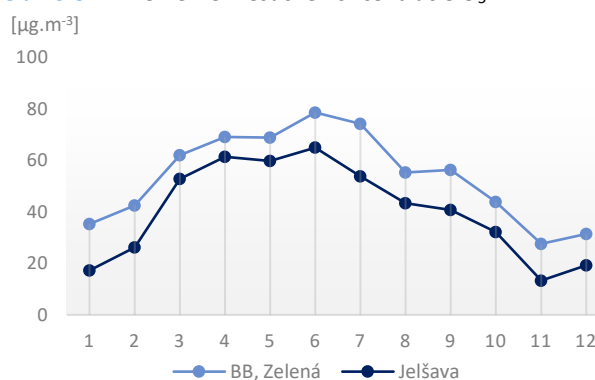


3.3 Ozón

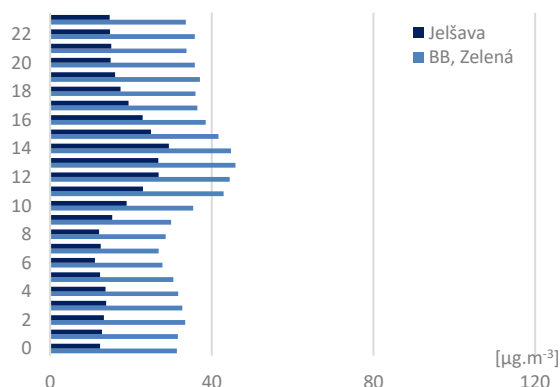
Monitoring ozónu prebieha na troch monitorovacích staniciach, a to v krajskom meste Banská Bystrica, Zelená ul., v Jelšave a Lučenci.

Najvyššie koncentrácie prízemného ozónu sa vyskytujú spravidla v teplých mesiacoch s vysokou intenzitou slnečného svitu (Obr. 3.8). Obr. 3.9 a Obr. 3.10 zachytáva tzv. denný chod koncentrácie O₃, z ktorého môžeme dedukovať, že koncentrácie stúpajú s východom slnka, vrchol dosahujú okolo poludnia a vo večerných hodinách postupne klesajú na minimum vyskytujúce sa nadržanom. Veľké rozdiely v koncentráciách zaznamenávame tiež v teplom a chladnom období.

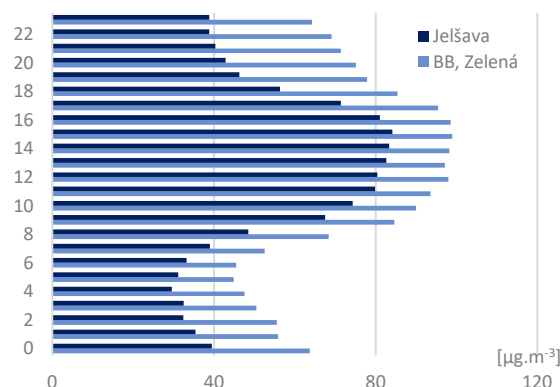
Obr. 3.8 Priemerné mesačné koncentrácie O₃.



Obr. 3.9 Denný chod koncentrácie O₃ v januári 2022.



Obr. 3.10 Denný chod koncentrácie O₃ v júli 2022.



3.4 Benzo(a)pyrén

Benzo(a)pyrén sa v Banskobystrickom kraji monitoruje na jednej mestskej a dvoch predmestských pozadových staniciach (v Banskej Bystrici, Zelená, v Jelšave a od r. 2021 aj v Žarnovici) a jednej dopravnej stanici (v Banskej Bystrici, Štefánikovo nábrežie). V roku 2022 bola cieľová hodnota prekročená na všetkých monitorovaných lokalitách s výnimkou stanice Banská Bystrica, Zelená (Tab. 3.2).

Hodnoty namerané v Žarnovici v zimných mesiacoch sú podobne ako v Jelšave alarmujúco vysoké (Obr. 3.11). Priemerná ročná koncentrácia je na týchto lokalitách takmer dvojnásobkom hodnoty nameranej na dopravnej stanici v Banskej Bystrici. Najvyššie koncentrácie boli namerané v januári (2. 1. 2022 v Jelšave $16,5 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ a 24. 1. 2022 v Žarnovici $14 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$).

Tab. 3.2 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom.

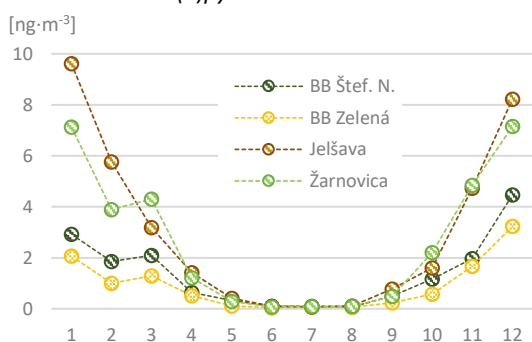
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Cieľová hodnota [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Banská Bystrica, Štefánikovo nábrežie	2,9	2,1	1,7	1,6	1,7	1,4
Banská Bystrica, Zelená			1,1	1,2	1,3	0,9
Jelšava, Jesenského		3,9	4,0	3,0	2,8	2,7
Žarnovica, Dolná					2,2	2,7

$\geq 90\%$ platných meraní

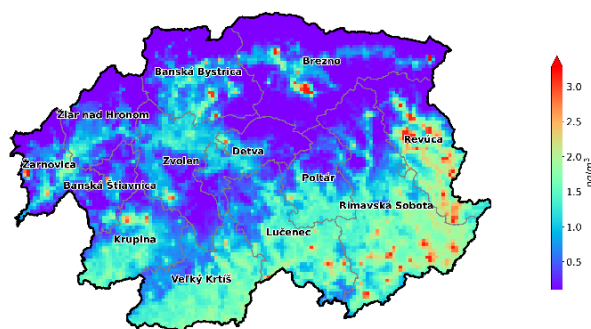
Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty v prípade, že na stanici bolo v danom roku dostatok ($\geq 90\%$) platných meraní

Najvýraznejším zdrojom benzo(a)pyrénu je vykurovanie domácností tuhým palivom, najmä nedostatočne vysušeným drevom, resp. nevhodným palivom (rôzne druhy odpadu). Moderné vykurovacie zariadenia dosahujú pri správnej údržbe a prevádzke relatívne nízke emisie. V problémových oblastiach sa však pravdepodobne používajú moderné kotle len v malej miere, čo súvisí s výrazným zastúpením nízkopriemových domácností v týchto lokalitách. Obr. 3.12 znázorňuje priemernú ročnú koncentráciu podľa výstupov matematického modelovania. V oblastiach s extrémne nepriaznivými rozptylovými podmienkami, akou je Jelšava, predstavuje znečistenie ovzdušia touto látkou s karcinogénnymi vlastnosťami výrazný problém.

Obr. 3.11 Priemerné mesačné koncentrácie benzo(a)pyrénu v roku 2022.

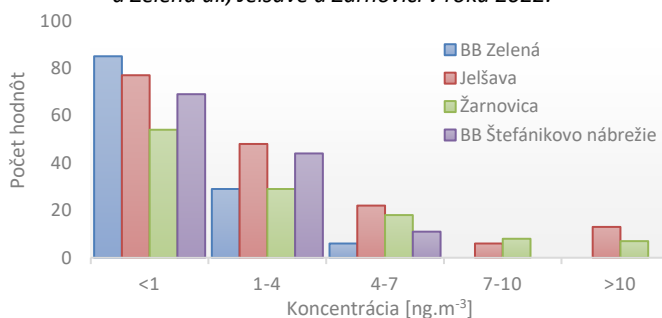


Obr. 3.12 Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu podľa výstupu modelu RIO, IDW-R (2022).



V tradične problémovej Jelšave boli vzorky na analýzu polycyklických aromatických uhľovodíkov odoberané každý druhý a na ostatných staniciach každý tretí deň. Na Obr. 3.13 vidieť, že najvyššie koncentrácie (hodnoty nad $7 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) boli merané iba v Jelšave a v Žarnovici.

Obr. 3.13 Histogram priemerných denných koncentrácií benzo(a)pyrénu v Banskej Bystrici, Štefánikovo nábr. a Zelená ul., Jelšave a Žarnovici v roku 2022.



3.5 Rizikové oblasti

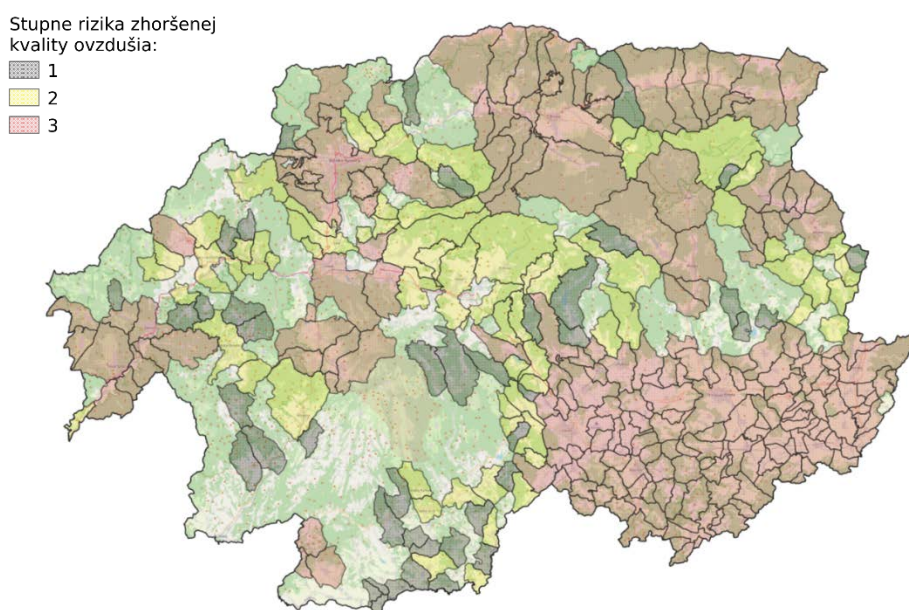
Obr. 3.14 zobrazuje obce ohrozené zhoršenou kvalitou ovzdušia, určené Metódou integrovaného posúdenia obcí⁷. Stupeň 3 zodpovedá najvyššej pravdepodobnosti ohrozenia znečistením ovzdušia. Metodika zahŕňa mieru vykurovania domácností tuhým palivom, vplyv zhoršených rozptylových podmienok z krátkodobého aj dlhodobého hľadiska, výsledky chemicko-transportného modelu CMAQ, interpolačného modelu RIO a výsledky modelovania s vysokým rozlíšením modelom CALPUFF na vybraných doménach s predpokladom zhoršenej kvality ovzdušia.

Obciam, na území ktorých bola podľa modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením prekročená limitná hodnota pre PM, NO₂ alebo cieľová hodnota pre BaP, bol automaticky priradený rizikový stupeň 3, podobne ako obciam, kde bolo prekročenie limitnej či cieľovej hodnoty zistené meraním. Zoznam obcí a ich rizikových stupňov je na web stránke SHMÚ⁸.

Zóny a aglomerácie, ktoré obsahujú aspoň jednu obec s rizikovým stupňom 3, vypracujú Program na zlepšenie kvality ovzdušia. V tomto zmysle zodpovedajú obce s rizikovým stupňom 3 oblastiam riadenia kvality ovzdušia. Opatrenia na zníženie emisií však musia byť vykonané v takto vyčlenenej zóne vo všetkých obciach, ktorých rizikový stupeň je 2 alebo 3, v ideálnom prípade aj v obciach s rizikovým stupňom 1.

Hodnotenie pomocou Metódy integrovaného posúdenia má za cieľ vymedziť oblasti, kde je potrebné zamerať opatrenia na zlepšenie kvality ovzdušia. Vzhľadom na rozmiestnenie zdrojov znečisťovania vzdušia a s ohľadom na mikroklimatické charakteristiky územia je pravdepodobné, že v rizikovej oblasti sa miera znečistenia na rôznych lokalitách líši. Predstavu o priestorovom rozložení znečistenia ovzdušia poskytujú výsledky modelovania s vysokým rozlíšením, ktoré sú postupne dopĺňané na web stránke SHMÚ⁹.

Obr. 3.14 Rizikové obce určené metódou integrovaného posúdenia.



⁷ Štefánik, D., Krajčovičová, J.: *Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia*, Slovenský hydrometeorologický ústav, 2023, dostupné na <https://www.shmu.sk/sk/?page=996>

⁸ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2768>

⁹ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2699>

3.6 Zhrnutie

V roku 2022 v zóne Banskobystrický kraj nebolo namerané prekročenie limitnej hodnoty pre SO_2 , NO_2 , CO a benzén, ani prekročenie limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{10} .

Limitná hodnota pre priemernú dennú koncentráciu PM_{10} bola prekročená na monitorovacej stanici Jelšava, Jesenského. Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu $\text{PM}_{2,5}$ bola tiež prekročená na monitorovacej stanici v Jelšave.

Cieľová hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu benzo(a)pyrénu bola prekročená na stanici NMSKO v Jelšave, Žarnovici a na monitorovacej staniciach v Banskej Bystrici na Štefánikovom nábřeží. Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu na monitorovacej stanici v Banskej Bystrici na Zelenej ulici ostala na rozdiel od roku 2021 tesne pod cieľovou hodnotou.

Na základe výsledkov matematického modelovania môžeme predpokladať, že v zóne Banskobystrický kraj sa vysoké koncentrácie PM a benzo(a)pyrénu môžu vyskytovať najmä v zimných mesiacoch aj v ďalších oblastiach, ktoré boli vymedzené ako rizikové, najmä v horských údoliach s nepriaznivými rozptylovými podmienkami a vysokým podielom tuhých palív na vykurovaní domácností.

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SR

2022

PRÍLOHA

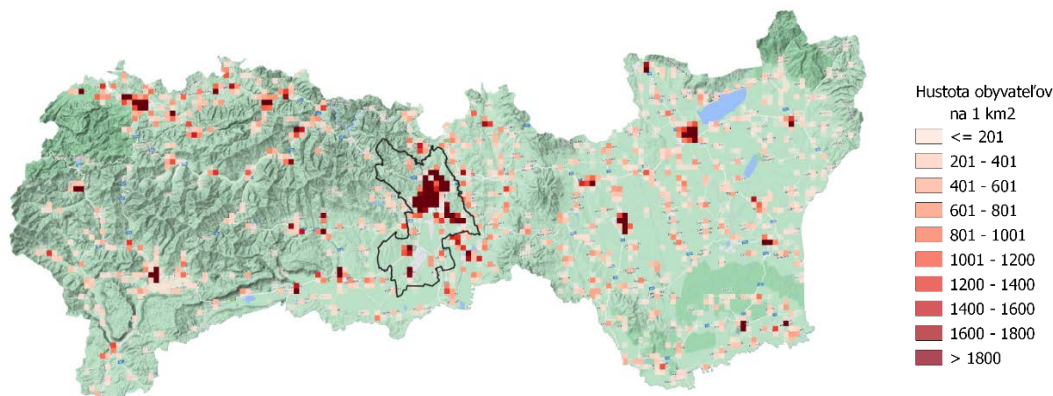
HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCII KOŠICE A V ZÓNE KOŠICKÝ KRAJ

1	POPIS ÚZEMIA AGLOMERÁCIE KOŠICE A ZÓNY KOŠICKÝ KRAJ Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA.....	2
1.1	AGLOMERÁCIA KOŠICE (územie mesta Košíc a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida).....	2
1.2	ZÓNA KOŠICKÝ KRAJ (bez aglomerácie Košice)	3
2	MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCII KOŠICE A V ZÓNE KOŠICKÝ KRAJ	4
2.1	AGLOMERÁCIA KOŠICE (územie mesta Košíc a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida).....	5
2.2	ZÓNA KOŠICKÝ KRAJ (bez aglomerácie Košice)	6
3	ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV MONITORINGU KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCII KOŠICE A V ZÓNE KOŠICKÝ KRAJ.....	7
3.1	AGLOMERÁCIA KOŠICE.....	8
3.1.1	Tuhé častice PM ₁₀ a PM _{2,5}	8
3.1.2	Oxid dusičitý.....	10
3.1.3	Ozón.....	10
3.1.4	Benzo(a)pyrén.....	11
3.2	ZÓNA KOŠICKÝ KRAJ	12
3.2.1	Tuhé častice PM ₁₀ a PM _{2,5}	12
3.2.2	Oxid dusičitý.....	14
3.2.3	Ozón.....	14
3.2.4	Benzo(a)pyrén.....	15
4	MODELOVANIE KVALITY OVZDUŠIA.....	16
4.1	Rizikové oblasti.....	18
5	ZHRNUTIE.....	19

1 POPIS ÚZEMIA AGLOMERÁCIE KOŠICE A ZÓNY KOŠICKÝ KRAJ Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA

Pre účely hodnotenia kvality ovzdušia je územie Slovenska rozdelené na zóny a aglomerácie (https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=oko_info_az). Územie Košického kraja zahŕňa aglomeráciu Košice (územie mesta Košíc a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida) a zónu Košický kraj (Košický kraj bez aglomerácie Košice). **Obr. 1.1** zobrazuje priestorové rozloženie hustoty obyvateľstva v Košickom kraji. Hranice aglomerácie Košice sú na obrázku vyznačené tmavou čiarou.

Obr. 1.1 Rozloženie hustoty obyvateľstva v Košickom kraji (Zdroj: EUROSTAT, 2018).



1.1 AGLOMERÁCIA KOŠICE (územie mesta Košíc a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany a Veľká Ida)

Mesto Košice sa nachádza v údolí Hornádu v Košickej kotline a podľa orografického členenia patrí do pásma vnútorných Karpát. Z juhozápadu zasahuje do oblasti Slovenský kras, na severe sa rozprestiera Slovenské Rudohorie a na východ od mesta sú Slanské vrchy. Veterné pomery v Košiciach sú charakteristické prevládajúcim prúdením zo severných smerov, oblasť je relatívne dobre ventilovaná.

Zdroje znečisťovania ovzdušia v aglomerácii Košice

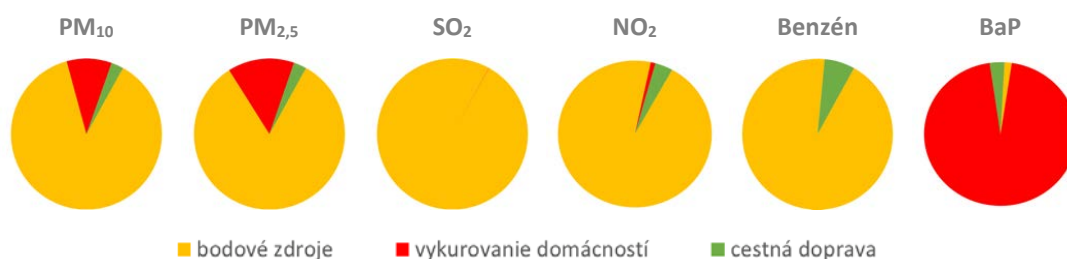
V aglomerácii Košice, mestskej časti Košice-Šaca, sa nachádza priemyselný komplex zameraný na metalurgiu železa, ocele a výrobu koksu, ktorý je dominantným priemyselným zdrojom znečisťovania ovzdušia. Medzi ďalšie priemyselné zdroje patria cementárne.

Kvalita ovzdušia v obciach Veľká Ida, Haniska, Sokoľany a Bočiar a v menšej miere aj v Košiciach je ovplyvnená zdrojmi znečisťovania z neďalekého priemyselného komplexu. Relatívne priaznivou okolnosťou je tu prevládajúce prúdenie zo severných smerov.

Zdrojom znečisťovania ovzdušia v Košiciach je aj cestná doprava. Na základe posledného celoštátneho sčítania dopravy v r. 2015 vieme, že najvyššiu intenzitu dosahuje na obchvate centra mesta – úsek PR3 (juhovýchodný obchvat) s denným priemerným maximom 50 895 vozidiel (6 905 osobných a 43 827 nákladných áut), rýchlostná cesta R2 (južný obchvat) s 32 061 vozidlami (4 166 nákladných a 27 751 osobných áut), cesta č. 547 (severný obchvat) s 28 756 vozidlami (2 004 nákladných a 26 631 osobných áut) a úsek cesty PR3 (východný obchvat) s 36 261 vozidlami (6 056 nákladných a 30 103 osobných áut¹).

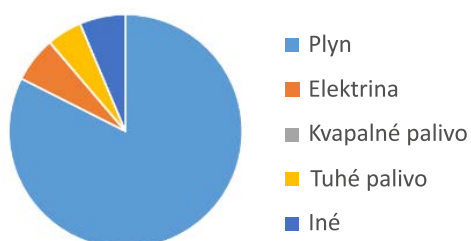
¹ https://www.ssc.sk/files/documents/dopravne-inzinerstvo/csd_2015/ke/scitanie_tabulka_ke_2015.pdf

Obr. 1.2 Podiel rôznych druhov zdrojov znečisťovania ovzdušia na celkových emisiách v aglomerácii Košice.



Poznámka: Stredné a veľké zdroje znečisťovania ovzdušia evidované v databáze NEIS sú označené pre tento účel ako „bodové zdroje“.

Obr. 1.3 Podiel rôznych druhov palív na vykurovaní rodinných domov².



Pre vykurovanie rodinných domov v aglomerácii je podľa údajov zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov 2021 (SODB) využívaný najmä zemný plyn. Vykurovanie domácností zabezpečujú čiastočne mestské teplárne, v prípade samostatného vykurovania je prevažujúcim palivom zemný plyn. Tuhé palivá sa pravdepodobne viac používajú vo vidieckom type osídlenia.

1.2 ZÓNA KOŠICKÝ KRAJ (bez aglomerácie Košice)

Reliéf východnej časti zóny Košický kraj má prevažne rovinatý charakter vďaka Východoslovenskej rovine, ktorú od Košickej kotliny oddeľujú Slanské vrchy. Na hranici s Prešovským krajom sa tiahnu Vihorlatské vrchy, zo západu na východ sa rozprestiera Hornádska kotlina. V západnej, hornatejšej časti kraja, sa tiahnu Volovské vrchy oddelené od Slovenského krasu Rožňavskou kotlinou. Hornádska kotlina na severnej časti územia zasahuje do južnej časti Prešovského kraja. Najvyšší bod Košického kraja je Stolica, najvyšší bod Stolických vrchov má nadmorskú výšku 1 476 m, najnižší bod má nadmorskú výšku 94 m.

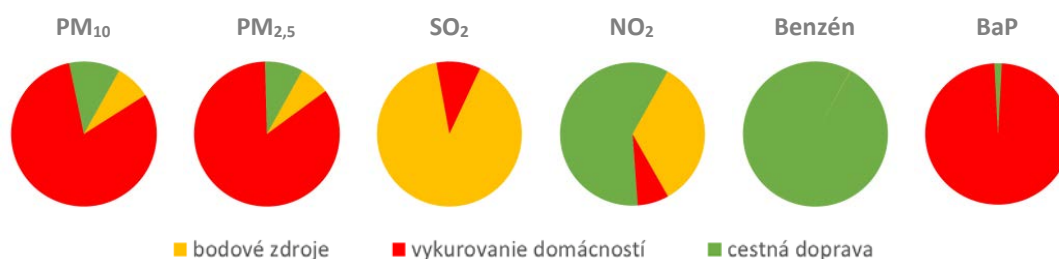
Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Košický kraj

Najvyťaženejšie cesty v tomto kraji (mimo Košíc) podľa posledného celoštátneho sčítania dopravy v r. 2015 – cesta č. 50 v okrese Michalovce s 14 783 vozidlami (1 721 nákladnými a 13 021 osobnými autami), cesta č. 3244 v okrese Spišská Nová Ves s 12 384 vozidlami (1 391 nákladných a 10 872 osobných áut), cesta č. 526 v okrese Rožňava s 10 433 vozidlami (626 nákladných a 9 747 osobných áut) a cesta č. 3710 v okrese Trebišov s 9 328 vozidlami (614 nákladných a 8 686 osobných áut)³.

² <https://www.scitanie.sk>

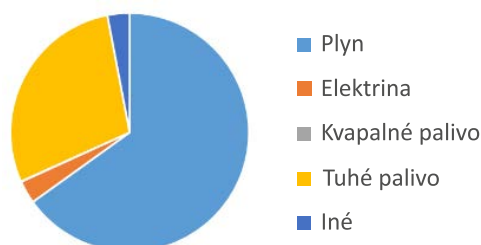
³ <https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinerstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/kosicky-kraj.ssc>

Obr. 1.4 Podiel rôznych druhov zdrojov znečisťovania ovzdušia na celkových emisiách v zóne Košický kraj.



Poznámka: Stredné a veľké zdroje znečisťovania ovzdušia evidované v databáze NEIS sú označené pre tento účel ako „bodové zdroje“.

Obr. 1.5 Podiel rôznych druhov palív na vykurovaní rodinných domov⁴.



Pre vykurovanie rodinných domov v zóne je podľa údajov zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov 2021 (SODB) využívaný najmä zemný plyn. V hornatej oblasti západnej časti Košického kraja je významným zdrojom znečisťovania ovzdušia vykurovanie domácností tuhým palivom, najmä palivovým drevom. Situáciu zhoršujú nepriaznivé rozptylové podmienky v oblastiach s nízkou rýchlosťou vetra.

2 MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCIÍ KOŠICE A V ZÓNE KOŠICKÝ KRAJ

Tabuľky **Tab. 2.1** a **Tab. 2.2** obsahujú informácie o monitorovacích staniciach kvality ovzdušia v aglomerácii Košice a v zóne Košický kraj:

- medzinárodný Eol kód, charakteristiku stanice podľa dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia (dopravná, pozadová, priemyselná), typ oblasti, ktorú daná stanica monitoruje (mestská, predmestská, vidiecka/regionálna) a geografické súradnice;
- monitorovací program. Automatické prístroje kontinuálneho monitoringu poskytujú priemerné hodinové koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5}, oxidov dusíka, oxidu siričitého, ozónu, oxidu uhoľnatého a benzénu. Skúšobné laboratórium SHMÚ v rámci manuálneho monitoringu analyzuje ťažké kovy a polycyklické aromatické uhľovodíky. Výsledkom sú priemerné 24-hodinové hodnoty.

⁴ <https://www.scitanie.sk>

2.1 AGLOMERÁCIA KOŠICE (územie mesta Košíc a obcí Bočiar, Haniska, Sokofany a Veľká Ida)

Monitoring kvality ovzdušia v Košiciach začal v roku 1971. V súčasnosti sa tu kvalita ovzdušia meria na štyroch staniciach. Stanica Košice, Štefánikova odráža vplyv cestnej dopravy, monitorovacie stanice Košice, Amurská a Košice, Ďumbierska charakterizujú mestské (či predmestské) pozadové znečistenie. Monitorovacia stanica vo Veľkej Ide* meria v blízkosti železničnej stanice na zatrávnenom otvorenom priestranstve na juhovýchodnom okraji obce. Severovýchodným smerom od stanice sa nachádza metalurgický komplex s výrobou železa, ocele a koksu (areál U. S. Steel), na juhovýchod od stanice je zväčša zatrávnená halda.

* Poznámka: Z hľadiska hodnotenia kvality ovzdušia a jeho rozdelenia do zón a aglomerácií, k aglomerácii Košice patria aj obce Veľká Ida, Bočiar, Haniska a Sokofany.

Tab. 2.1 Monitorovací program kvality ovzdušia v aglomerácii Košice.

Agglomerácia Košice								Merací program											
Okres	Kód Eol	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Kontinuálne							Manuálne				
			oblasti	stanice	dĺžka	Šírka		PM ₁₀	PM _{2,5}	NO, NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP		
Košice I	SK0264A	Košice, Amurská	U	B	21°17'08"	48°41'25"	201												
Košice I	SK0267A	Košice, Štefánikova	U	T	21°15'32"	48°43'35"	209												
Košice I	SK0016A	Košice, Ďumbierska	S	B	21°14'42"	48°45'12"	240												
Košice okolie	SK0018A	Veľká Ida, Letná	S	I	21°10'31"	48°35'32"	209												
Spolu								3	3	1	1	1	2	1		1	1		



Typ oblasti:
 U – mestská
 S – predmestská
 R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice:
 B – pozadová
 T – dopravná
 I – priemyselná

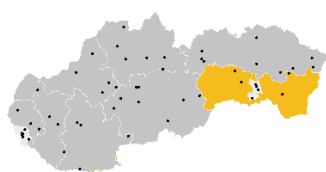
2.2 ZÓNA KOŠICKÝ KRAJ (bez aglomerácie Košice)

Monitoring kvality ovzdušia v zóne Košický kraj je komplikovaný rôznorodosťou terénu a veľkosťou rozlohy. Nachádzajú sa tu štyri monitorovacie stanice, pričom dve z lokalít majú relatívne dlhodobú históriu meraní. Začiatky monitoringu kvality ovzdušia v Krompachoch a Strážskom siahajú do 80-tych rokov 20. storočia. Cieľom bolo zachytiť vplyv priemyselnej činnosti. V priebehu rokov vplyv priemyselných zdrojov poklesol, stanica v Krompachoch je kategorizovaná ako mestská dopravná a v Strážskom ako mestská pozadová. V roku 2020 pribudla predmestská monitorovacia stanica v Trebišove.

Stanica na Kojšovskej holi sa nachádza pri radarovom pracovisku v nadmorskej výške 1232 m n. m., vo východnej časti okresu Snina. Charakterizuje kvalitu ovzdušia v menej znečistenej oblasti. Monitoring kvality ovzdušia sa tu začal v roku 2009.

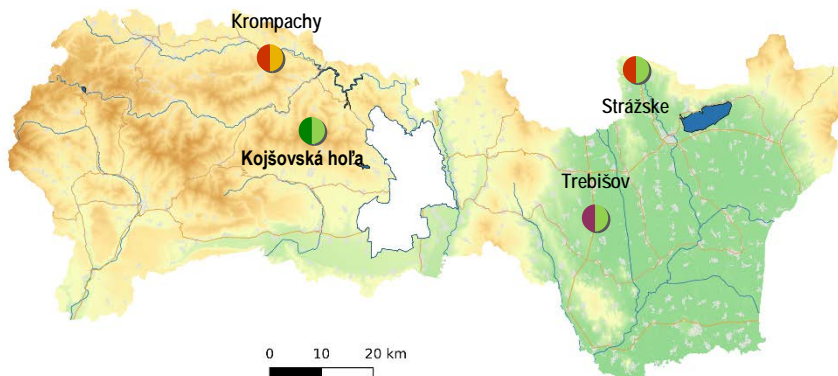
Tab. 2.2 Monitorovací program kvality ovzdušia v zóne Košický kraj.

Zóna Košický kraj (bez aglomerácie Košice)								Merací program										
Okres	Kód Eol	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Kontinualne							Manuálne			
			oblasti	stanice	dĺžka	Šírka		PM ₁₀	PM _{2,5}	NO, NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP	
Gelnica	SK0042A	Kojšovská hoľa	R	B	20°59'14"	48°46'58"	1232											
Michalovce	SK0030A	Strážske, Mierová	U	B	21°50'15"	48°52'27"	133											
Spišská Nová Ves	SK0265A	Krompachy, SNP	U	T	20°52'26"	48°54'56"	372											
Trebišov	SK0073A	Trebišov, T. G. Masaryka	S	B	21°42'45"	48°37'42"	107											
Spolu								3	3	3	1	2	1	1				1



Typ oblasti:
 U – mestská
 S – predmestská
 R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice:
 B – pozadová
 T – dopravná
 I – priemyselná



3 ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV MONITORINGU KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCIÍ KOŠICE A V ZÓNE KOŠICKÝ KRAJ

Táto kapitola sa venuje podrobnejšej analýze zhodnotenia kvality ovzdušia na základe výsledkov monitoringu v aglomerácii Košice a v zóne Košický kraj za rok 2022. Pripomeňme, že aglomerácia Košice zahŕňa mesto Košice a obce Veľká Ida, Haniska, Sokolany a Bočiar. Dôvodom zavedenia takto rozšírenej oblasti pre hodnotenie kvality ovzdušia je skutočnosť, že metalurgický komplex s výrobou železa, ocele a koksu, nachádzajúci sa južne od Košíc pri týchto štyroch obciach, ovplyvňuje do istej miery celú aglomeráciu Košice. Zóna Košický kraj pokrýva územie kraja okrem aglomerácie Košice.

Tab. 3.1 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia ľudí a smogového varovného systému pre PM₁₀ v aglomerácii Košice a v zóne Košický kraj – 2022.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia									IP ²⁾	VP ²⁾
		SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	PM ₁₀	PM ₁₀
		Doba spriemerovania		Doba spriemerovania		Doba spriemerovania		Doba spriemerovania	Doba spriemerovania	Doba spriemerovania	Doba spriemerovania	Doba spriemerovania
		1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok	12 h	12 h
Parameter		počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	príemer	počet prekročení	príemer	príemer	príemer	príemer	trvanie prekročenia [h]	trvanie prekročenia [h]
Limitná hodnota [µg·m ⁻³]		350	125	200	40	50	40	20	10 000	5	100	150
Maximálny počet prekročení		24	3	18		35						
KOŠICE	Košice, Štefánikova	0	0	0	22	21	26	17	2 292	0,91	24	0
	Košice, Amurská					12	22	16			0	0
	Veľká Ida, Letná					68	37	22	2 736		72	0
Košický kraj	Kojšovská hoľa			0	3							
	Trebišov, T. G. Masaryka			0	11	10	22	16			0	0
	Strážske, Mierová					5	20	16			0	0
	Krompachy, SNP	0	0	0	13	13	23	17	1 607	0,94	0	0

≥ 90 % platných meraní

Červenou farbou je vyznačené prekročenie limitnej hodnoty.

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

²⁾ IP, VP - trvanie prekročenia (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) pre PM₁₀

V súlade s Vyhláškou MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov bol na monitorovacích staniciach vyžadovaný podiel platných hodnôt dodržaný.

3.1 AGLOMERÁCIA KOŠICE

3.1.1 Tuhé častice PM₁₀ a PM_{2,5}

Obr. 3.1 zobrazuje priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet dní s priemernou dennou koncentráciou PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³ podľa výsledkov meraní na monitorovacích staniciach v aglomerácii Košice v roku 2022.

Obr. 3.1 Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀.

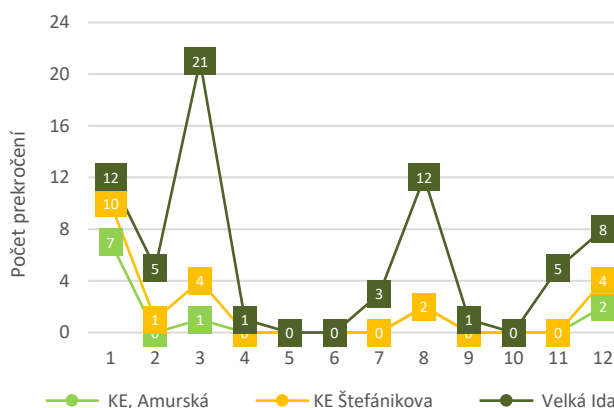


Počet prekročení – zachytáva denné priemerné koncentrácie vyššie ako 50 µg·m⁻³

Šípky znázorňujú limitné hodnoty, **modrá pružovaná** PM_{2,5} (priemerná ročná koncentrácia = 20 µg·m⁻³); **šedá plná** PM₁₀ (priemerná ročná koncentrácia = 40 µg·m⁻³); **šedá bodkovaná vpravo** počet prekročení (priemerná denná koncentrácia PM₁₀ 50 µg·m⁻³ sa nesmie prekročiť viac než 35-krát za kalendárny rok).

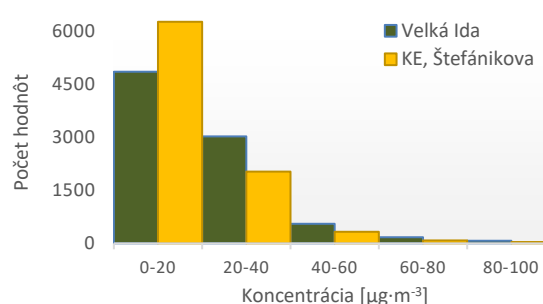
V roku 2022 bola v analyzovanej oblasti prekročená limitná hodnota pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀ a limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{2,5} na stanici vo Veľkej Ide (**Tab. 3.1, Obr. 3.1**). Počet denných prekročení 68 tu bol najvyšší za posledných päť rokov. Na ostatných staniciach boli ročné priemerné koncentrácie nižšie ako predchádzajúce roky. Počet prekročení dennej limitnej hodnoty bol na oboch monitorovacích staniciach v Košiciach rovnako výrazne nižší v porovnaní s predchádzajúcim rokom. Veľmi vysoký počet 21 prekročení hodnoty denného priemeru nad 50 µg·m⁻³ (**Obr. 3.2**) sme zaznamenali vo Veľkej Ide v marci a netradične v auguste (12). Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ (40 µg·m⁻³) v aglomerácii prekročená nebola.

Obr. 3.2 Počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀ za jednotlivé mesiace v roku 2022.

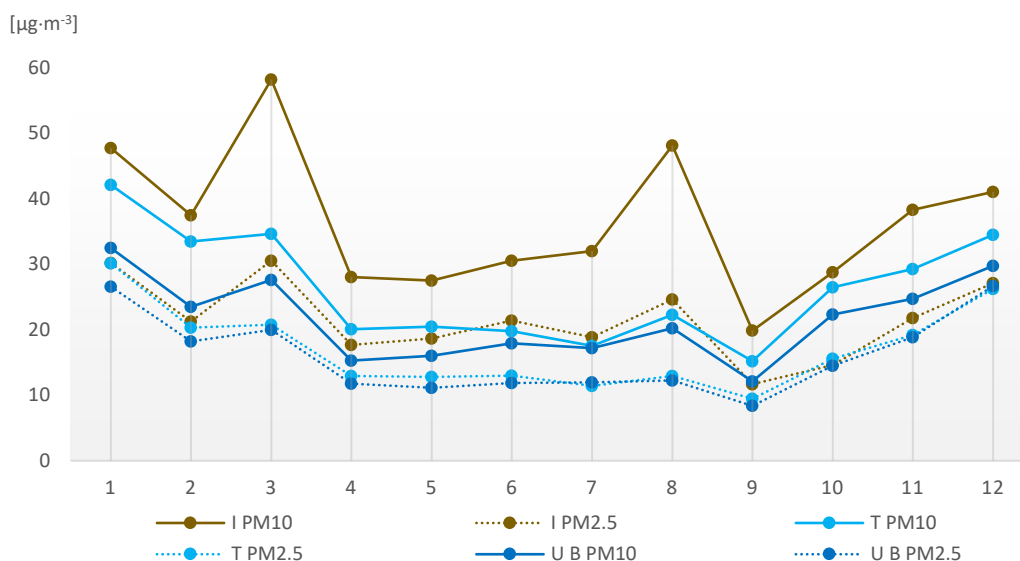


Histogram na **Obr. 3.3** zobrazuje početnosť hodinových koncentrácií PM_{10} na stanicích Košice, Štefánikova a Veľká Ida. Na AMS Štefánikova majú v porovnaní so stanicou vo Veľkej Ide výrazne vyššie zastúpenie nižšie koncentrácie do $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Ak porovnáme maximálne hodinové koncentrácie na týchto stanicích, vo Veľkej Ide sme zaznamenali najvyššiu hodinovú koncentráciu $296 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, na Štefánikovej ulici $133 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Obr. 3.3 Histogram hodinových koncentrácií PM_{10} v roku 2022.



Obr. 3.4 Priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} a $PM_{2,5}$ v aglomerácii Košice podľa typu stanice.

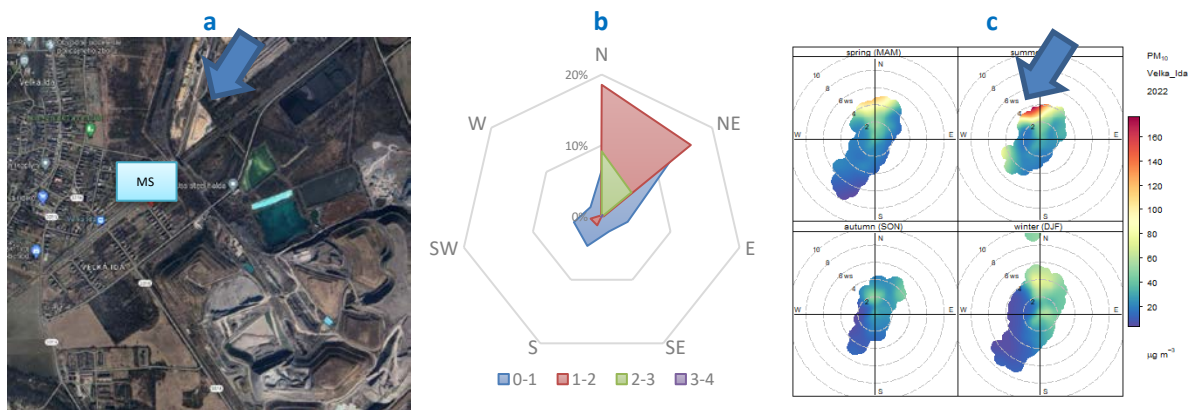


T PM_{10} a T $PM_{2,5}$ – priemerná mesačná koncentrácia PM_{10} a $PM_{2,5}$ na dopravnej stanici: Košice, Štefánikova; **U B PM_{10} a U B $PM_{2,5}$** – priemerná mesačná koncentrácia PM_{10} a $PM_{2,5}$ na mestskej požadovej stanici: Košice, Amurská; **I PM_{10} a I $PM_{2,5}$** – priemerná mesačná koncentrácia PM_{10} a $PM_{2,5}$ na priemyselnej stanici: Veľká Ida, Letná;

Na **Obr. 3.4** sú priemerné mesačné koncentrácie $PM_{2,5}$ zobrazené prerušovanou čiarou. Pre hodnoty PM_{10} , a $PM_{2,5}$ boli v porovnaní s košickými stanicami zaznamenané nadpriemerne vysoké mesačné koncentrácie vo Veľkej Ide najmä v mesiacoch marec a august, a v menšej miere aj v ostatných letných mesiacoch. Z analýzy veterných ružíc z predchádzajúcich rokov sme zaznamenali koreláciu výskytu vysokej koncentrácie PM_{10} s výskytom severného vetra vyššej intenzity (**Obr. 3.5**). V marci mal 61,4 %-ný podiel práve vietor severného a severovýchodného smeru vyššej intenzity, rovnako v auguste prevládalo suché počasie s nízkou vlhkosťou a priemer výskytu vetra zo severu a severovýchodu bol viac ako 68,1 %-ný. Severne od monitorovacej stanice sa nachádza nekrytá skládka, ktorá nie je žiadnym spôsobom zabezpečená proti resuzpenzii skládkovaného materiálu (**Obr. 3.5 a**), predpokladáme, že práve zvrátené častice z tejto skládky sú pravdepodobnou príčinou veľmi nepriaznivej kvality ovzdušia v týchto mesiacoch. V marci boli ešte chladné dni, preto ku zvýšeným emisiám PM_{10} a $PM_{2,5}$ z časti prispeli aj zvýšené emisie z vykurovania v neďalekých obciach. Nepriaznivé rozptyľové podmienky počas anticyklonálnych situácií prevládali počas viac než polovice mesiaca⁵.

⁵ <https://www.shmu.sk/sk/?page=8>

Obr. 3.5 a. Pohľad na okolie MS Veľká Ida, b. veterná ružica za marec, c. veterná ružica za rok 2022. (Rýchlosť a smer vetra boli merané vo výške 4 m na AMS Veľká Ida, Letná.)



3.1.2 Oxid dusičitý

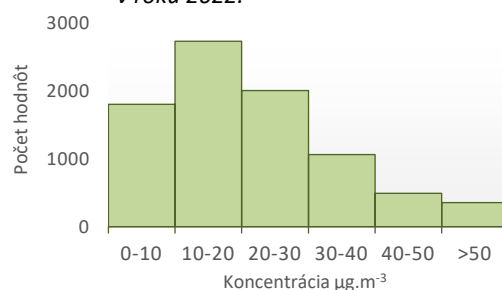
Monitoring oxidu dusičitého prebieha na dopravnej monitorovacej stanici kvality ovzdušia v Košiciach na Štefánikovej ulici. Na **Obr. 3.6** je zobrazený histogram hodinových koncentrácií NO_2 na tejto stanici. Najčastejšie sú zaznamenané hodinové koncentrácie v rozmedzí $10\text{--}20\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, početné sú aj koncentrácie v rozmedzí $20\text{--}30\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, koncentrácie vyššie ako $50\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ sa v roku 2022 vyskytli viac ako v 4%-nom zastúpení, čo zodpovedá dopravnému charakteru stanice. Najvyššia zaznamenaná hodinová koncentrácia tu dosiahla $126\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Priemerné mesačné hodnoty zachytáva **Obr. 3.7**. Priemerná ročná úroveň ($22\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) neprekračuje limitnú hodnotu pre priemernú ročnú koncentráciu ($40\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Najvyššiu mesačnú koncentráciu ($31\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) sme zaznamenali vo februári, v letných mesiacoch boli koncentrácie výrazne nižšie.

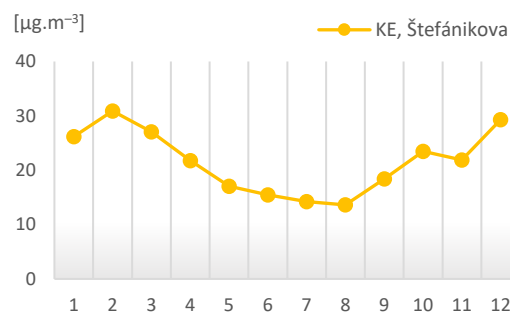
3.1.3 Ozón

Monitoring ozónu prebieha na predmestskej požadovej stanici v Košiciach na Ďumbierskej ulici. Najvyššie koncentrácie prízemného ozónu sa vyskytujú spravidla v teplých mesiacoch. V roku 2022 sa vyskytli vysoké mesačné koncentrácie O_3 v marci, porovnateľné s letnými mesiacmi, napriek chladnému počasiu (**Obr. 3.8**). Na **Obr. 3.9** a **Obr. 3.10** je znázornený tzv. denný chod koncentrácie O_3 : koncentrácie stúpajú s východom slnka, vrchol dosahujú okolo poludnia a vo večerných hodinách postupne klesajú na minimum, ktoré sa vyskytuje nadržanom. Veľké rozdiely v koncentráciách prízemného ozónu zaznamenávame tiež v teplom a chladnom období.

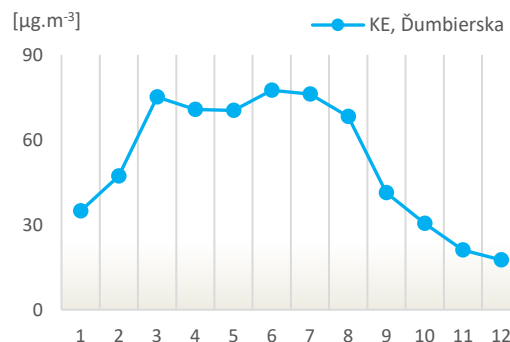
Obr. 3.6 Histogram hodinových koncentrácií NO_2 v roku 2022.



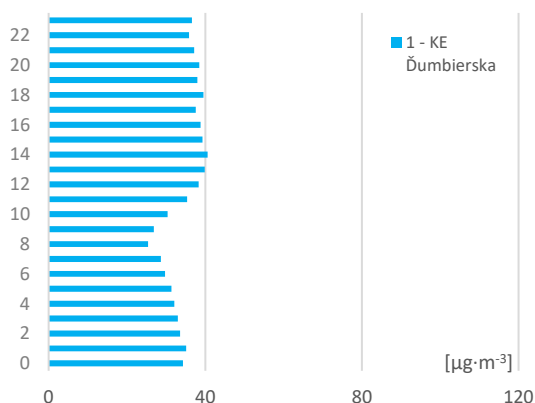
Obr. 3.7 Priemerné mesačné hodnoty NO_2 v roku 2022.



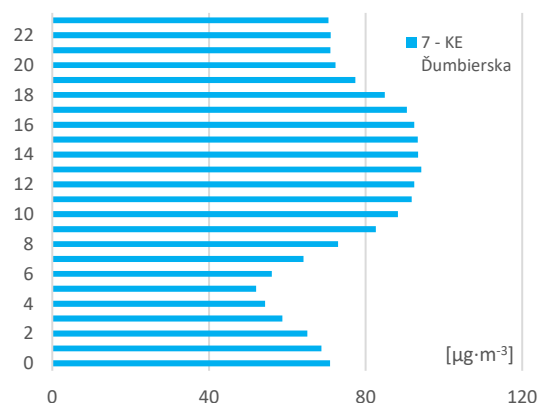
Obr. 3.8 Priemerné mesačné koncentrácie O_3 v roku 2022.



Obr. 3.9 Denný chod koncentrácie O_3 v januári 2022 na AMS Košice, Ďumbierska.



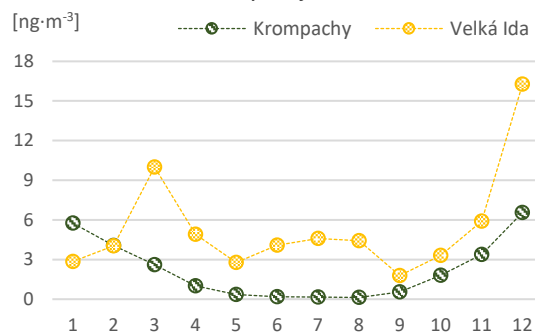
Obr. 3.10 Denný chod koncentrácie O_3 v júli 2022 na AMS Košice, Ďumbierska.



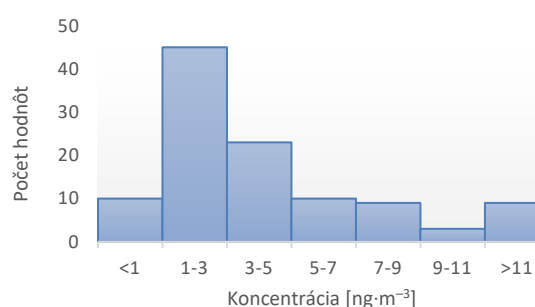
3.1.4 Benzo(a)pyrén

Znečisťujúca látka benzo(a)pyrén [B(a)P] sa v tejto zóne monitoruje na predmestskej priemyselnej stanici vo Veľkej Ide na Letnej ulici (merania B(a)P v Krompachoch, v zóne Košický kraj, sú popísané v nasledujúcej kapitole 3.2). Lokalita je ovplyvnená emisiami z blízkeho metalurgického komplexu, najmä z výroby koksu. Poukazuje na to relatívne konštantné rozloženie mesačných koncentrácií po celý rok, aj v teplých mesiacoch, keď na iných monitorovacích staniciach úroveň koncentrácie B(a)P výrazne klesá (Obr. 3.11). Priemerná ročná koncentrácia B(a)P vo Veľkej Ide každoročne prekračuje cieľovú hodnotu ($1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) a túto úroveň v roku 2022 prekročili i hodnoty v každom mesiaci. Koncentrácie pod $1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ sa vyskytovali len v 8,4% meraní, až v 31%-ách vzoriek boli vyššie ako $5 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Extrémne vysoká koncentrácia benzo(a)pyrénu v ovzduší sa vyskytla 1. 12. 2022 ($62 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$). Histogram nameraných koncentrácií B(a)P ukazuje, že najčastejšie sa vyskytujú hodnoty v rozmedzí $1-3 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, čo je veľmi vysoká úroveň. Pre porovnanie, napríklad v Bratislave je najväčší podiel koncentrácií do $0,5 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$.

Obr. 3.11 Priemerné mesačné koncentrácie benzo(a)pyrénu v aglomerácii Košice a zóne Košický kraj v roku 2022.



Obr. 3.12 Histogram denných koncentrácií benzo(a)pyrénu v roku 2022.



Tab. 3.2 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom

	2018	2019	2020	2021	2022
Cieľová hodnota [ng·m ⁻³]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Veľká Ida, Letná	5,8	4,5	4,6	6,1	5,4

≥ 90 % platných meraní

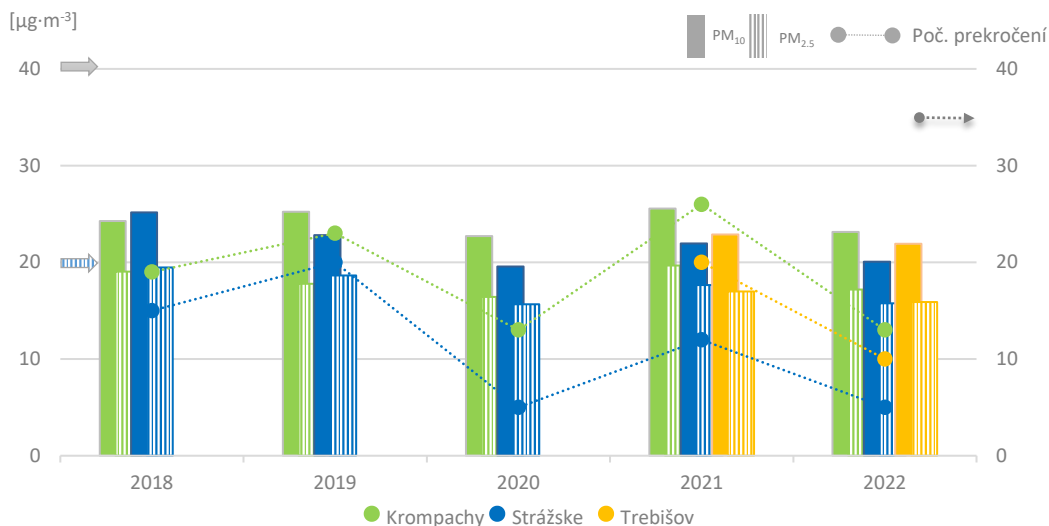
Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty.

3.2 ZÓNA KOŠICKÝ KRAJ

3.2.1 Tuhé častice PM₁₀ a PM_{2,5}

Obr. 3.13 zobrazuje priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet dní s priemernou dennou koncentraciou PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³ podľa výsledkov meraní na monitorovacích staniciach v zóne Košický kraj v roku 2022.

Obr. 3.13 Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀.

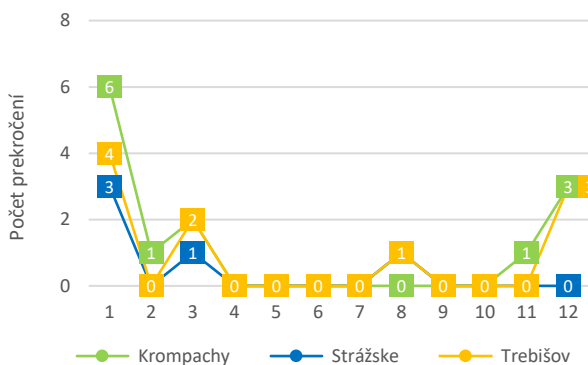


Počet prekročení – zachytáva denné priemerné koncentrácie vyššie ako 50 µg·m⁻³

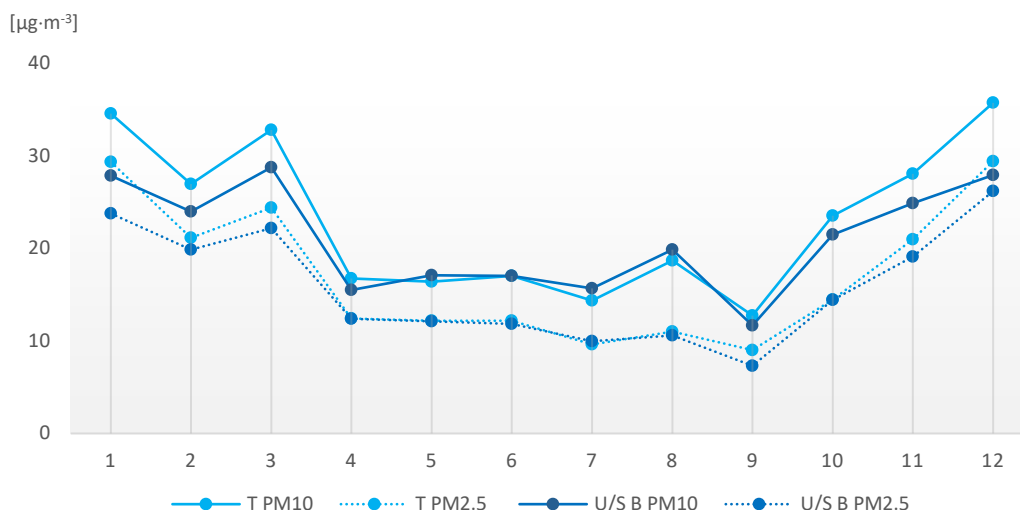
Šípky znázorňujú limitné hodnoty, **modrá pruhovaná** PM_{2,5} (priemerná ročná koncentrácia = 20 µg·m⁻³); **šedá plná** PM₁₀ (priemerná ročná koncentrácia = 40 µg·m⁻³); **šedá bodkovaná vpravo** počet prekročení (priemerná denná koncentrácia PM₁₀ 50 µg·m⁻³ sa nesmie prekročiť viac než 35-krát za kalendárny rok).

Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ (40 µg·m⁻³) v zóne Košický kraj nebola prekročená. Podobne, limitnú hodnotu pre počet prekročení za rok (35-krát) priemernej dennej koncentrácie PM₁₀ (50 µg·m⁻³) nepresiahla žiadna stanica (Obr. 3.13). Priemerná ročná koncentrácia bola v porovnaní s rokom 2021 na všetkých staniciach mierne nižšia, dopravná stanica Kropachy zaznamenala najvyššiu úroveň PM₁₀ 23 µg·m⁻³. Počet denných prekročení v Kropachoch (13) bol polovičný oproti roku 2021, rovnako na ostatných staniciach sme zaznamenali výrazný pokles denného počtu prekročení na úroveň priaznivého roku 2020. Najviac prekročení denného limitu v r. 2022 sme zaznamenali v januári na stanici v Kropachoch (Obr. 3.14) a na ostatných staniciach došlo k väčšine prekročení tiež v tomto mesiaci.

Obr. 3.14 Počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀ za jednotlivé mesiace v roku 2022.



Obr. 3.15 Priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} a $PM_{2,5}$ v kraji podľa typu stanice.



T PM10 a **T PM2.5** – priemerná mesačná koncentrácia PM_{10} a $PM_{2,5}$ na dopravnej stanici v Kropáčoch;
U/S B PM10 a **U/S B PM2.5** – priemer mesačných koncentrácií PM_{10} a $PM_{2,5}$ na mestských/predmestských pozadových staniciach Strážske a Trebišov.

Priebeh priemerných mesačných koncentrácií PM_{10} , $PM_{2,5}$ (Obr. 3.15) sa vyznačuje najvyššími hodnotami v chladných mesiacoch roka z dôvodu vykurovania domácností tuhým palivom a častejšieho výskytu zhoršených rozptylových podmienok. V roku 2022 boli rozdiely menej zreteľné, dôvodom bol najmä relatívne teplý začiatok roka. Pozornosť si zaslúži fakt, že na dopravnej monitorovacej stanici v Kropáčoch boli namerané veľmi podobné hodnoty, ako na mestskej resp. predmestskej pozadovej stanici v Strážskom a Trebišove. Dôvodom je pravdepodobne podobný charakter zdrojov (menší vplyv má cestná doprava, výraznejší vykurovanie domácností).

Ako sme už poznamenali, zvýšené koncentrácie $PM_{2,5}$ sú rizikové najmä pre ich nepriaznivý vplyv na zdravie. Na Obr. 3.15 sú priemerné ročné koncentrácie jemných častíc zobrazené prerušovanou čiarou. Najvyššia priemerná ročná koncentrácia bola nameraná v Kropáčoch ($17 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), kde sme zaznamenali zlepšenie oproti roku 2021 o $3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Vysoké koncentrácie $PM_{2,5}$ boli namerané v chladných mesiacoch roka. Je to, rovnako ako pri PM_{10} , dôsledkom vykurovania domácností tuhým palivom, či rôznym odpadom. Na všetkých staniciach bola priemerná ročná koncentrácia $PM_{2,5}$ vyššia ako je úroveň, ktorú odporúča WHO ($5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Platilo to aj pre priemerné mesačné hodnoty. A to nielen v zimnom období, ale dokonca aj v letných mesiacoch, keď bývajú koncentrácie $PM_{2,5}$ najnižšie.

3.2.2 Oxid dusičitý

Monitoring oxidu dusičitého prebieha na troch staniciach. Priemerné mesačné hodnoty pre jednotlivé stanice zachytáva **Obr. 3.16**.

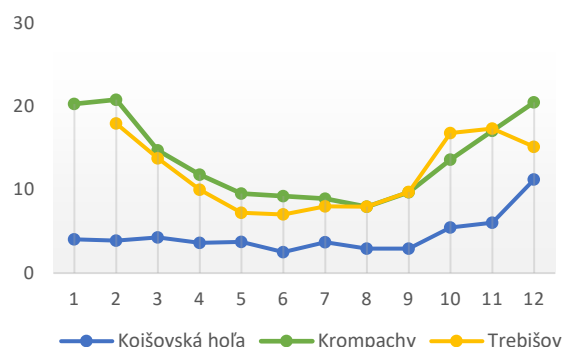
Hlavným zdrojom emisií NO₂ je cestná doprava. Najvyššie koncentrácie z tohto dôvodu zaznamenávame na dopravnej stanici Kropachy. Priemerná ročná úroveň (13 µg·m⁻³) však ani tu neprekračuje limitnú hodnotu pre túto znečisťujúcu látku (40 µg·m⁻³). Namerané hodnoty si celý rok udržiavajú relatívne konštantnú úroveň s nevýrazným minimom v letných mesiacoch (**Obr. 3.16**). Priemerné ročné koncentrácie na pozadových staniciach dosahovali v roku 2022 11 µg·m⁻³ (Trebišov) a 3 µg·m⁻³ (Kojšovská hoľa). Na všetkých staniciach sú priemerné ročné koncentrácie mierne nižšie oproti roku 2021. Koncentrácie NO₂ v zóne Košický kraj sú na relatívne nízkej úrovni, čo nám ukazuje histogram hodinových hodnôt v Trebišove na **Obr. 3.17**: najpočetnejšie bolo zastúpenie koncentrácií do 10 µg·m⁻³. Napriek tomu jedinou stanicou, ktorá splnila odporúčania WHO (10 µg·m⁻³), s výrazne prísnejšími limitmi než sú limity EÚ, je Kojšovská hoľa.

3.2.3 Ozón

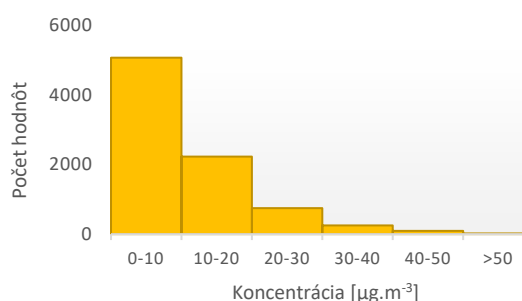
Monitoring prízemného ozónu prebieha v zóne na dvoch monitorovacích staniciach – Trebišov a Kojšovská hoľa, ktorá sa nachádza vo vyššej nadmorskej výške. Preto sú na tejto stanici merané vyššie koncentrácie prízemného ozónu (ide pravdepodobne aj o prenos z vyšších vrstiev atmosféry).

Najvyššie koncentrácie O₃ sa vyskytujú spravidla v teplých mesiacoch s vysokou intenzitou slnečného svitu (**Obr. 3.18**). Na **Obr. 3.19** a **Obr. 3.20** je znázornený tzv. denný chod koncentrácií O₃ – rast s východom slnka, vrchol, ktorý dosahujú okolo poludnia a postupný pokles vo večerných hodinách až na minimum, vyskytujúce sa nadržanom. Veľké rozdiely v koncentráciách prízemného ozónu zaznamenávame tiež v teplom a chladnom období. Vyššie hodnoty namerané na Kojšovskej holi sú pravdepodobne zapríčinené prenosom z vyšších vrstiev atmosféry.

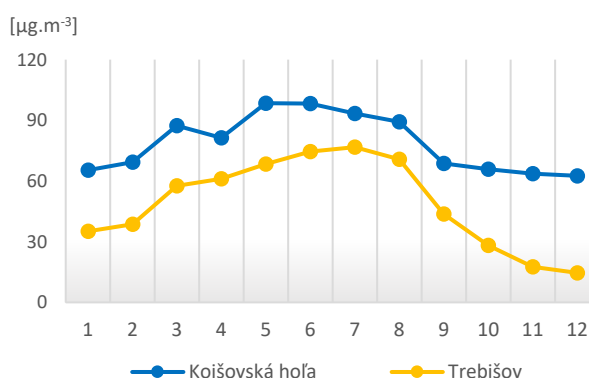
Obr. 3.16 Priemerné mesačné koncentrácie NO₂. [µg·m⁻³]



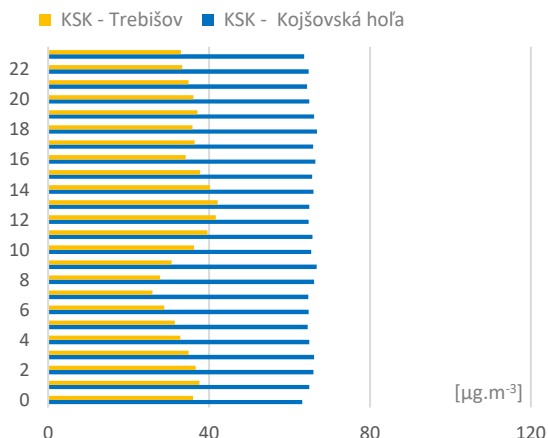
Obr. 3.17 Histogram hodinových koncentrácií NO₂ v Trebišove.



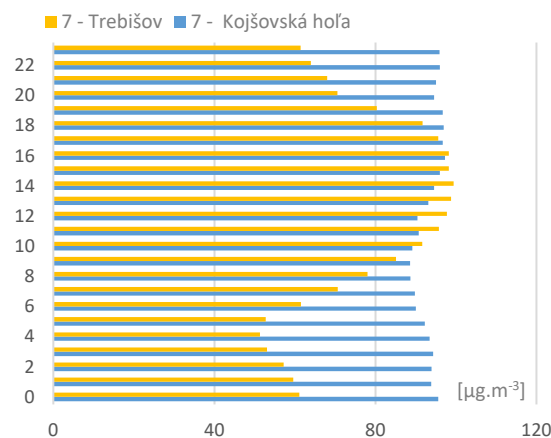
Obr. 3.18 Priemerné mesačné koncentrácie O₃. [µg·m⁻³]



Obr. 3.19 Denný chod koncentrácie O₃ v januári 2022.



Obr. 3.20 Denný chod koncentrácie O₃ v júli 2022.



3.2.4 Benzo(a)pyrén

Benzo(a)pyrén sa v zóne Košický kraj monitoruje na jednej monitorovacej stanici – Krompachy, SNP. Cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén (1 ng·m⁻³) je tu výraznejšie prekračovaná každý rok. Koncentrácie však nedosahujú hodnoty namerané vo Veľkej Ide.

Koncentrácie benzo(a)pyrénu zaznamenané počas roku v Krompachoch sa na rozdiel od Veľkej Idy (Obr. 3.11) vyznačujú charakteristickým výrazným maximom počas zimy. To svedčí o dominantnom vplyve vykurovania domácností v Krompachoch, v spojitosti s horšími rozptylovými podmienkami. Pri porovnaní s priebehom koncentrácií PM (Obr. 3.15) môžeme predpokladať, že v prípade benzo(a)pyrénu sezónne zdroje ovplyvňujú vysoké koncentrácie ešte vo väčšej miere ako pri PM.

Tab. 3.4 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom.

	2018	2019	2020	2021	2022
Cieľová hodnota [ng·m ⁻³]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Krompachy, SNP		2,7	2,1	2,2	2,2

≥ 90 % platných meraní

Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty.

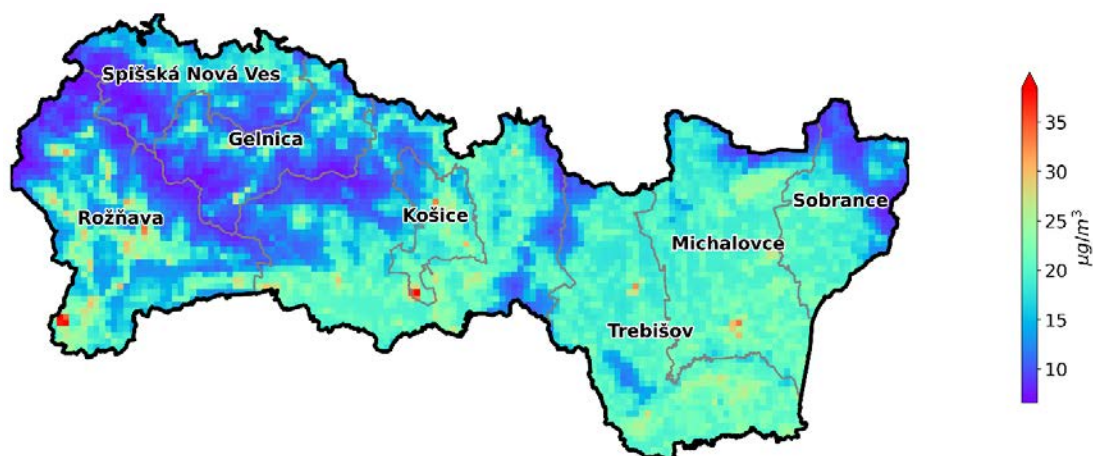
4 MODELOVANIE KVALITY OVZDUŠIA

Na **Obr. 4.1** sú výsledky modelovania PM_{10} vypočítané pomocou modelu RIO v kombinácii s IDW-R (podrobnejší popis metódy je v Kapitole 4 *Správy o kvalite ovzdušia v SR 2022*).

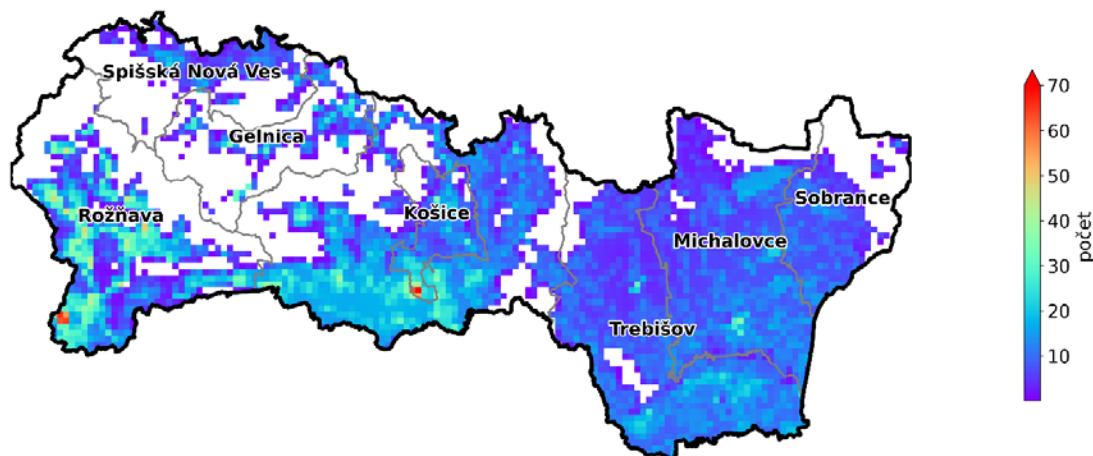
Na základe výsledkov matematického modelovania interpolačným modelom RIO, IDW-R môžeme predpokladať, že najvyššie koncentrácie PM_{10} sa vyskytujú v južnej časti aglomerácie Košice (v obciach Veľká Ida, Sokoľany, Haniska, Bočiar) a sú ovplyvnené emisiami z metalurgického komplexu.

V zóne Košický kraj budú pravdepodobne najvyššie hodnoty PM_{10} najmä v Above a v okresoch Rožňava, Spišská Nová Ves a Gelnica (**Obr. 4.1**, **Obr. 4.2**).

Obr. 4.1 Priemerná ročná koncentrácia PM_{10} v roku 2022.



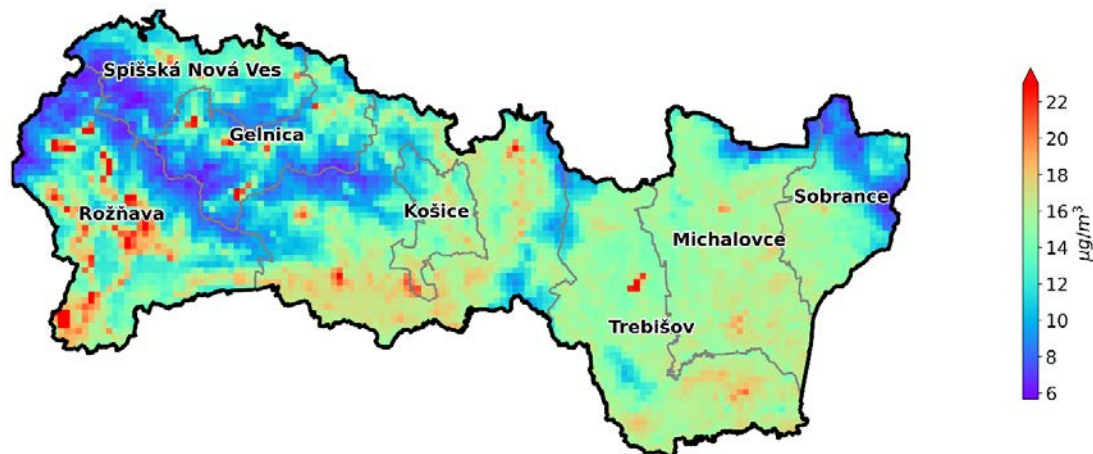
Obr. 4.2 Počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM_{10} v roku 2022. Zobrazené sú len oblasti, pre ktoré vyšiel nenulový počet prekročení.



Mapa na **Obr. 4.3** zobrazuje priestorové rozloženie priemernej ročnej koncentrácie $PM_{2,5}$ podľa výstupu z modelu RIO v kombinácii s modelom IDW-R. Podľa výstupov modelu bola priemerná ročná koncentrácia $PM_{2,5}$ na celom území zóny vyššia než limitná hodnota odporúčaná WHO (limitné hodnoty WHO sú prísnejšie než limity EÚ).

Priestorové rozloženie priemerných ročných koncentrácií $PM_{2,5}$ podľa modelu RIO, IDW-R má podobný charakter ako pre PM_{10} . Maximálne hodnoty sa okrem aglomerácie Košice pravdepodobne vyskytujú v Above, v okrese Rožňava a Spišská Nová Ves.

Obr. 4.3 Priemerná ročná koncentrácia $PM_{2,5}$ v roku 2022 podľa výstupu modelu RIO, IDW-R.

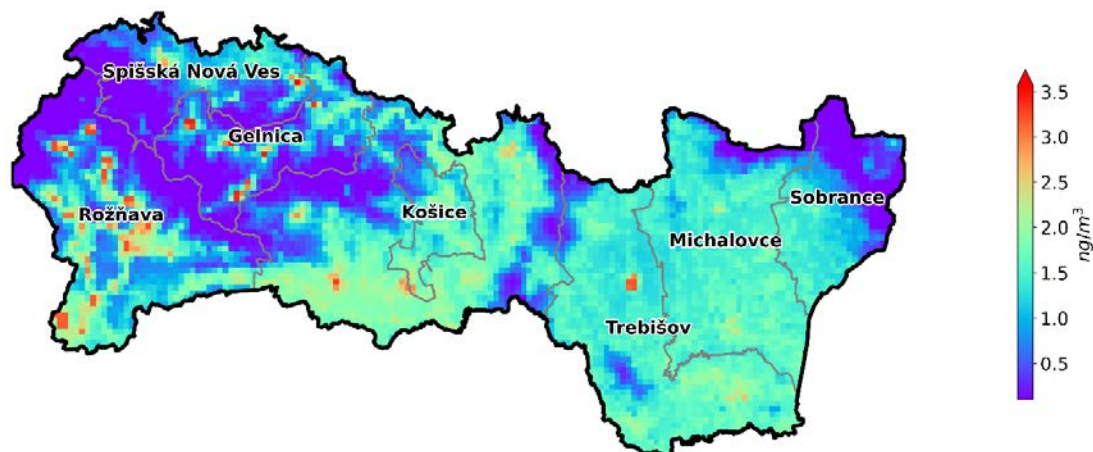


Obr. 4.4 zachytáva priestorové rozloženie priemernej ročnej koncentrácie benzo(a)pyrénu podľa výstupu z modelu RIO, IDW-R. Keďže model vychádza z nameraných údajov (a pomocných polí), výstupy sú na rozľahlom území Košického kraja zaťažené značnou neistotou.

Model môže koncentrácie benzo(a)pyrénu nadhodnocovať najmä v okolí Košíc a Východoslovenskej nížiny. Je totiž silne ovplyvnený vysokou priemernou ročnou koncentráciou nameranou vo Veľkej Ide. Tá je spolu s Krompachmi jednou z dvoch staníc v zóne Košický kraj, kde sa benzo(a)pyrén monitoruje.

Na získanie detailnejšej predstavy o priestorovom rozložení je potrebné modelovanie s vysokým rozlíšením s použitím detailných údajov o emisiách (t. j. údajov o množstve a druhu palív, o type zariadení používaných pri vykurovaní domácností a pod.). Najvýraznejším zdrojom benzo(a)pyrénu v aglomerácii Košice je výroba koksu, v menšej miere vykurovanie domácností. Situácia je opačná v zóne Košický kraj, kde je najvýznamnejším zdrojom vykurovanie domácností tuhým palivom, predovšetkým nedostatočne vysušeným drevom, resp. nevhodným palivom (rôzne druhy odpadu).

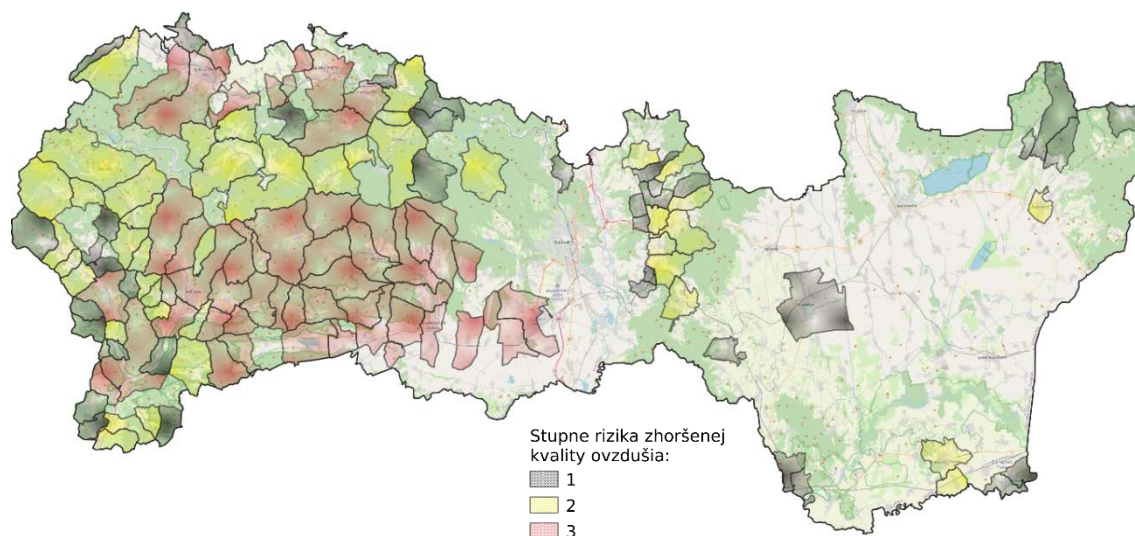
Obr. 4.4 Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu v roku 2022 podľa výstupu modelu RIO, IDW-R.



4.1 Rizikové oblasti

Obr. 4.5 zobrazuje obce ohrozené zhoršenou kvalitou ovzdušia, určené Metódou integrovaného posúdenia obcí⁶. Stupeň 3 zodpovedá najvyššej pravdepodobnosti ohrozenia znečistením ovzdušia. Metodika zahŕňa mieru vykurovania domácností tuhým palivom, vplyv zhoršených rozptylových podmienok z krátkodobého aj dlhodobého hľadiska, výsledky chemicko-transportného modelu CMAQ, interpolačného modelu RIO a výsledky modelovania s vysokým rozlíšením modelom CALPUFF na vybraných doménach s predpokladom zhoršenej kvality ovzdušia.

Obr. 4.5 Rizikové obce v Košickom kraji a v aglomerácii Košice.



Obciam, na území ktorých bola podľa modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením prekročená limitná hodnota pre PM, NO₂ alebo cieľová hodnota pre BaP, bol automaticky priradený rizikový stupeň 3, podobne ako obciam, kde bolo prekročenie limitnej či cieľovej hodnoty zistené meraním. Zoznam obcí a ich rizikových stupňov je na web stránke SHMÚ.⁷

Zóny a aglomerácie, ktoré obsahujú aspoň jednu obec s rizikovým stupňom 3, vypracujú Program na zlepšenie kvality ovzdušia. V tomto zmysle zodpovedajú obce s rizikovým stupňom 3 oblastiam riadenia kvality ovzdušia. Opatrenia na zníženie emisií však musia byť vykonané v takto vyčlenenej zóne vo všetkých obciach, ktorých rizikový stupeň je 2 alebo 3, v ideálnom prípade aj v obciach s rizikovým stupňom 1.

Hodnotenie pomocou Metódy integrovaného posúdenia má za cieľ vymedziť oblasti, kde je potrebné zamerať opatrenia na zlepšenie kvality ovzdušia. Vzhľadom na rozmiestnenie zdrojov znečisťovania vzdušia a s ohľadom na mikroklimatické charakteristiky územia je pravdepodobné, že na rizikovej oblasti sa miera znečistenia na rôznych lokalitách líši. Predstavu o priestorovom rozložení znečistenia ovzdušia poskytujú výsledky modelovania s vysokým rozlíšením, ktoré sú postupne dopĺňané na web stránke⁸.

⁶ Štefánik, D., Krajčovičová, J.: *Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia*, Slovenský hydrometeorologický ústav, 2023, dostupné na <https://www.shmu.sk/sk/?page=996>

⁷ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2768>

⁸ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2699>

5 ZHRNUTIE

V roku 2022 bolo v aglomerácii Košice (územie mesta Košice a obcí Veľká Ida, Haniska, Bočiar a Sokoľany) zaznamenané prekročenie limitnej hodnoty pre priemernú dennú koncentráciu PM_{10} , pre priemernú ročnú koncentráciu $PM_{2,5}$ a prekročenie cieľovej hodnoty pre benzo(a)pyrén (všetky na monitorovacej stanici Veľká Ida, Letná). Nebolo tu namerané prekročenie limitnej hodnoty pre SO_2 , NO_2 , CO a benzén.

Aglomerácia Košice patrí dlhodobo medzi problémové oblasti z hľadiska kvality vzdušia. Problémom sú najmä emisie benzo(a)pyrénu z výroby koksu, v menšej miere k nim prispieva aj vykurovanie domácností tuhým palivom.

V zóne Košický kraj nebolo v roku 2022 namerané prekročenie limitnej hodnoty pre SO_2 , NO_2 , CO a benzén, ani prekročenie limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{10} a $PM_{2,5}$. Počet dní s priemernou dennou koncentráciou PM_{10} nad $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ bol pod povoleným limitom.

Cieľová hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu benzo(a)pyrénu bola prekročená v Krompachoch.

Na základe výsledkov matematického modelovania môžeme predpokladať, že v niektorých oblastiach (**Obr. 4.1 – Obr. 4.4**) sa vyššie hodnoty PM a benzo(a)pyrénu môžu vyskytovať najmä v zimných mesiacoch v lokalitách s vyšším podielom tuhých palív na vykurovaní domácností, a to najmä pri zhoršených rozptylových podmienkach.

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SR 2022

PRÍLOHA

HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE NITRIANSKY KRAJ

1	POPIS ÚZEMIA NITRIANSKEHO KRAJA Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA.....	2
2	MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE NITRIANSKY KRAJ	3
3	ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE NITRIANSKY KRAJ	5
3.1	Tuhé častice PM ₁₀ a PM _{2,5}	6
3.2	Oxid dusičitý	8
3.3	Ozón	9
3.4	Benzo(a)pyrén	10
3.5	Rizikové oblasti.....	11
3.6	Zhrnutie.....	11

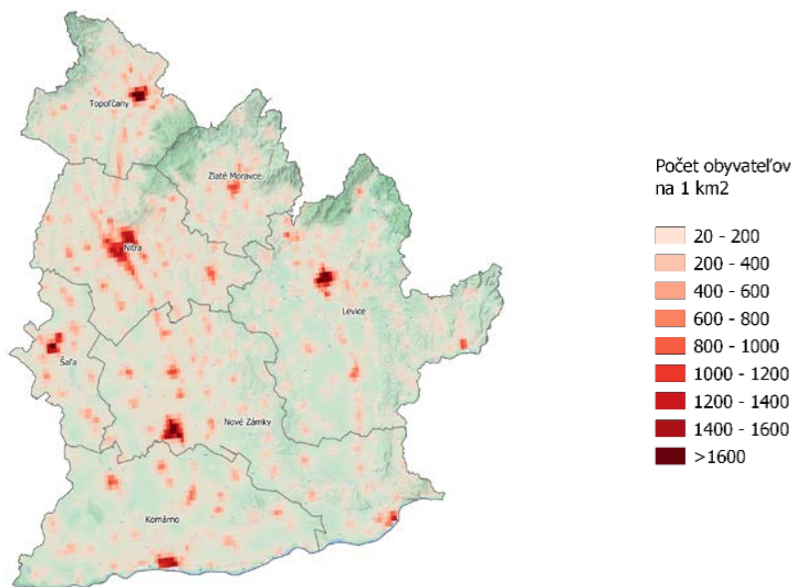


1 POPIS ÚZEMIA NITRIANSKEHO KRAJA Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA

Nitriansky kraj sa z väčšej časti rozkladá na Podunajskej nížine, čiastočne sem zasahujú pohoria Považský Inovec, Trábeč, Pohronský Inovec a Štiavnické vrchy. Najvyšším bodom je Panská Javorina (943 m n. m.) v severnom cípe zóny, najnižšia nadmorská výška v Nitrianskom kraji dosahuje okolo 100 m n. m. Oblasť kraja je z väčšej časti dobre ventilovaná. **Obr. 1.1** znázorňuje priestorové rozloženie hustoty osídlenia v zóne.

Celý Nitriansky kraj je z hľadiska hodnotenia kvality ovzdušia jednou zónou pre SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, benzén, polycyklické aromatické uhľovodíky a CO v ovzduší.

Obr. 1.1 Rozloženie hustoty obyvateľstva v zóne Nitriansky kraj (Zdroj: EUROSTAT, 2018).



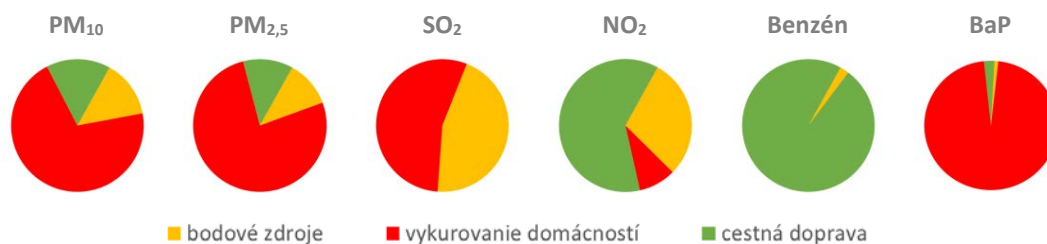
Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Nitriansky kraj

Dominantným zdrojom znečisťovania ovzdušia v Nitrianskom kraji je cestná doprava. Pre vykurovanie domácností sa využíva najmä zemný plyn, podiel tuhých palív je v porovnaní s ostatnými zónami nižší, s výnimkou hornatejšej oblasti na severe kraja (podľa údajov zo sčítania obyvateľstva).

Charakteristika cestnej dopravy: najfrekvencovanejšia je rýchlostná cesta R1 na úseku pred Nitrou z Trnavy s priemerným denným počtom 28 785 vozidiel (5 582 nákladných a 23 154 osobných áut), úsek cesty č. 64 v Nitre (23 436 vozidiel, 3 503 nákladných a 19 798 osobných áut), úsek cesty č. 63 spájajúcej Veľký Meder a Komárno (21 847 vozidiel, v tom 2 171 nákladných a 19 573 osobných áut), úsek cesty č. 75 zo Šaľe do Nových Zámok (20 019 vozidiel, 2 848 nákladných a 17 045 áut), cesta č. 51 prechádzajúca Levicami (17 367 vozidiel, 2 162 nákladných a 15 146 osobných áut) a rýchlostná cesta R1 pri Zlatých Moravciach 17 998 vozidiel (z toho 4 119 nákladných a 13 802 osobných áut)¹.

¹ <https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinerstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/nitriansky-kraj.ssc>

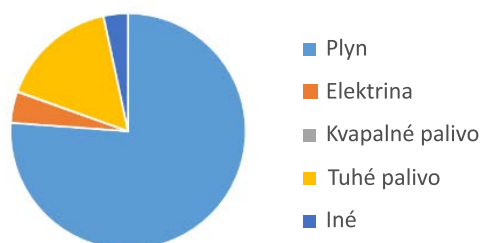
Obr. 1.2 Podiel rôznych druhov zdrojov znečisťovania ovzdušia na celkových emisiách v zóne Nitriansky kraj.



Poznámka: Stredné a veľké zdroje znečisťovania ovzdušia evidované v databáze NEIS sú označené pre tento účel ako „bodové zdroje“.

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia sú tu z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné. V závislosti od meteorologických podmienok sa v Nitrianskom kraji môže prejavíť vplyv chemického priemyslu.

Obr. 1.3 Podiel rôznych druhov palív na vykurovaní rodinných domov ².



Pre vykurovanie rodinných domov v zóne je podľa údajov z SODB 2021 využívaný najmä zemný plyn. Podiel tuhých palív je o niečo vyšší ako v Bratislavskom a Trnavskom kraji. Tuhé palivá sa pravdepodobne viac používajú vo vidieckom type osídlenia s dobrou dostupnosťou palivového dreva.

2 MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE NITRIANSKY KRAJ

V Nitrianskom kraji sa kvalita ovzdušia monitoruje na 4 staniciach. Monitorovacia stanica Nitra, Štúrova odráža vplyv cestnej dopravy cca 100 metrov od kruhového objazdu, predmestská pozadová stanica sa nachádza na juhovýchodnom okraji mesta Nitry v mestskej časti Nitra, Janíkovce v areáli školy a reprezentuje oblasť predmestského pozadia. Smerom na juhovýchod cca 500 m od monitorovacej stanice sa nachádza letisko s nepravidelnou prevádzkou.

V roku 2021 pribudla v Nitrianskom kraji monitorovacia stanica v Plášťovciach a Komárne, ktorá doplnila merania kvality ovzdušia v južnej časti Podunajskej nížiny. AMS je umiestnená na sídlisku na ulici Veľká Okružná, v lokalite charakterizujúcej mestské pozadové znečistenie ovzdušia.

Plášťovce sú stredne veľkou obcou so zástavbou prevažne rodinných domov. Obec leží na východnej časti Nitrianskeho kraja v okrese Levice. Prúdenie vzduchu je ovplyvnené zvláštnym tvarom terénu, ktorý sa smerom na juh zvažuje a otvára, čo ovplyvňuje šírenie a rozptyl znečisťujúcich látok v ovzduší. Stanica monitoruje pozadové hodnoty znečistenia v oblasti predmestského typu.

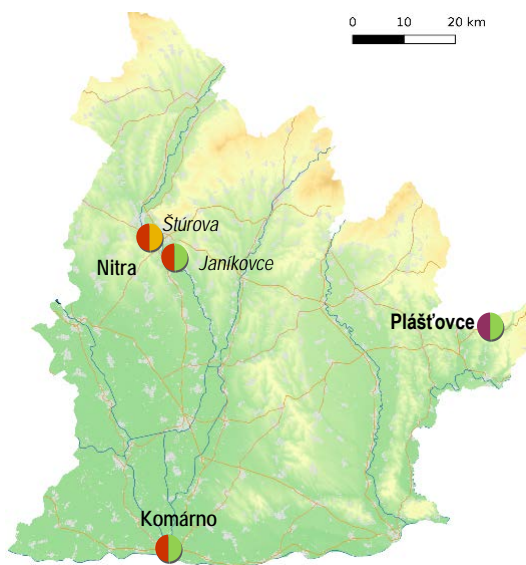
² <https://www.scitanie.sk>

Tabuľka **Tab. 2.1** obsahuje informácie o monitorovacích staniciach kvality ovzdušia v zóne Nitriansky kraj:

- medzinárodný Eol kód, charakteristiku stanice podľa dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia (dopravná, poľaďová, priemyselná), typ oblasti, ktorú daná stanica monitoruje (mestská, predmestská, vidiecka/regionálna) a geografické súradnice;
- monitorovací program. Automatické prístroje kontinuálneho monitoringu poskytujú priemerné hodinové koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5}, oxidov dusíka, oxidu siričitého, ozónu, oxidu uhoľnatého a benzénu. Skúšobné laboratórium SHMÚ v rámci manuálneho monitoringu analyzuje polycyklické aromatické uhľovodíky, výsledkom sú priemerné 24-hodinové hodnoty.

Tab. 2.1 Monitorovací program kvality ovzdušia v zóne Nitriansky kraj.

Zóna Nitriansky kraj							Merací program												
Okres	Kód Eol	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Kontinuálne							Manuálne				
			oblasti	stanice	dĺžka	Šírka		PM ₁₀	PM _{2,5}	NO, NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP		
Nitra	SK0269A	Nitra, Štúrova	U	T	18°04'37"	48°18'34"	143												
Nitra	SK0134A	Nitra, Janíkovce	S	B	18°08'27"	48°16'59"	149												
Komárno	SK0064A	Komárno, Vnútoraná Okružná	U	B	18°08'19"	47°45'51"	110												
Levice	SK0070A	Plášťovce	S	B	18°58'42"	48°09'35"	149												
Spolu							4	4	4	1	3	1	1	0	0	2			



Typ oblasti:

- U – mestská
- S – predmestská
- R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice:

- B – poľaďová
- T – dopravná
- I – priemyselná

3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE NITRIANSKY KRAJ

Táto kapitola obsahuje zhodnotenie kvality ovzdušia v zóne Nitriansky kraj na základe monitorovania, doplnené o výsledky matematického modelovania pre PM₁₀, PM_{2,5} a benzo(a)pyrén za rok 2022.

Tab. 3.1 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia ľudí a smogového varovného systému pre PM₁₀ v zóne Nitriansky kraj – 2022.

Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia										IP ²⁾	VP ²⁾
	SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	PM ₁₀		
	1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok	12 h	12 h	
Parameter	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	priemer	počet prekročení	priemer	priemer	priemer	priemer	trvanie prekročenia [h]	trvanie prekročenia [h]	
Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	350	125	200	40	50	40	20	10 000	5	100	150	
Maximálny počet prekročení	24	3	18		35							
Nitra, Janíkovce			0	9	1	17	11			0	0	
Nitra, Štúrova	0	0	0	22	2	22	13	1 621	0,46	0	0	
Komárno, Vnútorná Okružná			0	13	12	24	14			9	0	
Plášťovce			0	7	36	27	22			17	0	

≥90 % platných meraní

Červenou farbou je vyznačené prekročenie limitnej hodnoty.

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

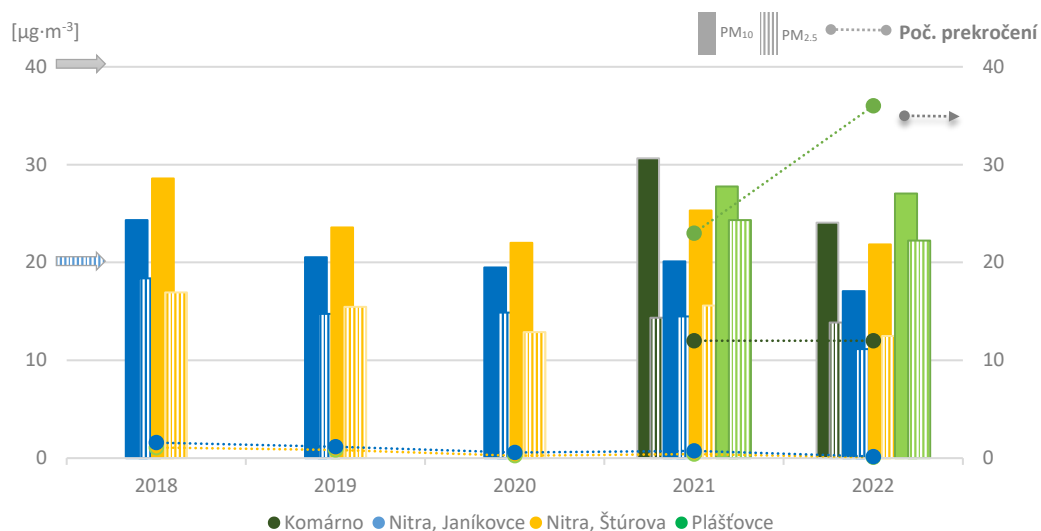
²⁾ IP, VP – trvanie prekročenia (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) pre PM₁₀

V súlade s Vyhláškou MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov bol na monitorovacích staniciach vyžadovaný podiel platných hodnôt dodržaný.

3.1 Tuhé častice PM₁₀ a PM_{2,5}

Obr. 3.1 zobrazuje priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet dní s priemernou dennou koncentraciou PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³ podľa výsledkov meraní na monitorovacích staniciach v zóne Nitriansky kraj v roku 2022.

Obr. 3.1 Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀.



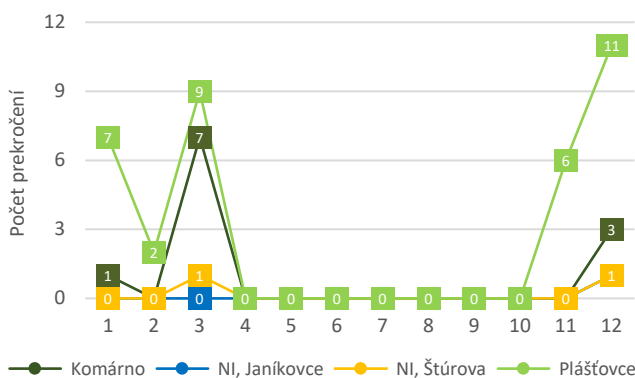
Počet prekročení – zachytáva denné priemerné koncentrácie vyššie ako 50 µg·m⁻³.

Šípky znázorňujú limitné hodnoty, **modrá pruhovaná** PM_{2,5} (priemerná ročná koncentrácia < 20 µg·m⁻³); **šedá plná** PM₁₀ (priemerná ročná koncentrácia < 40 µg·m⁻³); **šedá bodkovaná vpravo** počet prekročení (priemerná denná koncentrácia PM₁₀ 50 µg·m⁻³ sa nesmie prekročiť viac než 35-krát za kalendárny rok).

■ Tuhé častice PM₁₀

Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ (40 µg·m⁻³) v zóne Nitriansky kraj nebola prekročená. Počet prekročení (35) priemernej dennej limitnej koncentrácie PM₁₀ (50 µg·m⁻³) presiahla len požadová stanica Plášťovce (36 prekročení) (**Obr. 3.1**). Dve pred/mestské požadové stanice Plášťovce (priemerná ročná koncentrácia 27 µg·m⁻³ a 36 prekročení) a Komárno (24 µg·m⁻³ a 12 prekročení) zaznamenali vyššie hodnoty týchto dvoch ukazovateľov PM₁₀ ako dopravná stanica Nitra, Štúrova (22 µg·m⁻³ a 2 prekročení). Predmestská požadová stanica Nitra, Janíkovce namerala výrazne nižšie koncentrácie PM₁₀ (17 µg·m⁻³ a 1 prekročenie).

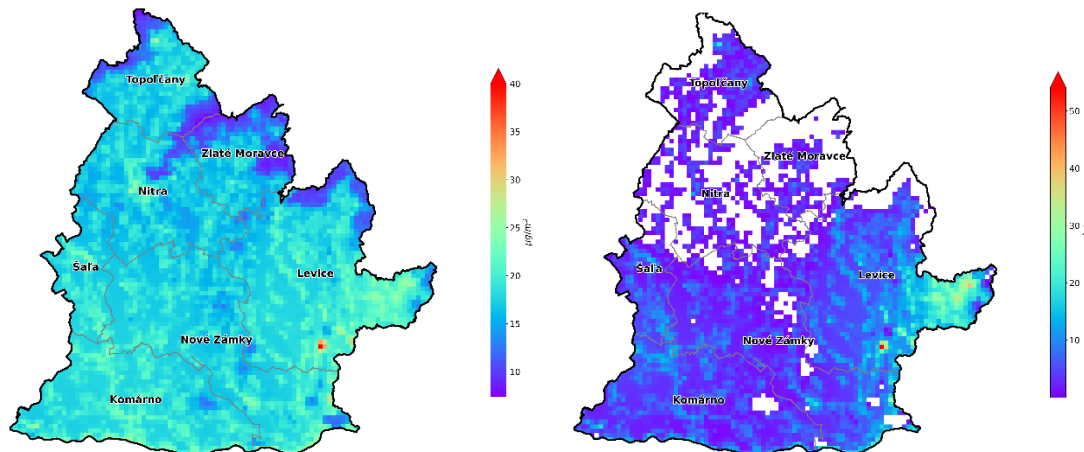
Obr. 3.2 Počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀ za jednotlivé mesiace v roku 2022.



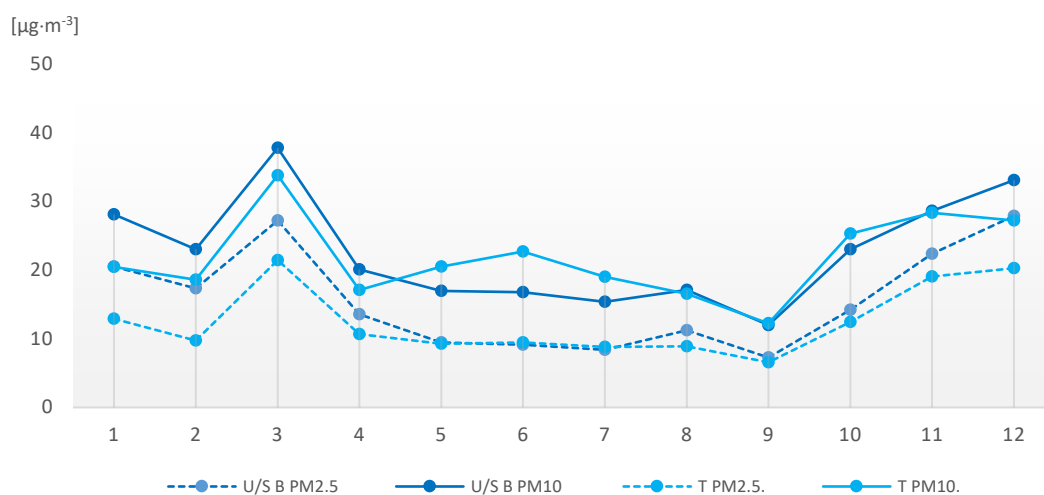
Obr. 3.2 zachytáva počet prekročení priemernej dennej limitnej koncentrácie PM₁₀ za jednotlivé mesiace v roku. Všetky prekročenia sú sústredené v chladných mesiacoch s potrebou vykurovania.

Na **Obr. 3.3** a **Obr. 3.5** sú výsledky modelovania pre PM_{10} a $PM_{2,5}$ vypočítané pre rok 2022 pomocou modelu RIO upraveného následne pomocou regresnej IDW-R metódy (podrobnejšie v Kapitole 4 *Správy o kvalite ovzdušia v SR za rok 2022*).

Obr. 3.3 Priemerná ročná koncentrácia PM_{10} (vľavo) a počet prekročení limitnej dennej hodnoty PM_{10} (vpravo) v roku 2022.



Obr. 3.4 Priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} a $PM_{2,5}$ v Nitrianskom kraji podľa typu stanice.



U/S B PM_{10} a U/S B $PM_{2,5}$ – priemer mesačných koncentrácií PM_{10} a $PM_{2,5}$ na mestských/predmestských pozadových staniciach Nitra, Janíkovce; Komárno a Plášťovce; **T PM_{10} a T $PM_{2,5}$** – priemerná mesačná koncentrácia PM_{10} a $PM_{2,5}$ na dopravnej stanici Nitra, Štúrova.

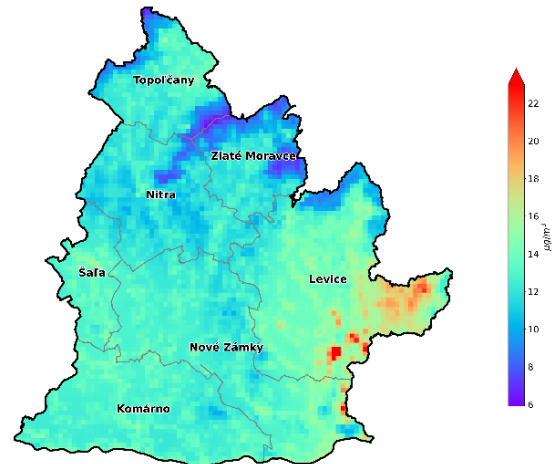
Na grafe priemerných mesačných koncentrácií PM_{10} a $PM_{2,5}$ (**Obr. 3.4**) vidíme pre všetky stanice podobný priebeh. Dopravná stanica v Nitre mala vyššie mesačné koncentrácie ako je priemer pozadových staníc (mestských a predmestských) len v letných mesiacoch a v októbri. Vplyv vykurovania domácností tuhým palivom, ktorý sa prejaví v náraste koncentrácií v chladnej časti roka, bol najvýraznejší na stanici Plášťovce, ktorá začala merať v r. 2021.

■ Tuhé častice PM_{2,5}

Zvýšené koncentrácie jemných častíc PM_{2,5} v ovzduší sú rizikové najmä pre ich nepriaznivý vplyv na ľudské zdravie. Plášťovce zaznamenali prekročenie limitnej hodnoty (20 µg·m⁻³) pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{2,5} (22 µg·m⁻³). Na oboch staniciach v Nitre (Štúrova aj Janíkovce) dosiahol tento ukazovateľ podobné hodnoty (13 µg·m⁻³ a 11 µg·m⁻³) (Tab. 3.1), čo znamenalo výrazné medziročné zníženie priemernej ročnej koncentrácie PM_{2,5} (v r. 2021 to bolo 16 µg·m⁻³ a 14 µg·m⁻³). Vysoké koncentrácie týchto častíc sme zaznamenali v chladných mesiacoch roka (Obr. 3.4) na stanici Plášťovce, ktorá začala merať v r. 2021. Dôvodom je pravdepodobne vykurovanie domácností tuhým palivom, ako už bolo spomenuté vyššie. Na všetkých staniciach bola priemerná ročná koncentrácia vyššia ako odporúčania WHO³ (do 5 µg·m⁻³), pričom toto odporúčanie nebolo splnené ani v žiadnom mesiaci roka, vrátane letných, v ktorých bývajú koncentrácie PM_{2,5} najnižšie.

Mapa na Obr. 3.5 zobrazuje priestorové rozloženie priemerných ročných koncentrácií PM_{2,5} podľa výstupu modelu RIO v kombinácii s IDW-R.

Obr. 3.5 Priemerné ročné koncentrácie PM_{2,5} v roku 2022.

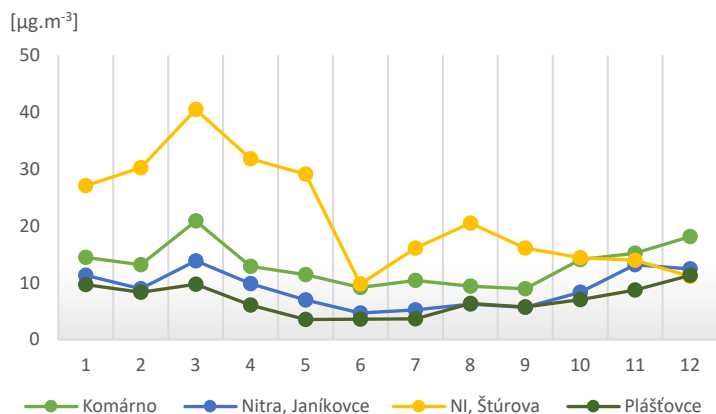


3.2 Oxid dusičitý

Monitoring oxidu dusičitého prebieha v zóne na štyroch staniciach, priemerné mesačné hodnoty pre jednotlivé stanice zachytáva Obr. 3.6.

Hlavným zdrojom emisií NO₂ je cestná doprava. Najvyššie koncentrácie z tohto dôvodu zaznamenávame na dopravnej stanici Nitra, Štúrova, ani tu však priemerná ročná hodnota (22 µg·m⁻³, čo predstavuje výrazné medziročné zníženie, keďže v r. 2021 to bolo 27 µg·m⁻³) neprekročila limitnú hodnotu (40 µg·m⁻³). Koncentrácie NO₂ v zóne si okrem stanice Nitra, Štúrova celý rok udržiavajú relatívne konštantnú úroveň bez sezónnych výkyvov, čo ilustruje Obr. 3.6. Celkovo sú na relatívne nízkej úrovni. Koncentrácia nameraná na stanici Nitra, Janíkovce spĺňa odporúčania WHO (10 µg·m⁻³), ktoré sú všeobecne výrazne prísnejšie než limity EÚ.

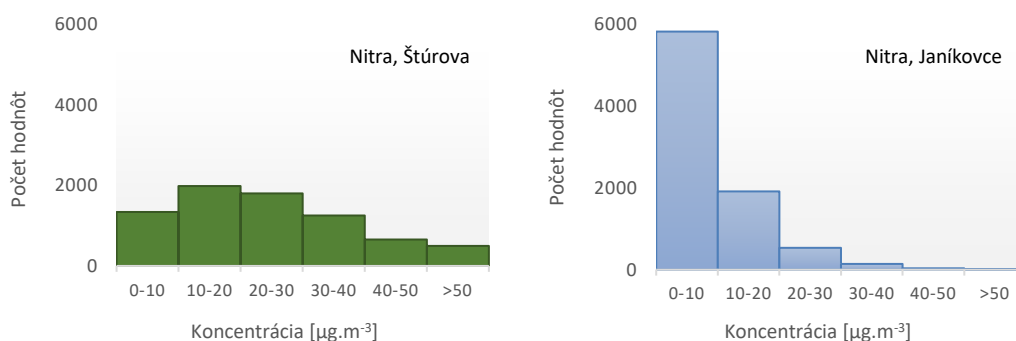
Obr. 3.6 Priemerné mesačné koncentrácie NO₂.



³ WHO GLOBAL AIR QUALITY GUIDELINES, 2021. Recommendations on classical air pollutants. (str. 4) <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345334/9789240034433-eng.pdf>

Obr. 3.7 znázorňuje rozdielne rozvrstvenie početností hodinových koncentrácií NO₂ na dvoch typoch staníc v Nitre – dopravnej na Štúrovej ul. a predmestskej pozadiaovej v Janíkovciach. Kým na dopravnej stanici sme namerali 153 hodnôt vyšších ako 50 µg·m⁻³, na pozadiaovej stanici v Janíkovciach len jednu.

Obr. 3.7 Histogram hodinových koncentrácií NO₂ na staniciach Nitra, Štúrova a Janíkovce.

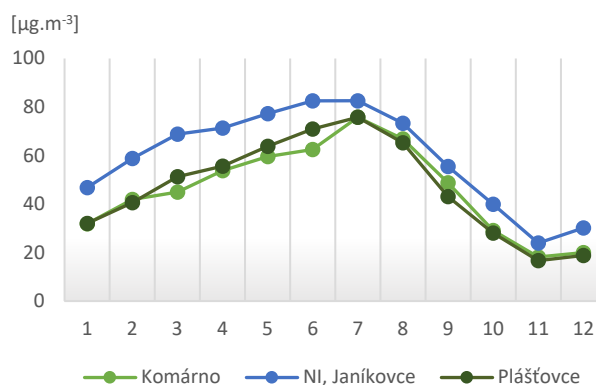


3.3 Ozón

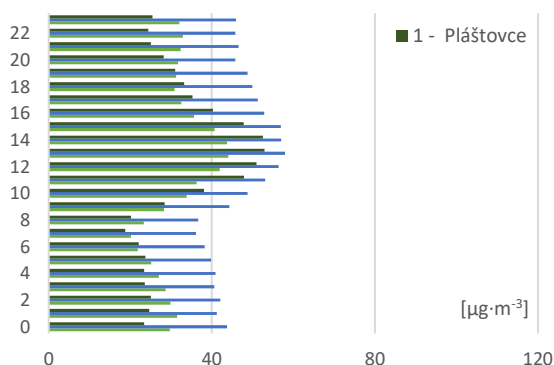
Monitoring ozónu prebieha v tejto zóne na troch monitorovacích staniciach Komárno, Plášťovce a Nitra, Janíkovce.

Najvyššie koncentrácie prízemného ozónu sa vyskytujú spravidla v teplých mesiacoch s vysokou intenzitou slnečného svitu (**Obr. 3.8**). Na obrázku **Obr. 3.9** a **Obr. 3.10** je znázornený tzv. denný chod koncentrácie O₃. Z neho je zrejmé, že koncentrácie stúpajú s východom slnka, vrchol dosahujú okolo poludnia a vo večerných hodinách postupne klesajú na minimum, ktoré sa vyskytuje nadržanom. Veľké rozdiely v koncentráciách prízemného ozónu zaznamenávame tiež v teplom a chladnom období.

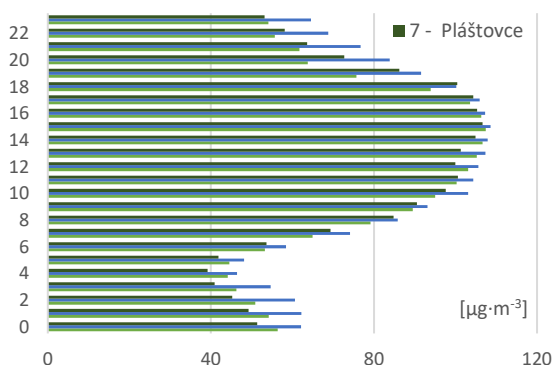
Obr. 3.8 Priemerné mesačné koncentrácie O₃ v r. 2022.



Obr. 3.9 Denný chod koncentrácie O₃ v januári 2022.



Obr. 3.10 Denný chod koncentrácie O₃ v júli 2022.



Na žiadnej stanici v zóne sme v roku 2022 nezaznamenali žiadne prekročenia informačného ani výstražného prahu prízemného ozónu.

3.4 Benzo(a)pyrén

Benzo(a)pyrén sa v zóne Nitriansky kraj monitoruje na dvoch monitorovacích stanicích – v Nitre na Štúrovej ulici a v Plášťovciach. Ročný priebeh koncentrácií má v porovnaní s PM časticami ešte výraznejšie maximum v chladnom polroku (**Obr. 3.11**).

Merania benzo(a)pyrénu v Plášťovciach síce dosiahli pre poruchu prístroja 88 %-ný podiel platných údajov (požadovaných je 90 %), ich rozloženie počas roku nám však umožňuje s vysokou pravdepodobnosťou predpokladať, že cieľová hodnota bola v Plášťovciach prekročená (**Tab. 3.2**). Rozloženie údajov počas ročných období bolo približne rovnomerné.

Najvýraznejším zdrojom benzo(a)pyrénu je vykurovanie domácností tuhým palivom, najmä nedostatočne vysušeným drevom, resp. nevhodným palivom (rôzne druhy odpadu). **Obr. 3.12** znázorňuje priestorové rozloženie priemernej ročnej koncentrácie benzo(a)pyrénu podľa výstupov modelu RIO v kombinácii s IDW-R. Pre získanie detailnejších výstupov je potrebné matematické modelovanie s vysokým priestorovým rozlíšením a detailným časovým a priestorovým rozložením emisií. V oblastiach s vysokým podielom tuhých palív pri vykurovaní domácností a nepriaznivými rozptylovými podmienkami v zimných mesiacoch predstavuje znečistenie ovzdušia benzo(a)pyrénom potenciálny problém.

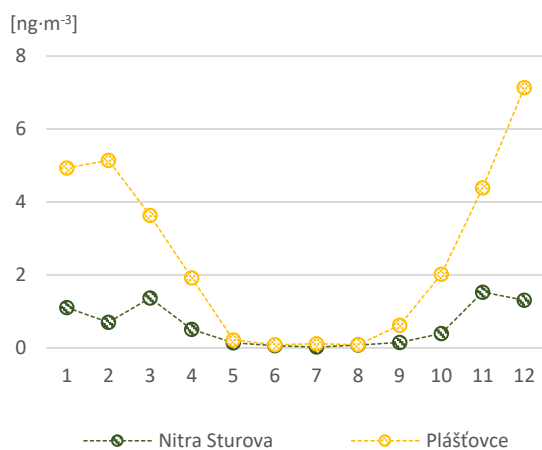
Tab. 3.2 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Cieľová hodnota [ng·m ⁻³]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Nitra, Štúrova	1,3	0,9	0,8	0,6	0,8	0,6
Plášťovce					2,2	*2,4

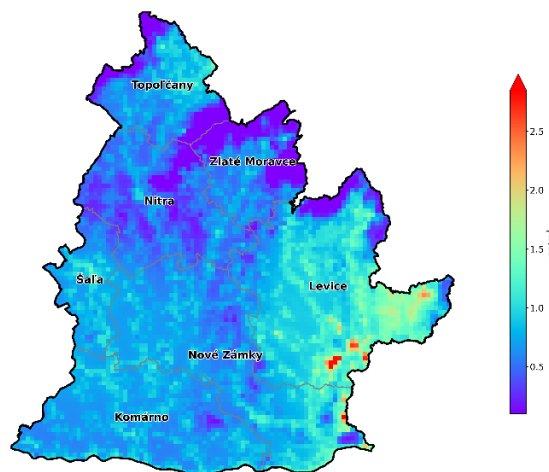
≥ 90 % platných meraní

* porucha od 11.3. do konca marca a od 6. 6. do 5. 7. 2022

Obr. 3.11 Výsledky meraní benzo(a)pyrénu v roku 2022.



Obr. 3.12 Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu podľa výstupu modelu RIO, IDW-R (2022).



3.5 Rizikové oblasti

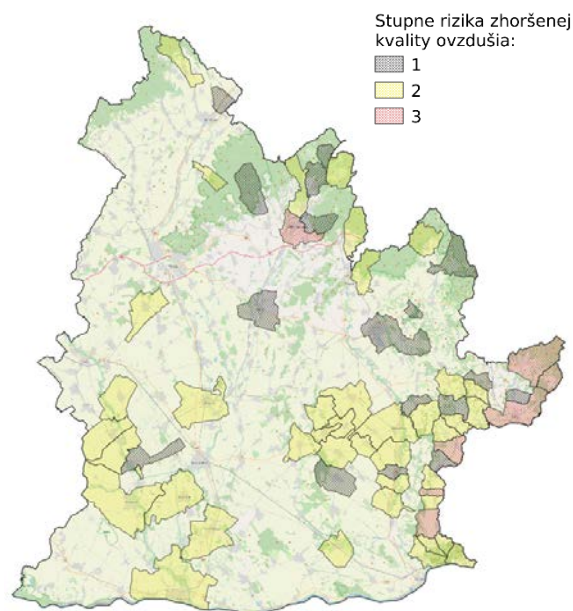
Obr. 3.13 zobrazuje obce ohrozené zhoršenou kvalitou ovzdušia, určené Metódou integrovaného posúdenia obcí⁴. Stupeň 3 zodpovedá najvyššej pravdepodobnosti ohrozenia znečistením ovzdušia. Metodika zahŕňa mieru vykurovania domácností tuhým palivom, vplyv zhoršených rozptylových podmienok z krátkodobého aj dlhodobého hľadiska, výsledky chemicko-transportného modelu CMAQ, interpolačného modelu RIO a výsledky modelovania s vysokým rozlíšením modelom CALPUFF na vybraných doménach s predpokladom zhoršenej kvality ovzdušia.

Obciam, na území ktorých bola podľa modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením prekročená limitná hodnota pre PM, NO₂ alebo cieľová hodnota pre BaP, bol automaticky priradený rizikový stupeň 3, podobne ako obciam, kde bolo prekročenie limitnej či cieľovej hodnoty zistené meraním. Zoznam obcí a ich rizikových stupňov je na web stránke SHMÚ⁵.

Zóny a aglomerácie, ktoré obsahujú aspoň jednu obec s rizikovým stupňom 3, vypracujú Program na zlepšenie kvality ovzdušia. V tomto zmysle zodpovedajú obce s rizikovým stupňom 3 oblastiam riadenia kvality ovzdušia. Opatrenia na zníženie emisií však musia byť vykonané v takto vyčlenenej zóne vo všetkých obciach, ktorých rizikový stupeň je 2 alebo 3, v ideálnom prípade aj v obciach s rizikovým stupňom 1.

Hodnotenie pomocou Metódy integrovaného posúdenia má za cieľ vymedziť oblasti, kde je potrebné zamerať opatrenia na zlepšenie kvality ovzdušia. Vzhľadom na rozmiestnenie zdrojov znečisťovania vzdušia a s ohľadom na mikroklimatické charakteristiky územia je pravdepodobné, že v rizikovej oblasti sa miera znečistenia na rôznych lokalitách líši. Predstavu o priestorovom rozložení znečistenia ovzdušia poskytujú výsledky modelovania s vysokým rozlíšením, ktoré sú postupne doplňané na web stránke SHMÚ⁶.

Obr. 3.13 Rizikové obce v Nitrianskom kraji (2022).



3.6 Zhrnutie

V roku 2022 v zóne Nitriansky kraj nebolo namerané prekročenie limitnej hodnoty pre SO₂, NO₂, CO a benzén, ani prekročenie limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀. Limitnú hodnotu pre počet prekročení PM₁₀ v roku (maximálne 35 prekročení) presiahla stanica Plášťovce (36 prekročení). Táto stanica zároveň namerala priemernú ročnú koncentráciu PM_{2,5} (22 µg·m⁻³), čo znamenalo takisto prekročenie limitnej hodnoty (20 µg·m⁻³).

Cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén podľa meraní v roku 2022 bola s vysokou pravdepodobnosťou prekročená na stanici v Plášťovciach.

Hoci môžeme predpokladať, že v zóne Nitriansky kraj sa vyššie koncentrácie PM a benzo(a)pyrénu budú vyskytovať najmä v zimných mesiacoch aj v ďalších oblastiach, charakter kraja je prevažne rovinný a vyznačuje sa zväčša dobrou ventiláciou. Problematické môžu byť oblasti s nepriaznivými rozptylovými podmienkami a vysokým podielom tuhých palív pri vykurovaní domácností.

⁴ Štefánik, D., Krajčovičová, J.: *Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia*, Slovenský hydrometeorologický ústav, 2023, dostupné na <https://www.shmu.sk/sk/?page=996>

⁵ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2768>

⁶ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2699>

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SR 2022

PRÍLOHA

HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE PREŠOVSKÝ KRAJ

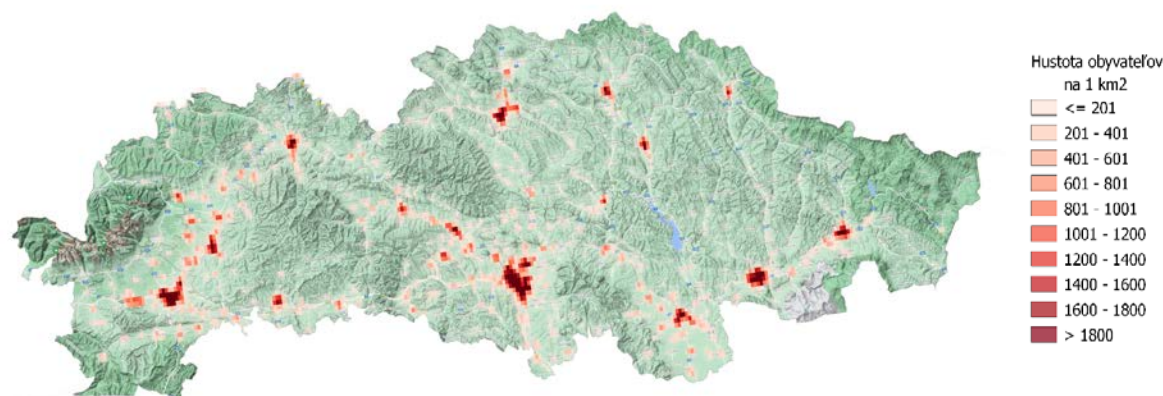
1	POPIS ÚZEMIA PREŠOVSKÉHO KRAJA Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA	2
2	MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE PREŠOVSKÝ KRAJ	3
3	ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE PREŠOVSKÝ KRAJ	6
3.1	Tuhé častice PM ₁₀ a PM _{2,5}	7
3.2	Oxid dusičitý	9
3.3	Ozón	10
3.4	Benzo(a)pyrén	11
3.5	Chemické zloženie zrážok	12
3.6	Rizikové oblasti	12
3.7	Zhrnutie	13

1 POPIS ÚZEMIA PREŠOVSKÉHO KRAJA Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA

Prešovský kraj sa vyznačuje prevažne hornatým reliéfom, najvyšším bodom je Gerlachovský štít – výška 2 655 m n. m., najnižší bod má nadmorskú výšku 109 m. Jeho územie zaberajú prevažne vonkajšie Karpaty (Spišská Magura, Podtatranská brázda, Spišsko-šarišské medzihorie, Levočské vrchy, Bachureň, Šarišská vrchovina, Pieniny, Ľubovnianska vrchovina, Čergov, Busov, Ondavská a Laborecká vrchovina, Beskydské predhorie a Bukovské vrchy). Vysoké Tatry, naše najvýznamnejšie pohorie, patria k vnútorným Karpatom. **Obr. 1.1** znázorňuje priestorové rozloženie hustoty osídlenia v zóne.

Celý Prešovský kraj je z hľadiska hodnotenia kvality ovzdušia jednou zónou pre SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, benzén, polycyklické aromatické uhľovodíky a CO v ovzduší.

Obr. 1.1 Rozloženie hustoty obyvateľstva v zóne Prešovský kraj (Zdroj: EUROSTAT, 2018).



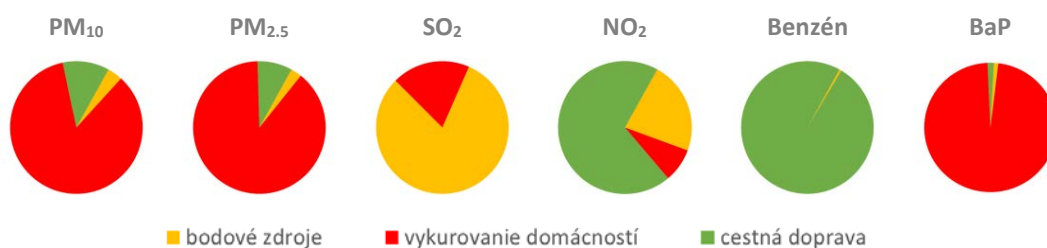
Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Prešovský kraj

Dominantným zdrojom znečisťovania ovzdušia v zóne Prešovský kraj je vykurovanie domácností, najmä v menších obciach v hornatej časti územia, kde je najvyšší podiel využitia palivového dreva v porovnaní s ostatnými oblasťami kraja.

Ďalším zdrojom emisií je cestná doprava. Na základe posledného celoštátneho sčítania dopravy v r. 2015 vieme, že cestou č.18 v okrese Prešov prechádza v priemere denne 30 731 vozidiel (4 025 nákladných a 26 528 osobných áut) – čo je najviac v kraji. Veľmi frekventovanou v tomto okrese je aj cesta č. 3450 (23 597 vozidiel, z toho 3 009 nákladných a 20 518 osobných). Pre porovnanie – vyťaženosť diaľnice D1 v kraji je nižšia, s maximom 16 560 vozidiel (4 002 nákladných a 12 527 osobných áut) v okrese Prešov. Iné cesty s hustou premávkou – v okrese Poprad cesta č. 3080 s 21 639 vozidlami v dennom priemere (1 573 nákladných a 19 997 osobných áut) a cesta č. 67 s 21 488 vozidlami (1 378 nákladných a 20 058 osobných áut), v okrese Humenné cesta č. 74 s 18 790 vozidlami (1 481 nákladných a 17 213 osobných áut), v okrese Bardejov cesta č. 77 s 19 833 vozidlami (2 315 nákladných a 17 441 osobných áut), v okrese Humenné cesta č. 74 s 18 790 vozidlami (1 481 nákladných a 17 213 osobných áut), v okrese Vranov nad Topľou cesta č. 18 s 17 371 vozidlami (2 958 nákladných a 14 340 osobných áut) a v okrese Kežmarok cesta č. 67 s 17 095 vozidlami (2 306 nákladných a 14 733 osobných áut) ¹.

¹ <https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinerstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/%20presovsky-kraj.ssc>

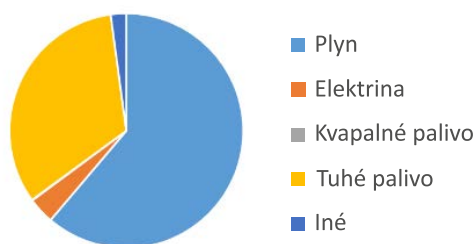
Obr. 1.2 Podiel rôznych druhov zdrojov znečisťovania ovzdušia na celkových emisiách v zóne Prešovský kraj.



Poznámka: Stredné a veľké zdroje znečisťovania ovzdušia evidované v databáze NEIS sú označené pre tento účel ako „bodové zdroje“.

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Prešovský kraj sú z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné. V závislosti od meteorologických podmienok sa tu môže prejavíť vplyv drevospracujúceho priemyslu a teplární.

Obr. 1.3 Podiel rôznych druhov palív na vykurovaní rodinných domov².



Pre vykurovanie rodinných domov v zóne je podľa údajov zo SODB 2021 využívaný zväčša zemný plyn, najmä vo väčších mestách. Podiel tuhých palív je vyšší ako napríklad v Trnavskom a Nitrianskom kraji. Tuhé palivá sa pravdepodobne viac používajú vo vidieckom type osídlenia s dobrou dostupnosťou palivového dreva. Najvyšší podiel tuhých palív v zóne majú podľa SODB 2021 okresy Medzilaborce a Snina.

2 MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE PREŠOVSKÝ KRAJ

V Prešovskom kraji sa nachádza deväť monitorovacích staníc kvality ovzdušia, z toho štyri stanice (Stará Lesná, Gánovce, Starina a Kolonické sedlo) sú vidiecke pozadové. Tie monitorujú oblasti vzdialené od hlavných zdrojov znečisťovania ovzdušia a odrážajú vďaka rôznej nadmorskej výške zmenu znečistenia vo vertikálnom profile. Monitorovacie stanice v Starej Lesnej a v Starine sa riadia monitorovacím programom EMEP (<https://www.emep.int/>). Stanica na Kolonickom sedle sa nachádza pri Astronomickom observatóriu v nadmorskej výške 454 m n. m., vo východnej časti okresu Snina. Charakterizuje kvalitu ovzdušia v menej znečistenej oblasti. Monitoring kvality ovzdušia sa tu začal v roku 2009. Monitorovacia stanica v Prešove na ulici Arm. gen. L. Svobodu zachytáva vplyv cestnej dopravy na lokalite s relatívne vysokou intenzitou dopravy. Stanice v Humennom, Poprade, Vranove nad Topľou a v Bardejove reprezentujú mestské resp. predmestské pozadové znečistenie.

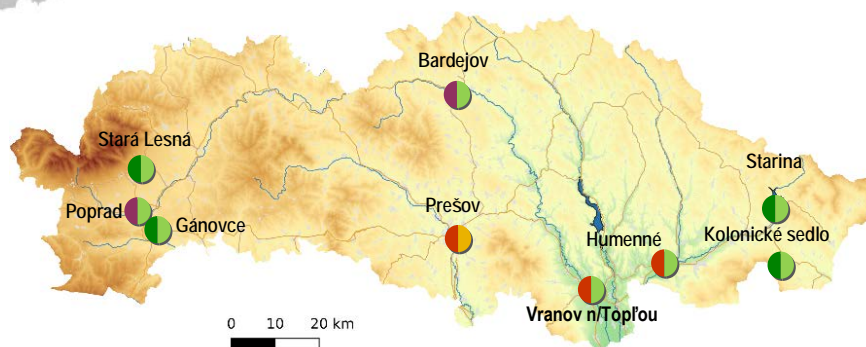
² <https://www.scitanie.sk>

Tabuľka **Tab. 2.1** obsahuje informácie o monitorovacích staniciach kvality ovzdušia v zóne Prešovský kraj:

- medzinárodný Eol kód, charakteristiku stanice podľa dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia (dopravná, pozad'ová, priemyselná), typ oblasti, ktorú daná stanica monitoruje (mestská, predmestská, vidiecka/regionálna) a geografické súradnice;
- monitorovací program. Automatické prístroje kontinuálneho monitoringu poskytujú priemerné hodinové koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5}, oxidov dusíka, oxidu siričitého, ozónu, oxidu uhoľnatého, benzénu a ortuti. Skúšobné laboratórium SHMÚ v rámci manuálneho monitoringu analyzuje ťažké kovy a polycyklické aromatické uhľovodíky. Výsledkom sú priemerné 24-hodinové hodnoty.

Tab. 2.1 Monitorovací program kvality ovzdušia v zóne Prešovský kraj.

Zóna Prešovský kraj								Merací program										
Okres	Kód Eol	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Kontinuálne							Manuálne			
			oblasti	stanice	dĺžka	Šírka		PM ₁₀	PM _{2,5}	NO, NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP	
Humenné	SK0037A	Humenné, Nám. Slobody	U	B	21°54'50"	48°55'51"	149											
Kežmarok	SK0004R	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	R	B	20°17'22"	49°09'05"	808										*	
Poprad	SK0041A	Gánovce, Meteo. st.	R	B	20°19'22"	49°02'05"	706											
Poprad	SK0069A	Poprad, Železničná	S	B	20°17'09"	49°03'42"	678											
Prešov	SK0266A	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu	U	T	21°16'00"	48°59'33"	252											
Snina	SK0006R	Starina, Vodná nádrž, EMEP	R	B	22°15'36"	49°02'34"	345										*	
Snina	SK0406A	Kolonické sedlo, Hvezdáreň	R	B	22°16'26"	48°56'06"	454											
Vranov n/Topľou	SK0031A	Vranov n/Topľou, M. R. Štefánika	U	B	21°41'15"	48°53'11"	133											
Bardejov	SK0074A	Bardejov, pod Vinbargom	S	B	21°16'38"	48°18'00"	263											
Spolu								7	7	7	1	5	1	1	1	2	2	



* Monitoring ťažkých kovov na staniciach Stará Lesná a Starina prebieha podľa monitorovacieho programu EMEP (Tab. 2.2)

Typ oblasti:
 U – mestská
 S – predmestská
 R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice:
 B – pozad'ová
 T – dopravná
 I – priemyselná

Monitorovacie stanice Stará Lesná a Starina charakterizujú regionálnu pozadovú úroveň znečistenia. Sú zaradené do monitorovacieho programu EMEP³, ktorý okrem rozšíreného monitoringu znečistenia ovzdušia pokrýva aj analýzu atmosférických zrážok.

Monitorovací program kvality ovzdušia na EMEP stanicach v roku 2022 uvádza **Tab. 2.2**. Ťažké kovy sa analyzujú z týždenných vzoriek (odber trvá 7 dní), ostatné látky sa analyzujú z 24-hodinových odberov.

Tab. 2.2 Merací program na EMEP stanicach Starina a Stará Lesná.

	Ozón (O ₃)	Oxid siričitý (SO ₂)	Oxidy dusíka (NO _x)	Sírany (SO ₄ ²⁻)	Dusičnany (NO ₃ ⁻)	Kyselina dusičná (HNO ₃)	Chloridy (Cl)	Amóniaki, amónne ióny (NH ₃ , NH ₄ ⁺)	Alkalické ióny (K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺)	VOC	PM ₁₀	EC/OC	Olovo (Pb)	Arzén (As)	Kadmium (Cd)	Nikel (Ni)	Chrómový (Cr)	Meď (Cu)	Zinok (Zn)
Starina	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Stará Lesná	X										X	X	X	X	X	X	X	X	X

Kvalita zrážok (pH, vodivosť, sírany, dusičnany, chloridy, amónne a alkalické ióny) sa analyzuje zo vzoriek odobraných na EMEP stanicach podľa monitorovacieho programu uvedeného v **Tab. 2.3** buď na báze dennej (Starina) alebo týždennej (Stará Lesná). Výsledkom analýz sú priemerné týždenné alebo mesačné hodnoty v závislosti od odberového intervalu.

Odberovým intervalom zrážok na analýzu ťažkých kovov je kalendárny týždeň na monitorovacej stanici Starina a kalendárny mesiac v Starej Lesnej. Na odber zrážok v Starej Lesnej a na Starine slúži zrážkometer typu „wet-only“, ktorý zachytáva iba zrážky (v období, keď sa zrážky nevyskytujú, sa uzavrie). Na základe analýz takto odobraných vzoriek sa hodnotí mokrá depozícia.

Tab. 2.3 Merací program zrážok na EMEP stanicach Starina a Stará Lesná.

	pH	Vodivosť	Sírany (SO ₄ ²⁻)	Dusičnany (NO ₃ ⁻)	Chloridy (Cl)	Amónne ióny (NH ₄ ⁺)	Alkalické ióny (K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺)	Olovo (Pb)	Arzén (As)	Kadmium (Cd)	Nikel (Ni)	Chrómový (Cr)	Meď (Cu)	Zinok (Zn)
Starina	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Stará Lesná	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

³ <https://www.emep.int/>

3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE PREŠOVSKÝ KRAJ

Táto kapitola obsahuje zhodnotenie kvality ovzdušia v zóne Prešovský kraj na základe monitorovania, doplnené o výsledky matematického modelovania pre PM₁₀, PM_{2,5} a benzo(a)pyrén za rok 2022.

Tab. 3.1 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia ľudí a smogového varovného systému pre PM₁₀ v zóne Prešovský kraj – 2022.

Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia									IP ²⁾	VP ²⁾
	SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	PM ₁₀	PM ₁₀
Doba spriemerovania	1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok	12 h	12 h
Parameter	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	príemer	počet prekročení	príemer	príemer	príemer	príemer	trvanie prekročenia [h]	trvanie prekročenia [h]
Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	350	125	200	40	50	40	20	10 000	5	100	150
Maximálny počet prekročení	24	3	18		35						
Gánovce, Meteo. st.			0	8							
Humenné, Nám. slobody			0	9	8	23	19			0	0
Prešov, Arm. gen. L. Svobodu			0	32	15	25	18	1 444	0,82	6	0
Vranov n/T, M. R. Štefánika	0	0			7	20	16			0	0
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP			0	4	0	11	8			0	0
Starina, Vodná nádrž, EMEP			0	3							
Kolonické sedlo, Hvezdáreň					1	15	11			0	0
Poprad, Železná			0	15	1	17	12			0	0
Bardejov, Pod Vinbargom			0	10	2	20	15			0	0

≥ 90 % platných meraní

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

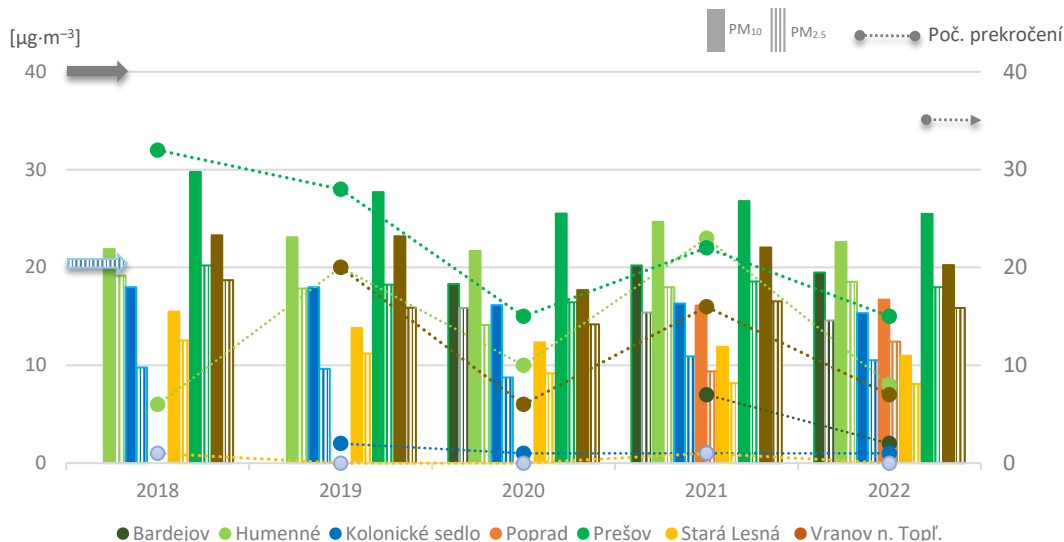
²⁾ IP, VP – trvanie prekročenia (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) pre PM₁₀

V súlade s Vyhláškou MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov bol na monitorovacích staniciach vyžadovaný podiel platných hodnôt dodržaný.

3.1 Tuhé častice PM₁₀ a PM_{2,5}

Obr. 3.1 zobrazuje priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet dní s priemernou dennou koncentraciou PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³ podľa výsledkov meraní na monitorovacích staniciach v zóne Prešovský kraj v roku 2022.

Obr. 3.1 Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀.



Počet prekročení – zachytáva denné priemerné koncentrácie PM₁₀ vyššie ako 50 µg·m⁻³;

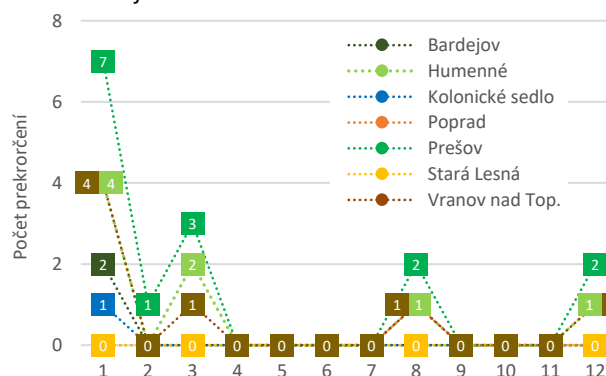
Šípky znázorňujú limitné hodnoty, **modrá pruhovaná** PM_{2,5} (priemerná ročná koncentrácia < 20 µg·m⁻³);

šedá plná PM₁₀ (priemerná ročná koncentrácia < 40 µg·m⁻³); **šedá bodkovaná vpravo** počet prekročení (priemerná denná koncentrácia PM₁₀ 50 µg·m⁻³ sa nesmie prekročiť viac než 35-krát za kalendárny rok).

■ Tuhé častice PM₁₀

Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ (40 µg·m⁻³) v zóne Prešovský kraj nebola prekročená. Podobne limitnú hodnotu pre počet prekročení za rok (35-krát) priemernej dennej limitnej koncentrácie PM₁₀ (50 µg·m⁻³) nepresiahla žiadna monitorovacia stanica (**Obr. 3.1**). Dopravná stanica Prešov zaznamenala najvyššiu priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ 25 µg·m⁻³ a 15 denných prekročení dennej limitnej hodnoty. V porovnaní s rokom 2021 prišlo medziročne k zlepšeniu (r. 2021: 27 µg·m⁻³ – priemerná ročná koncentrácia a 22 prekročení dennej limitnej hodnoty). Z mestských a predmestských pozadových lokalít dosiahla najvyššiu priemernú ročnú koncentráciu stanica v Humennom: 23 µg·m⁻³. Táto hodnota je takmer na úrovni ročného priemeru dopravnej stanice v Prešove, pričom v Humennom bolo zaznamenaných 8 prekročení limitu pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀. Jednako medziročne aj na stanici v Humennom prišlo k zlepšeniu kvality ovzdušia oproti roku 2021 (priemerná ročná koncentrácia PM₁₀ 25 µg·m⁻³ a 23 prekročení dennej limitnej hodnoty). **Obr. 3.2** zachytáva počet prekročení priemernej dennej limitnej koncentrácie PM₁₀ za jednotlivé mesiace v roku.

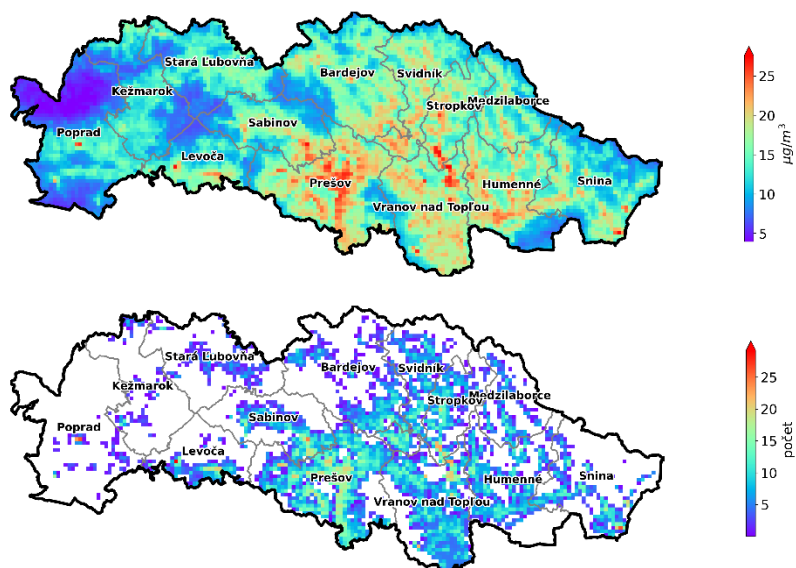
Obr. 3.2 Počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀ za jednotlivé mesiace v roku 2022.



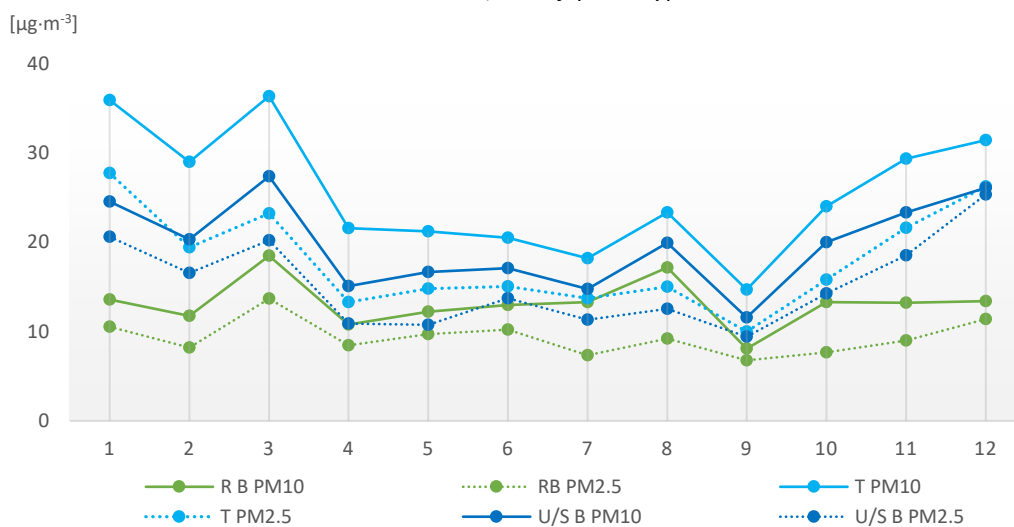
Takmer všetky prekročenia sú sústredené v chladných mesiacoch s potrebou vykurovania. V marci bola situácia komplikovaná nielen kvôli pretrvávajúcej potrebe vykurovania, a nevýraznou epizódou prenosu saharského prachu v polovici druhej dekády a na konci mesiaca, ale najmä nepriaznivými rozptylovými podmienkami počas anticyklonálnych situácií. Prekročenie limitu v auguste bolo zrejme následkom cezhraničného prenosu. Na Slovensko sa totiž dostal prach pochádzajúci od Kaspického mora, stepí Kazachstanu, Uzbekistanu a Turkménska (zdroj: <https://www.facebook.com/shmu.sk/posts/8019521158121387>). Kým zvýšenie koncentrácií v priebehu marca sa prejavilo na monitorovacích staniciach na celom území Slovenska, augustová epizóda diaľkového prenosu zasiahla najmä Východné Slovensko.

Na **Obr. 3.3** a **Obr. 3.5** sú výsledky modelovania pre PM_{10} a $PM_{2,5}$, vypočítané pre rok 2022 pomocou modelu RIO následne upraveného pomocou regresnej IDW-R metódy (podrobnejšie v 4.kapitole *Správy o kvalite ovzdušia v SR za rok 2022*).

Obr. 3.3 Priemerná ročná koncentrácia PM_{10} (hore) a počet prekročení limitnej dennej hodnoty PM_{10} (dolu) v roku 2022.



Obr. 3.4 Priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} a $PM_{2,5}$ v kraji podľa typu stanice.



T PM_{10} a T $PM_{2.5}$ – priemerná mesačná koncentrácia na dopravnej stanici Prešov; **U/S B PM_{10} a U/S B $PM_{2.5}$** – priemer mesačných koncentrácií PM_{10} a $PM_{2.5}$ na mestských/predmestských pozadových staniciach Humenné, Vranov n/T, Bardejov a Poprad; **R B PM_{10} a R B $PM_{2.5}$** – priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} a $PM_{2.5}$ na regionálnej pozadovej stanici Stará Lesná a Kolonické sedlo;

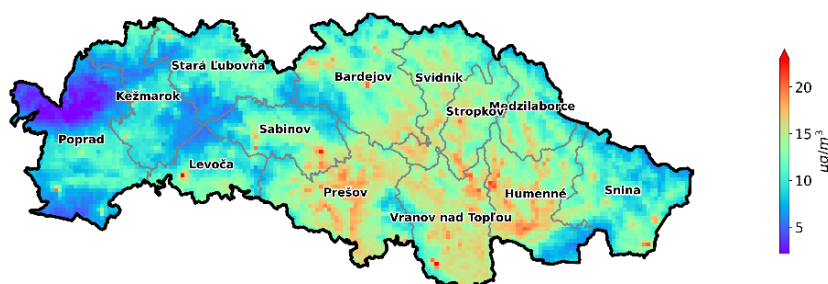
Z **Obr. 3.4** je zřejmé, že v teplých mesiacoch roka (okrem augusta) sú koncentrácie PM₁₀ na regionálnych staniách (Starina, Stará Lesná a Kolonické sedlo) a mestskom pozadí na veľmi podobnej úrovni, a rozdiely sa začínajú zvyšovať až v chladnejších mesiacoch. Je tomu tak preto, že za znečistením ovzdušia časticami PM₁₀ stojí pravdepodobne vykurovanie domácností tuhým palivom (nedostatočne vysušeným drevom, prípadne v kombinácii s rôznymi druhmi odpadových materiálov) v starších vykurovacích zariadeniach. Dokladá to aj **Obr. 3.2**.

■ Tuhé častice PM_{2,5}

V porovnaní s PM₁₀ majú výrazne negatívnejší vplyv na ľudské zdravie jemné častice PM_{2,5}. Na **Obr. 3.1** sú priemerné ročné koncentrácie jemných častíc zobrazené prerušovanou čiarou. Vysoké hodnoty PM_{2,5} sme zaznamenali v chladných mesiacoch roka, čo je rovnako ako pri PM₁₀ pravdepodobne spôsobené emisiami z vykurovania domácností tuhým palivom. Najvyššie priemerné ročné koncentrácie PM_{2,5} boli namerané v Humennom (19 µg·m⁻³) a Prešove (18 µg·m⁻³). Na všetkých staniách, vrátane regionálnych pozadových, bola priemerná ročná koncentrácia PM_{2,5} vyššia ako je úroveň, ktorú odporúča WHO (5 µg·m⁻³). Aj priemerné mesačné hodnoty jemných tuhých častíc sú relatívne vysoké, a to nielen v zimnom období, ale dokonca aj v letných mesiacoch, keď bývajú koncentrácie PM_{2,5} najnižšie. V roku 2022 boli zvýšené koncentrácie PM_{2,5} v auguste spôsobené spomínaným diaľkovým prenosom od Kaspického mora.

Mapa na **Obr. 3.5** zobrazuje priestorové rozloženie priemernej ročnej koncentrácie PM_{2,5} podľa výstupu modelu RIO, IDW-R.

Obr. 3.5 Priemerné ročné koncentrácie PM_{2,5}.

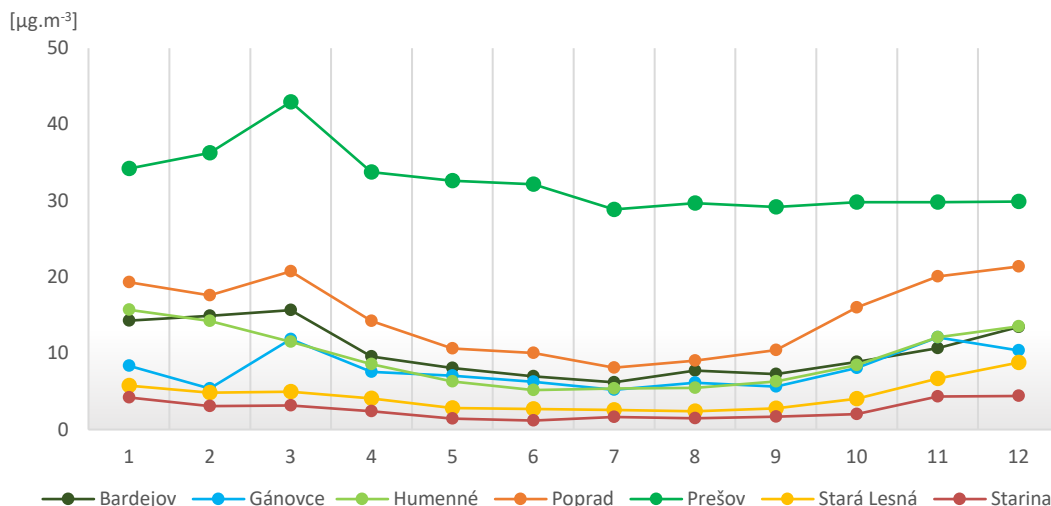


3.2 Oxid dusičitý

Monitoring oxidu dusičitého prebieha v zóne na siedmich staniách, priemerné mesačné koncentrácie pre jednotlivé stanice sa nachádzajú na **Obr. 3.6**.

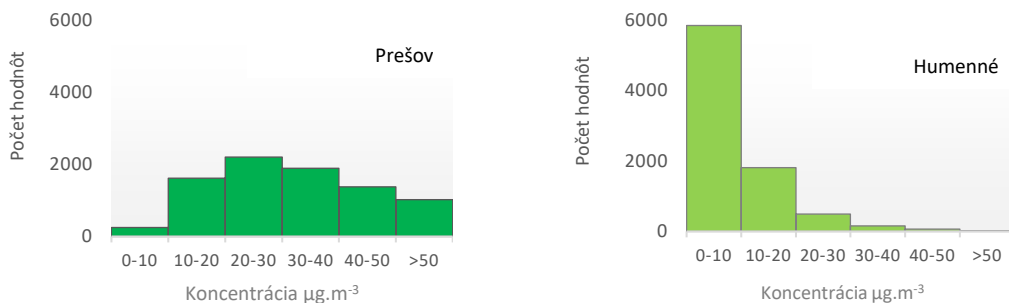
Hlavným zdrojom emisií NO₂ je cestná doprava. Najvyššie koncentrácie z tohto dôvodu zaznamenávame na dopravnej stanici Prešov, Arm. gen. L. Svobodu. Priemerná ročná úroveň (32 µg·m⁻³) však ani tu neprekračuje limitnú hodnotu (40 µg·m⁻³). Namerané hodnoty NO₂ si celý rok udržujú relatívne konštantnú úroveň bez sezónnych výkyvov (**Obr. 3.6**). Maximum koncentrácie NO₂ dosiahnuté na dopravnej stanici v Prešove bolo 108 µg·m⁻³, na mestskej pozadovej stanici v Humennom 75 µg·m⁻³. Priemerné ročné koncentrácie na pozadových staniách dosahovali hodnoty do 20 µg·m⁻³. Celkovo je znečistenie ovzdušia touto látkou v Prešovskom kraji na relatívne nízkej úrovni. Na piatich staniách boli priemerné koncentrácie NO₂ v roku 2022 nižšie alebo rovné ako odporúčanie WHO (10 µg·m⁻³) (t. j. vyššie boli len v Prešove a Poprade), ktoré je výrazne prísnejšie než limity EÚ.

Obr. 3.6 Priemerné mesačné koncentrácie NO₂.



Obr. 3.7 porovnáva rozdelenie početnosti hodinových koncentrácií na dopravnej stanici v Prešove a mestskej pozadovej stanici v Humennom, ktorá spĺňa odporúčanie WHO pre priemernú ročnú koncentráciu NO₂ (max. 10 µg.m⁻³). Zatiaľ čo stanica v Humennom zaznamenala v pásme do 10 µg.m⁻³ 69% hodinových údajov, AMS v Prešove len 3%.

Obr. 3.7 Histogram hodinových koncentrácií NO₂ v Prešove a Humennom.

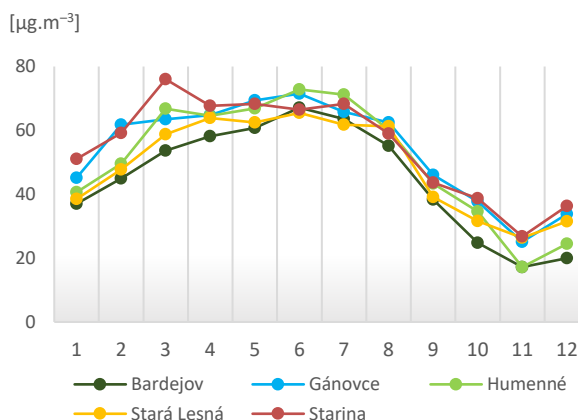


3.3 Ozón

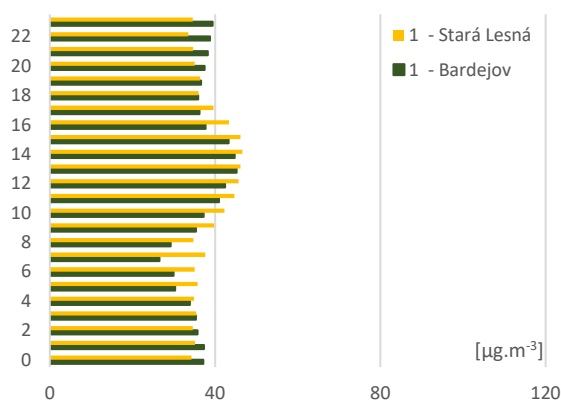
Monitoring ozónu prebieha v tomto kraji na piatich monitorovacích staniciach – v Starej Lesnej a Gánovciach v podhorí Vysokých Tatier, na Starine, situovanej na severovýchodnej hranici Slovenska a v dvoch okresných mestách Bardejov a Humenné.

Najvyššie koncentrácie prízemného ozónu sa vyskytujú spravidla v teplých mesiacoch s vysokou intenzitou slnečného svitu (Obr. 3.7). Na Obr. 3.8 a Obr. 3.9 je pre vybrané stanice (mestská pozadová stanica Bardejov a regionálna pozadová stanica Stará Lesná) znázornený tzv. denný chod koncentrácií O₃. Zachytáva rast ich úrovne s východom slnka, vrchol, ktorý dosahujú okolo poludnia a postupný pokles vo večerných hodinách až na minimum vyskytujúce sa nadržanom. Veľké rozdiely v koncentráciách prízemného ozónu zaznamenávame tiež v teplom a chladnom období.

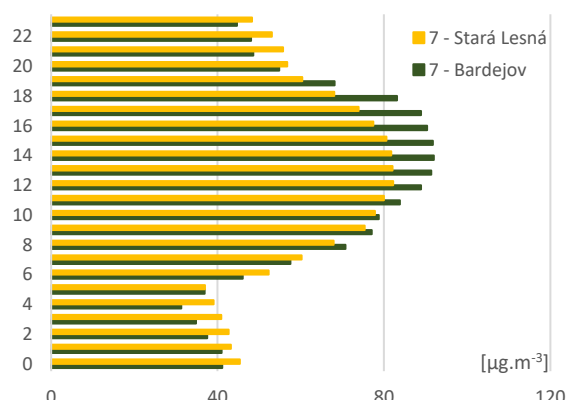
Obr. 3.7 Priemerné mesačné koncentrácie O₃ v r. 2022.



Obr. 3.8 Denný chod koncentrácie O₃ v januári 2022.



Obr. 3.9 Denný chod koncentrácie O₃ v júli 2022.



Na žiadnej stanici sme v roku 2022 nezaznamenali prekročenia informačného ani výstražného prahu prízemného ozónu.

3.4 Benzo(a)pyrén

Benzo(a)pyrén sa v Prešovskom kraji monitoruje na dvoch monitorovacích staniciach – na Starine a v Starej Lesnej. Cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén (1 ng·m⁻³) prekročená nebola. Stanice na ktorých je monitoring realizovaný, sú však charakterizované ako vidiecke pozad'ové, a tie nie sú priamo ovplyvnené emisiami z vykurovania domácností tuhým palivom (Tab. 3.2). Preto sú v tomto prípade užitočným ukazovateľom výsledky matematického modelovania.

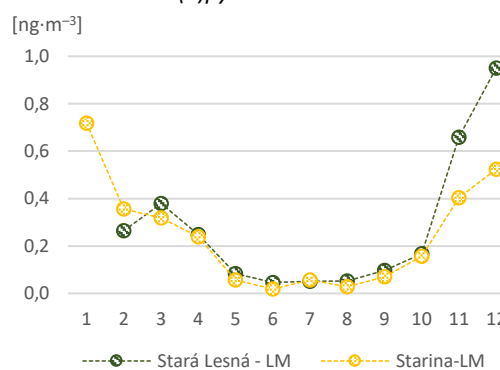
Tab. 3.2 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Cieľová hodnota [ng·m ⁻³]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Starina, Vodná nádrž, EMEP		1,2	0,4	0,3	0,4	0,2
Stará Lesná, EMEP			0,4	0,3	0,4	0,3

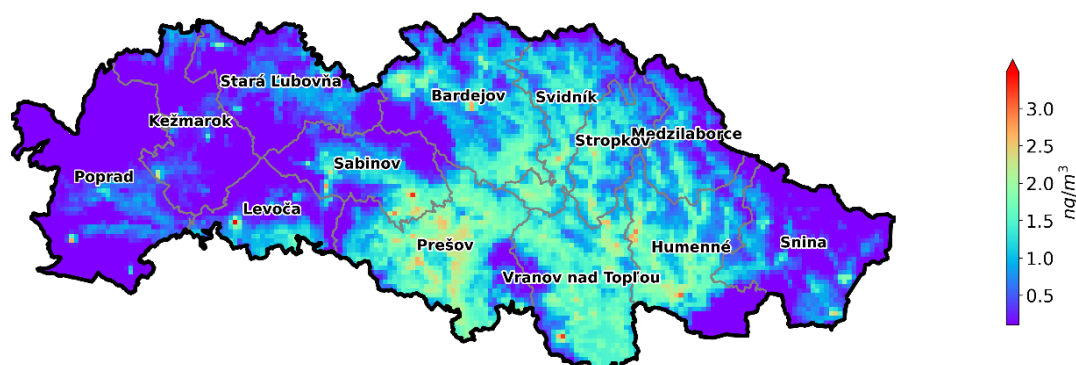
≥ 90 % platných meraní

Obr. 3.10 znázorňuje priemerné denné koncentrácie benzo(a)pyrénu na vidieckych pozad'ových staniciach. Hoci cieľová hodnota nebola prekročená, hodnoty sú v zimnom období relatívne vysoké, čo môže byť dôsledkom regionálneho prenosu alebo lokálneho vplyvu. **Obr. 3.11** znázorňuje priemernú ročnú koncentráciu vypočítanú na základe výstupov matematického modelovania. Keďže model vychádza z nameraných údajov (a pomocných polí), výstupy sú na rozľahlom území Prešovského kraja zaťažené značnou neistotou. Je preto potrebné si všímať skôr relatívne rozdiely medzi oblasťami, ako sa spoliehať na absolútne hodnoty. Najvyššie koncentrácie sa podľa výstupov modelu RIO vyskytujú v obciach okresov Levoča, Vranov nad Topľou, Prešov, Svidník, Sabinov a Stropkov. Na získanie detailnejšej predstavy o priestorovom rozložení je potrebné modelovanie s vysokým rozlíšením s použitím detailných údajov o emisiách (t. j. o množstve a druhu palív, i druhu zariadení používaných pri vykurovaní domácností, a pod.). Najvýraznejším zdrojom benzo(a)pyrénu je vykurovanie domácností tuhým palivom, najmä nedostatočne vysušeným drevom, resp. nevhodným palivom (rôzne druhy odpadu).

Obr. 3.10 Priemerné mesačné koncentrácie benzo(a)pyrénu v roku 2022.



Obr. 3.11 Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu podľa výstupu modelu RIO, IDW-R (2022).

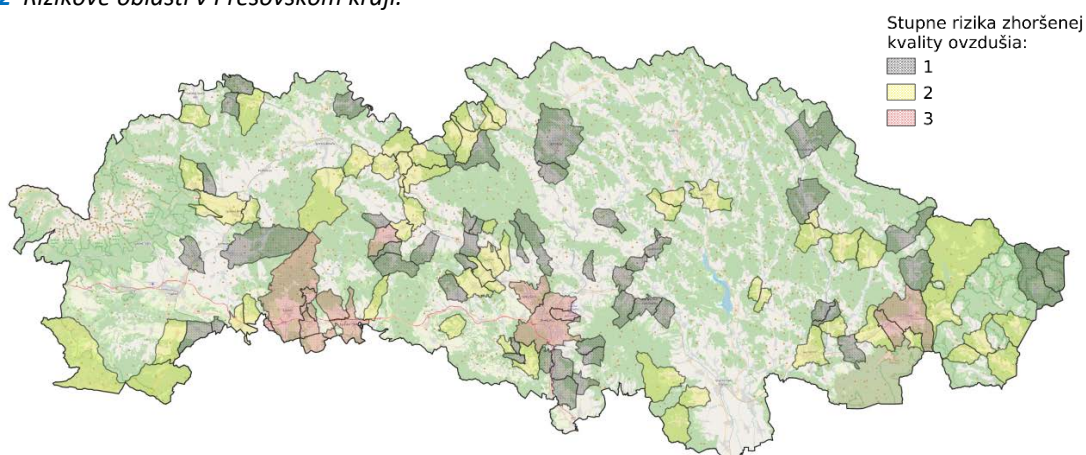


3.5 Chemické zloženie zrážok

Na vidieckej požadovej stanici Starina sa monitoruje na dennej báze kvalita zrážok. Sleduje sa kvalitatívne zloženie základných iónov, parametre pH a vodivosť. Ročná priemerná hodnota pH bola 5,45 a ani mesačné priemery neklesli pod hodnotu pH 5. Môžeme preto konštatovať, že v zóne Prešovský kraj nedochádza k nadmernej acidifikácii prostredia. Podrobné výsledky monitoringu sú uvedené v kapitole 3.4 Regionálny monitoring v hlavnej časti *Správy o kvalite ovzdušia v SR za rok 2022*.

3.6 Rizikové oblasti

Obr. 3.12 Rizikové oblasti v Prešovskom kraji.



Obr. 3.12 zobrazuje obce ohrozené zhoršenou kvalitou ovzdušia, určené Metódou integrovaného posúdenia obcí⁴. Stupeň 3 zodpovedá najvyššej pravdepodobnosti ohrozenia znečistením ovzdušia. Metodika zahŕňa mieru vykurovania domácností tuhým palivom, vplyv zhoršených rozptylových podmienok z krátkodobého aj dlhodobého hľadiska, výsledky chemicko-transportného modelu CMAQ, interpolačného modelu RIO a výsledky modelovania s vysokým rozlíšením modelom CALPUFF na vybraných doménach s predpokladom zhoršenej kvality ovzdušia.

⁴ Štefánik, D., Krajčovičová, J.: *Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia*, Slovenský hydrometeorologický ústav, 2023, dostupné na <https://www.shmu.sk/sk/?page=996>

Obciam, na území ktorých bola podľa modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením prekročená limitná hodnota pre PM, NO₂ alebo cieľová hodnota pre BaP, bol automaticky priradený rizikový stupeň 3, podobne ako obciam, kde bolo prekročenie limitnej či cieľovej hodnoty zistené meraním. Zoznam obcí a ich rizikových stupňov je na web stránke SHMÚ⁵.

Zóny a aglomerácie, ktoré obsahujú aspoň jednu obec s rizikovým stupňom 3, vypracujú Program na zlepšenie kvality ovzdušia. V tomto zmysle zodpovedajú obce s rizikovým stupňom 3 oblastiam riadenia kvality ovzdušia. Opatrenia na zníženie emisií však musia byť vykonané v takto vyčlenenej zóne vo všetkých obciach, ktorých rizikový stupeň je 2 alebo 3, v ideálnom prípade aj v obciach s rizikovým stupňom 1.

Hodnotenie pomocou Metódy integrovaného posúdenia má za cieľ vymedziť oblasti, kde je potrebné zamerať opatrenia na zlepšenie kvality ovzdušia. Vzhľadom na rozmiestnenie zdrojov znečisťovania vzdušia a s ohľadom na mikroklimatické charakteristiky územia je pravdepodobné, že v rizikovej oblasti sa miera znečistenia na rôznych lokalitách líši. Predstavu o priestorovom rozložení znečistenia ovzdušia poskytujú výsledky modelovania s vysokým rozlíšením, ktoré sú postupne dopĺňané na web stránke SHMÚ⁶.

3.7 Zhrnutie

V Prešovskom kraji nebolo v posledných troch hodnotených rokoch namerané prekročenie limitnej ani cieľovej hodnoty pre žiadnu znečisťujúcu látku. Najvyššie hodnoty PM₁₀ boli namerané v Prešove a Humennom, v oboch prípadoch však prišlo medziročne k zlepšeniu kvality ovzdušia na meraných lokalitách.

Na základe výsledkov matematického modelovania môžeme predpokladať, že v niektorých oblastiach (**Obr. 3.3**, **Obr. 3.5**, **Obr. 3.11**, **Obr. 3.12**) sa vyššie hodnoty PM a benzo(a)pyrénu môžu vyskytovať najmä v zimných mesiacoch v lokalitách s vyšším podielom tuhých palív na vykurovaní domácností, a to najmä pri zhoršených rozptylových podmienkach.

⁵ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2768>

⁶ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2699>

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SR 2022

PRÍLOHA

HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE TRENČIANSKY KRAJ

1	POPIS ÚZEMIA TRENČIANSKEHO KRAJA Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA.....	2
2	MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE TRENČIANSKY KRAJ	3
3	ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE TRENČIANSKY KRAJ	5
3.1	Tuhé častice PM ₁₀ a PM _{2,5}	6
3.2	Oxid dusičitý.....	8
3.3	Ozón.....	9
3.4	Benzo(a)pyrén.....	9
3.5	Rizikové oblasti.....	10
3.6	Zhrnutie.....	11

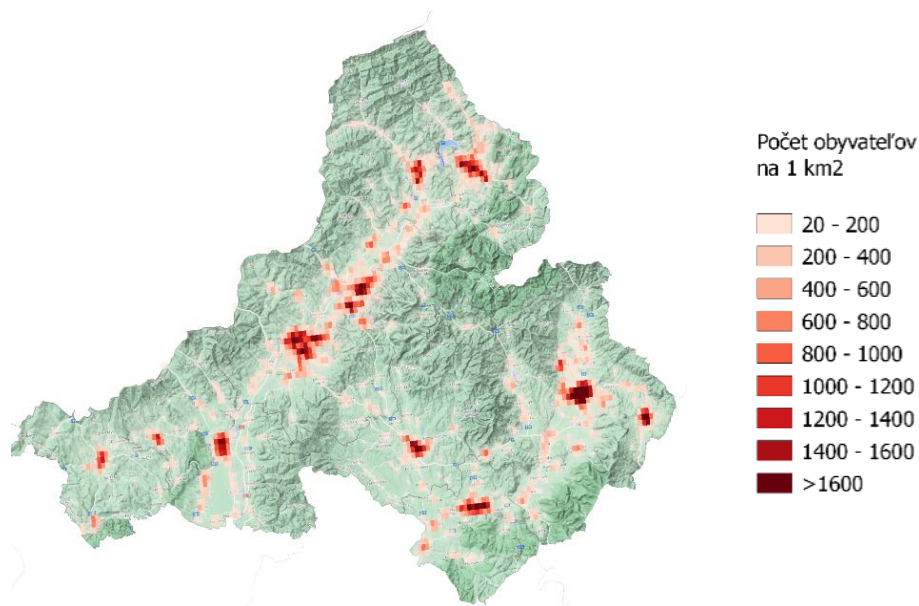


1 POPIS ÚZEMIA TRENČIANSKEHO KRAJA Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA

Reliéf Trenčianskeho kraja je s výnimkou Hornonitrianskej kotliny prevažne hornatý, zahŕňa Myjavskú pahorkatinu a Biele Karpaty, čiastočne Považský Inovec, Javorníky, Vtáčnik a Strážovské vrchy. Najvyšším bodom je Vtáčnik s nadmorskou výškou 1 346 m n. m., najnižší bod má 165 m n. m. Zóna je z prevažnej časti dobre ventilovaná, nižšie rýchlosti vetra sa vyskytujú v údolí Váhu. **Obr. 1.1** znázorňuje priestorové rozloženie hustoty osídlenia v zóne.

Celý Trenčiansky kraj je z hľadiska hodnotenia kvality ovzdušia jednou zónou pre SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, benzén, polycyklické aromatické uhľovodíky a CO v ovzduší.

Obr. 1.1 Rozloženie hustoty obyvateľstva v zóne Trenčiansky kraj (Zdroj: EUROSTAT, 2018).

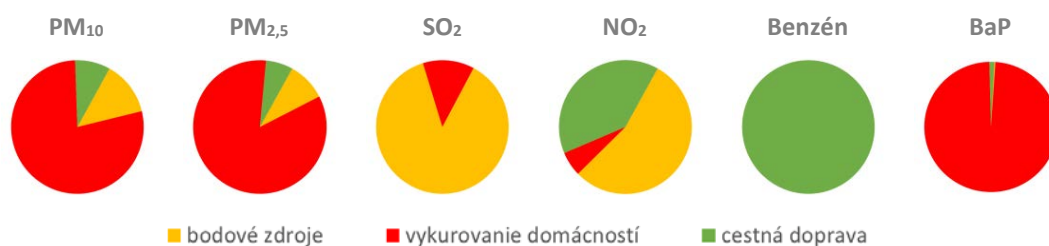


Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Trenčiansky kraj

Vykurovanie domácností je najvýznamnejším zdrojom znečisťovania ovzdušia v hornatejšej časti kraja. Charakteristika cestnej dopravy: v zóne dominuje z hľadiska hustoty automobilovej dopravy cesta č. 61 v okrese Trenčín s 32 705 vozidlami (3 349 nákladných a 29 128 osobných áut), diaľnica D1 s hustotou od 21 000–28 000 vozidiel (v okrese Trenčín, na najfrekventovanejšom úseku 5 666 nákladných a 22 392 osobných áut), cesta č. 64 v okrese Prievidza s 18 014 vozidlami (2 457 nákladných a 15 452 áut), cesta č. 54 v okrese Nové Mesto nad Váhom s 17 261 vozidlami (2 293 nákladných a 14 861 osobných áut), cesta č. 507 v okrese Trenčín s 18 979 vozidlami (2 193 nákladných a 16 743 osobných áut), cesta č. 517 v okrese Považská Bystrica s 18 026 vozidlami (2 440 nákladných a 15 453 osobných áut) a cesta č. 1774 v okrese Prievidza s 18 329 vozidlami (1 245 nákladných a 16 998 osobných áut)¹.

¹ <https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinerstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/trenciansky-kraj.ssc>

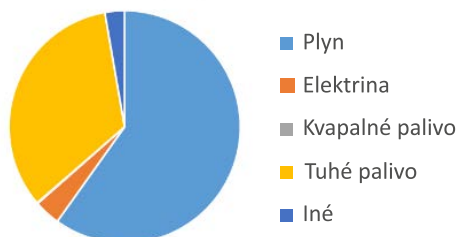
Obr. 1.2 Podiel rôznych druhov zdrojov znečisťovania ovzdušia na celkových emisiách v zóne Trenčiansky kraj.



Poznámka: Stredné a veľké zdroje znečisťovania ovzdušia evidované v databáze NEIS sú označené pre tento účel ako „bodové zdroje“.

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia sú v zóne Trenčiansky kraj z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné s výnimkou cementární. Výraznejšie sa prejavuje vplyv tepelnej elektrárne, ktorá však v závislosti od meteorologických podmienok prispieva viac k regionálnemu pozadiu.

Obr. 1.3 Podiel rôznych druhov palív na vykurovaní rodinných domov ².



Pre vykurovanie rodinných domov v zóne je podľa údajov zo SODB 2021 využívaný zväčša zemný plyn, a to najmä vo väčších mestách. Podiel tuhých palív je vyšší ako v Trnavskom a Nitrianskom kraji. Palivové drevo sa vo väčšej miere používa v hornej severnej časti kraja.

2 MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE TRENČIANSKY KRAJ

Kvalita ovzdušia sa na Hornej Nitre začala sledovať v roku 1973. Monitorovacie stanice v Prievidzi, Handlovej a v Bystričanoch boli vtedy zriadené najmä s cieľom zachytiť vplyv tepelných elektrární. Podobne ako v iných podobných lokalitách, kde bol monitoring pôvodne zameraný na veľké zdroje znečisťovania ovzdušia, aj tu sa emisie z tepelnej elektrárne znížili a stanice v súčasnosti odrážajú v čoraz väčšej miere ďalšie miestne problémy, najmä vykurovanie domácností tuhým palivom. V súčasnosti je v tomto kraji 5 monitorovacích staníc. Okrem troch vyššie uvedených sú to monitorovacie stanice v Trenčíne a nová stanica Púchove, kde sa začal monitoring v roku 2021. Monitorovacia stanica v Trenčíne charakterizuje vplyv cestnej dopravy, ktorej intenzita na danom mieste patrí medzi stredne zaťažujúce. Monitorovacia stanica v Púchove charakterizuje požadové hodnoty znečistenia v predmestskej oblasti.

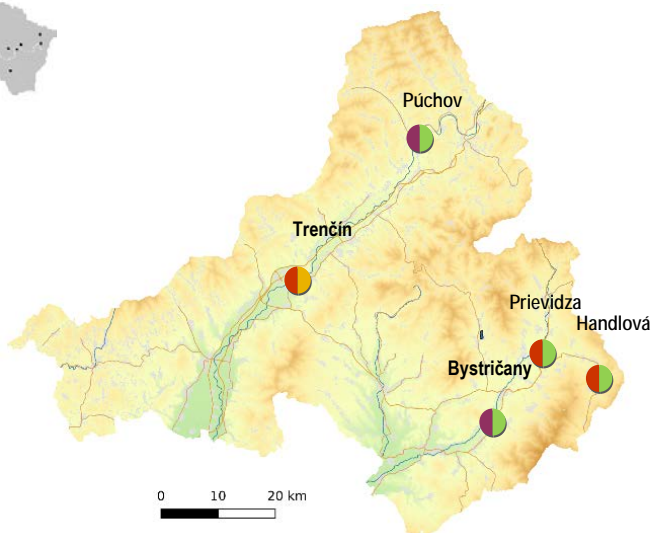
² <https://www.scitanie.sk>

Tabuľka **Tab. 2.1** obsahuje informácie o monitorovacích staniciach kvality ovzdušia v zóne Trenčiansky kraj:

- medzinárodný Eol kód, charakteristiku stanice podľa dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia (dopravná, poľaďová, priemyselňá), typ oblasti, ktorú daná stanica monitoruje (mestská, predmestská, vidiecka/regionálna) a geografické súradnice;
- monitorovací program. Automatické prístroje kontinuálneho monitoringu poskytujú priemerné hodinové koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5}, oxidov dusíka, oxidu siričitého, ozónu, oxidu uhoľnatého a benzénu. Skúšobné laboratórium SHMÚ v rámci manuálneho monitoringu analyzuje ťažké kovy a polycyklické aromatické uhľovodíky. Výsledkom sú priemerné 24-hodinové hodnoty.

Tab. 2.1 Monitorovací program kvality ovzdušia v zóne Trenčiansky kraj.

Zóna Trenčiansky kraj								Merací program												
Okres	Kód Eol	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Kontinuálne								Manuálne				
			oblasti	stanice	dĺžka	Šírka		PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x	SO ₂	O ₃	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP			
Prievidza	SK0013A	Bystričany, Rozvodňa SSE	S	B	18°30'51"	48°40'01"	261													
Prievidza	SK0027A	Handlová, Morovianska cesta	U	B	18°45'23"	48°43'59"	448													
Prievidza	SK0050A	Prievidza, Malonepalská	U	B	18°37'41"	48°46'58"	276													
Trenčín	SK0047A	Trenčín, Hasičská	U	T	18°02'29"	48°53'47"	214													
Púchov	SK0066A	Púchov, 1.mája	S	B	18°19'31"	49°07'08"	262													
Spolu								5	5	3	5	1	2	1	0	2	3			



Typ oblasti:
 U – mestská
 S – predmestská
 R – vidiecka (regionálna)


Typ stanice:
 B – poľaďová
 T – dopravná
 I – priemyselňá

3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE TRENČIANSKY KRAJ

Táto kapitola obsahuje zhodnotenie kvality ovzdušia v zóne Trenčiansky kraj na základe monitorovania, doplnené o výsledky matematického modelovania pre PM₁₀, PM_{2,5} a benzo(a)pyrén za rok 2022.

Tab. 3.1 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia ľudí a smogového varovného systému pre PM₁₀ v zóne Trenčiansky kraj – 2022.

Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia									IP ²⁾	VP ²⁾
	SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	PM ₁₀	PM ₁₀
Doba spriemerovania	1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok	12 h	12 h
Parameter	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	príemer	počet prekročení	príemer	príemer	príemer	príemer	trvanie prekročenia [h]	trvanie prekročenia [h]
Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	350	125	200	40	50	40	20	10 000	5	100	150
Maximálny počet prekročení	24	3	18		35						
Prievidza, Malonecpalská	0	0	0	15	4	17	13			0	0
Bystričany, Rozvodňa SSE	0	0			3	19	14			0	0
Handlová, Morovianska cesta	0	0			1	16	13			6	0
Púchov, 1. mája	0	0	0	10	10	22	16	1 647		13	0
Trenčín, Hasičská	0	0	0	26	8	23	14	1 417	0,78	0	0

 ≥ 90 % platných meraní

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

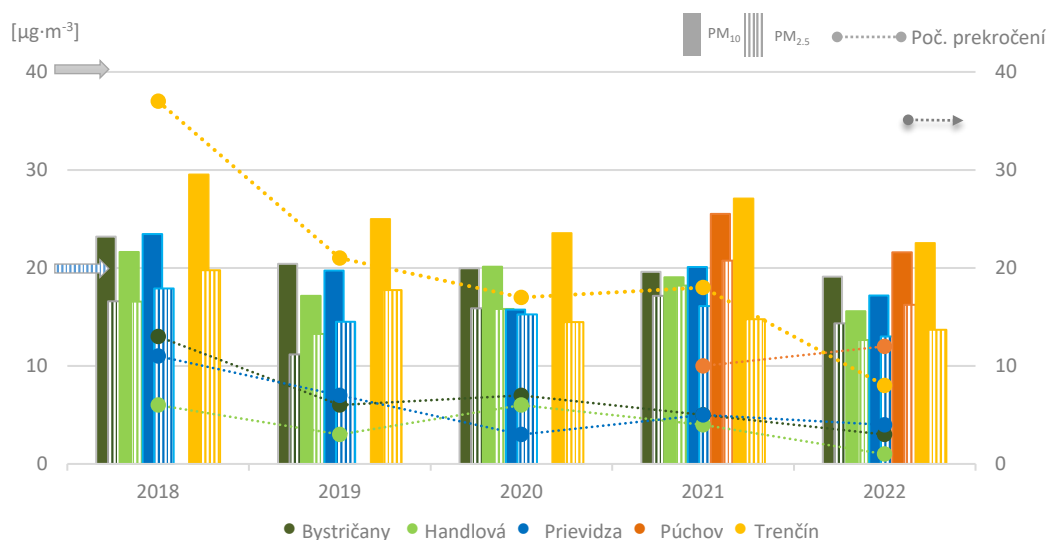
²⁾ IP, VP – trvanie prekročenia (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) pre PM₁₀

V súlade s Vyhláškou MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov bol na monitorovacích staniciach vyžadovaný podiel platných hodnôt dodržaný.

3.1 Tuhé častice PM₁₀ a PM_{2,5}

Obr. 3.1 zobrazuje priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet dní s priemernou dennou koncentraciou PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³ podľa výsledkov meraní na monitorovacích staniciach v zóne Trenčiansky kraj v roku 2022.

Obr. 3.1 Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀.



Počet prekročení – zachytáva denné priemerné koncentrácie vyššie ako 50 µg·m⁻³;

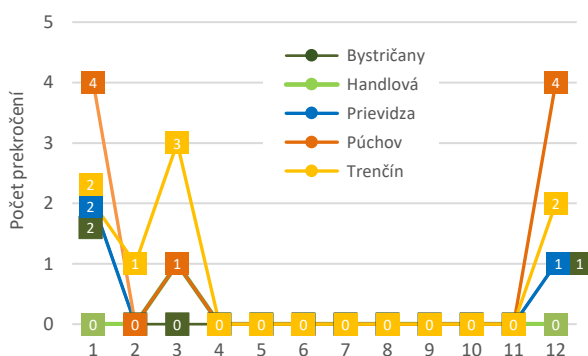
Šípky znázorňujú limitné hodnoty, **modrá pruhovaná** PM_{2,5} (priemerná ročná koncentrácia < 20 µg·m⁻³); **šedá plná** PM₁₀ (priemerná ročná koncentrácia < 40 µg·m⁻³); **šedá bodkovaná vpravo** počet prekročení (priemerná denná koncentrácia PM₁₀ 50 µg·m⁻³ sa nesmie prekročiť viac než 35-krát za kalendárny rok).

■ Tuhé častice PM₁₀

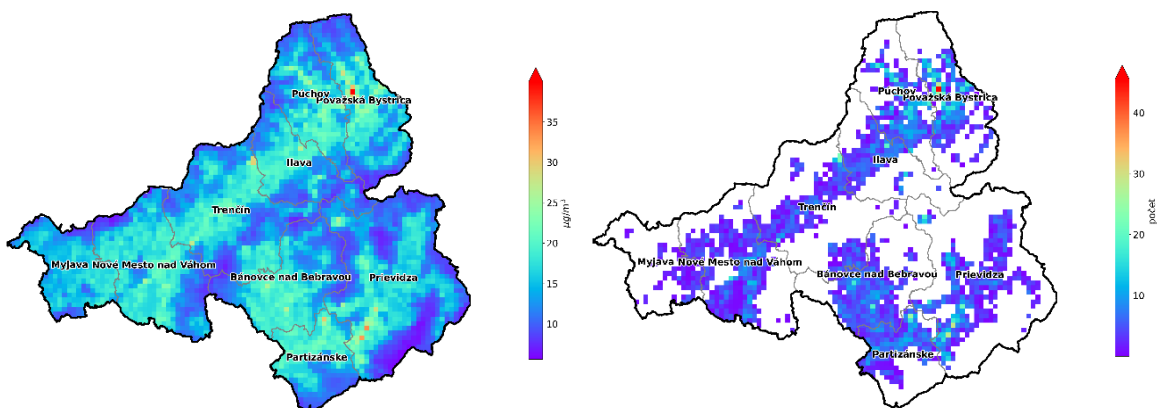
Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentraciu PM₁₀ (40 µg·m⁻³) v zóne Trenčiansky kraj nebola prekročená. Podobne limitnú hodnotu pre počet prekročení (35) priemernej dennej koncentrácie PM₁₀ nepresiahla žiadna stanica (**Obr. 3.1**). Dopravná stanica Trenčín, Hasičská zaznamenala najvyššiu priemernú ročnú koncentraciu PM₁₀ 23 µg·m⁻³ (medziročné zníženie o 4 µg·m⁻³) s počtom denných prekročení 8, predmestská požadová stanica v Púchove 22 µg·m⁻³ s počtom denných prekročení 10. Hodnoty koncentrácií na zvyšných mestských a predmestských požadových staniciach sa pohybovali na úrovni od 16 do 19 µg·m⁻³, čo predstavuje medziročné zlepšenie (zníženie koncentrácie) o 1–3 µg·m⁻³. Na **Obr. 3.2** môžeme vidieť, že všetky prekročenia sú sústredené v chladných mesiacoch s potrebou vykurovania. Relatívne vysoké hodnoty namerané na monitorovacej stanici v Púchove, ktorá bola uvedená do prevádzky v roku 2021, sa potvrdili aj v roku 2022 – stanica mesačne zaznamenala najväčší počet prekročení (4) dennej limitnej hodnoty a to v januári a v decembri.

Na **Obr. 3.3** a **Obr. 3.5** sú výsledky modelovania pre PM₁₀ a PM_{2,5} vypočítané pre rok 2022 pomocou modelu RIO v kombinácii s IDW-R (metóda je podrobnejšie popísaná v Kapitole 4 *Správy o kvalite ovzdušia v SR za rok 2022*).

Obr. 3.2 Počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀ za jednotlivé mesiace v roku 2022.

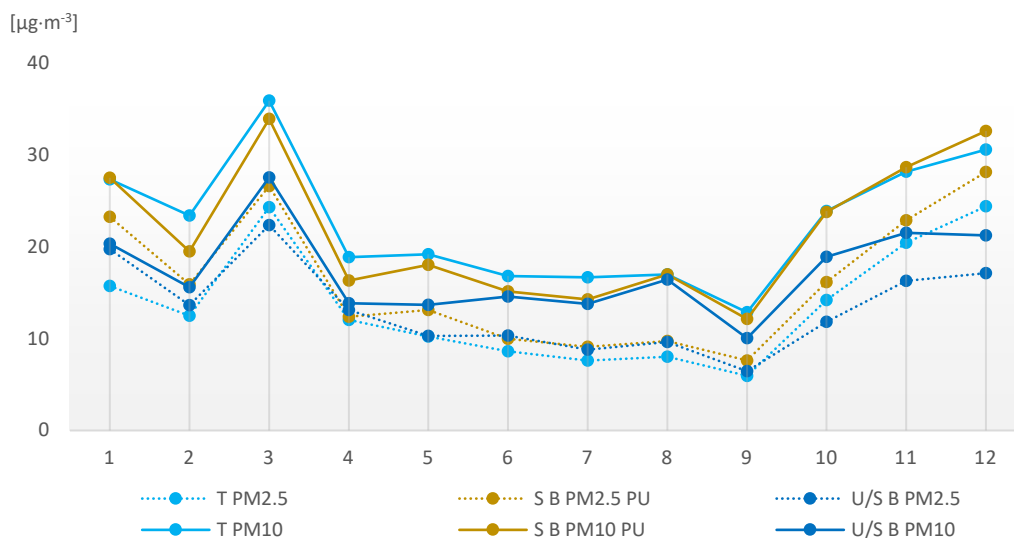


Obr. 3.3 Priemerná ročná koncentrácia PM_{10} (vľavo) a počet prekročení limitnej dennej hodnoty PM_{10} (vpravo) v roku 2022.



Všetky mestské, resp. predmestské pozadové stanice v zóne majú podobné priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} a $PM_{2,5}$, okrem AMS v Púchove, ktorá v r. 2022 namerala vyššie znečistenie ovzdušia tuhými časticami (podobne ako v r. 2021). Preto **Obr. 3.4** porovnáva mesačný priemer PM_{10} a $PM_{2,5}$ dopravnej stanice v Trenčíne, úroveň v Púchove a mesačný priemer mestských a predmestských pozadových staníc v zóne mimo Púchova. Potvrdilo sa zaujímavé zistenie, že hodnoty PM_{10} sa na predmestskej pozadovej stanici v Púchove blížila hodnotám nameraným na dopravnej stanici v Trenčíne. V decembri dokonca priemerná mesačná koncentrácia PM_{10} v Púchove ($32,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) výraznejšie prekročila hodnotu nameranú v Trenčíne ($30,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Obr. 3.4 Priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} a $PM_{2,5}$ v Trenčianskom kraji podľa typu stanice.



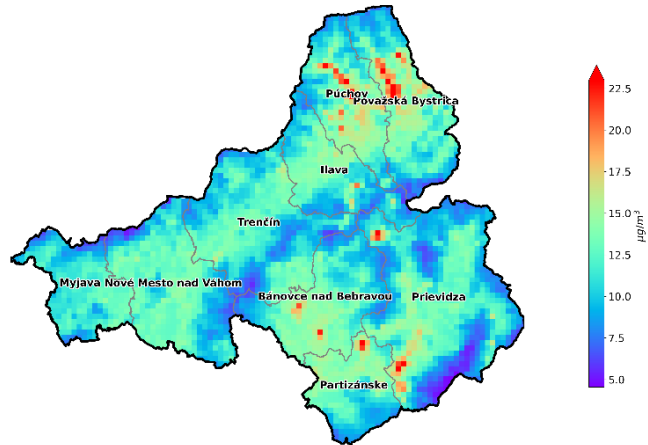
T PM_{10} a T $PM_{2,5}$ – priemerná mesačná koncentrácia PM_{10} a $PM_{2,5}$ na dopravnej stanici Trenčín, Hasičská;
S B PM_{10} PU a S B $PM_{2,5}$ PU – priemerná mesačná koncentrácia PM_{10} a $PM_{2,5}$ na predmestskej pozadovej stanici Púchov.
U/S B PM_{10} a U/S B $PM_{2,5}$ – priemer mesačných koncentrácií PM_{10} a $PM_{2,5}$ na mestských/predmestských pozadových staniciach Bystričany, Rozvodňa SSE; Handlová, Moravianska cesta a Prievidza, Malonepcalská.

■ Tuhé častice PM_{2,5}

V porovnaní s PM₁₀ majú výrazne negatívnejší vplyv na ľudské zdravie jemné častice PM_{2,5}. Na **Obr. 3.4** sú ich koncentrácie zobrazené prerušovanou čiarou. V Prievidzi, Bystričanoch a Handlovej bola priemerná ročná koncentrácia PM_{2,5} 13 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 14 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a 13 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (rok predtým 16 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 17 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a 18 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, medziročne teda prišlo v týchto lokalitách k významnému zlepšeniu). Vysoké koncentrácie PM_{2,5} sme zaznamenali v chladných mesiacoch roka. Spôsobuje to pravdepodobne vykurovanie domácností tuhým palivom, rovnako ako pri PM₁₀. Na všetkých staniách v zóne bola priemerná ročná koncentrácia jemných častíc PM_{2,5} vyššia ako odporúčanie WHO (5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Takisto ich mesačné koncentrácie sa pohybovali nad 5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. A to aj v lete, keď bývajú najnižšie.

Mapa na **Obr. 3.5** zobrazuje priestorové rozloženie priemerných ročných koncentrácií PM_{2,5} podľa výstupu modelu RIO v kombinácii s IDW-R.

Obr. 3.5 Priemerné ročné koncentrácie PM_{2,5}.

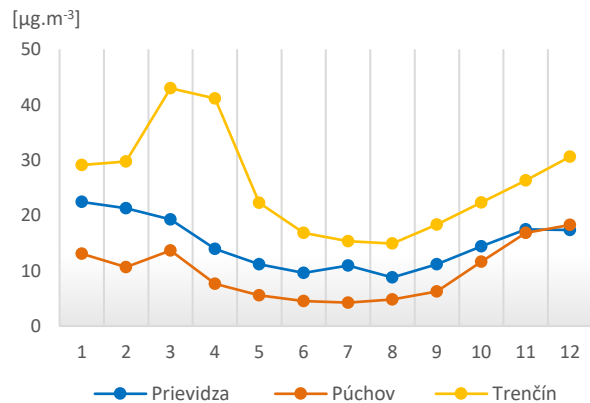


3.2 Oxid dusičitý

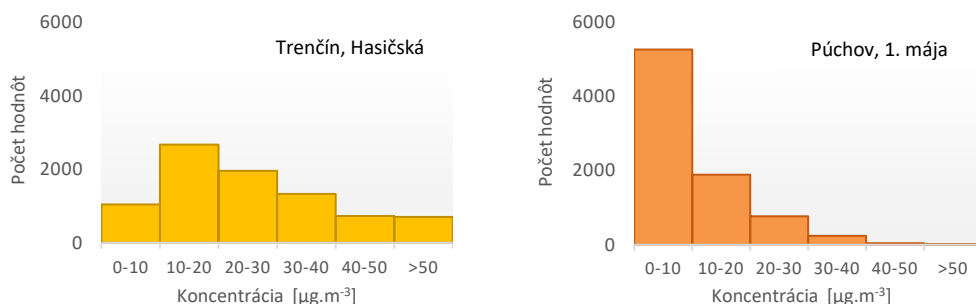
Monitoring úrovne oxidu dusičitého v ovzduší prebieha na troch staniách (Prievidza, Púchov a Trenčín). Priemerné mesačné hodnoty pre jednotlivé stanice zachytáva **Obr. 3.6**.

Hlavným zdrojom emisií NO₂ je cestná doprava. Najvyššie koncentrácie zaznamenávame na dopravnej stanici Trenčín, Hasičská. Priemerná ročná úroveň (26 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, čo predstavuje medziročný nárast koncentrácie o 3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) tu neprekročila limitnú hodnotou (40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). V Prievidzi a Púchove si koncentrácie NO₂ celý rok udržiavajú relatívne konštantnú úroveň (v Trenčíne boli namerané vyššie hodnoty v marci a apríli), s nevýrazným minimom v letných mesiacoch. Je to zapríčinené lepšími rozptylovými podmienkami v lete. Priemerná ročná koncentrácia na mestskej pozadovej stanici v Prievidzi, mala hodnotu 15 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v Púchove 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Znečistenie ovzdušia touto látkou tu dosahovalo nižšie hodnoty než na ostatných staniách zóny. Celkovo sú koncentrácie NO₂ v Trenčianskom kraji na relatívne nízkej úrovni. Priemerné ročné koncentrácie však nespĺňajú odporúčania WHO (10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), ktoré sú výrazne prísnejšie než limity EÚ.

Obr. 3.6 Priemerné mesačné koncentrácie NO₂.



Obr. 3.7 Histogram hodinových koncentrácií NO₂ na staniách Trenčín a Púchov.



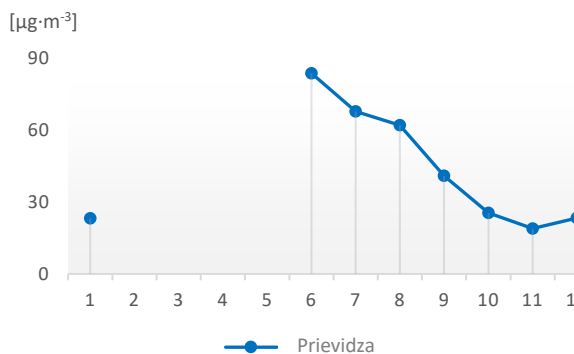
Obr. 3.7 zachytáva rozdielne rozvrstvenie početností hodinových koncentrácií NO₂ na dvoch typoch staníc – na dopravnej v Trenčíne a na pozadovej v Púchove. Kým v Trenčíne sme namerali 698 hodnôt vyšších ako 50 µg·m⁻³, v Púchove len jednu.

3.3 Ozón

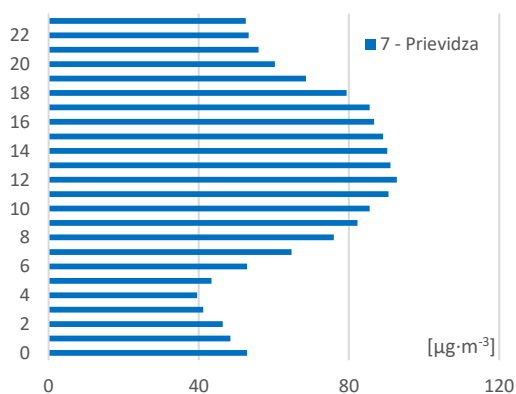
Monitoring ozónu prebieha v tejto zóne na monitorovacej stanici v Prievidzi.

Najvyššie koncentrácie prízemného ozónu sa vyskytujú spravidla v teplých mesiacoch s vysokou intenzitou slnečného svitu (**Obr. 3.8**). Na **Obr. 3.9** a **Obr. 3.10** je znázornený tzv. denný chod koncentrácie O₃: úroveň prítomného ozónu stúpa s východom slnka, vrchol dosahuje okolo poludnia a vo večerných hodinách postupne klesá na minimum, ktoré sa vyskytuje nadržanom. Veľké rozdiely v koncentráciách O₃ zaznamenávame tiež v teplom a chladnom období.

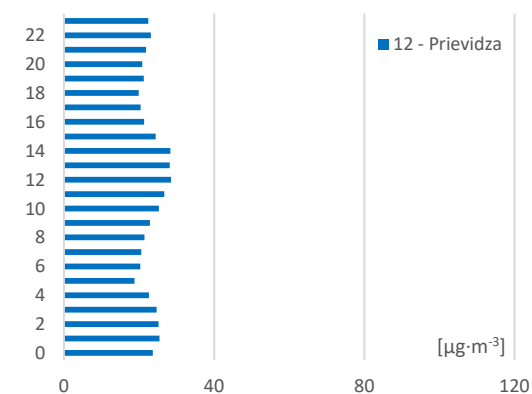
Obr. 3.8 Priemerné mesačné koncentrácie O₃ v r. 2022.



Obr. 3.9 Denný chod koncentrácie O₃ v júli 2022.



Obr. 3.10 Denný chod koncentrácie O₃ v decembri 2022.



Na monitorovacej stanici v Prievidzi sme v roku 2022 nezaznamenali žiadne prekročenia informačného ani výstražného prahu prízemného ozónu.

3.4 Benzo(a)pyrén

Benzo(a)pyrén sa v roku 2022 v Trenčianskom kraji monitoroval na dvoch monitorovacích staniciach – v Prievidzi na Malonecpalskej ulici a v Púchove na ulici 1. mája. Vzorkovač v Trenčíne na Hasičskej ulici mal poruchu. Ročný priebeh koncentrácií benzo(a)pyrénu má v porovnaní s PM ešte výraznejšie maximum v chladnom polroku (**Obr. 3.11**). Cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén (1 ng·m⁻³) býva prekračovaná v Prievidzi každoročne, hoci iba mierne (**Tab. 3.2**). V roku 2022 mal vzorkovač na AMS v Prievidzi na Malonecpalskej ulici poruchu v dňoch 24. 1. – 21. 4. a je veľmi pravdepodobné, že pri dostatku meraní by bola cieľová hodnota prekročená aj v roku 2022, keďže výpadok meraní zasahoval obdobie, v ktorom sú obvykle koncentrácie najvyššie. Namerané hodnoty v Púchove sú vyššie než na ostatných staniciach v zóne. Je to pravdepodobne spôsobené vplyvom vykurovania domácností tuhým palivom. Lokalite bude potrebné venovať aj naďalej pozornosť.

Mapa na **Obr. 3.12** zobrazuje priestorové rozloženie priemerných ročných koncentrácií benzo(a)pyrénu podľa výstupov modelu RIO v kombinácii s IDW-R. Vzhľadom na členitosť terénu je komplikované získať spoľahlivé priestorové rozloženie z interpolácie meraní (a pomocných polí). Pre detailnejšie informácie je potrebné matematické modelovanie s vysokým priestorovým rozlíšením a podrobnými informáciami o priestorovom a časovom rozložení emisií. Výstupy modelu RIO preto poskytujú najmä predstavu o relatívnom rozložení priemerných ročných koncentrácií benzo(a)pyrénu.

Tab. 3.2 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom.

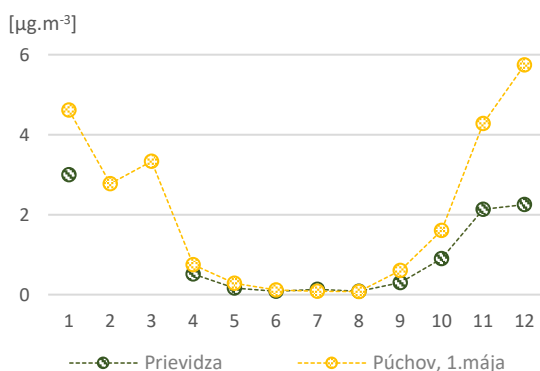
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Cieľová hodnota [ng·m ⁻³]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Horná medza na hodnotenie [ng·m ⁻³]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Dolná medza na hodnotenie [ng·m ⁻³]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Prievidza, Malonecpalská			1,4	1,2	1,1	0,9
Trenčín, Hasičská				0,8	1,1	
Púchov, 1. mája					4,7	2,0

≥ 90 % platných meraní

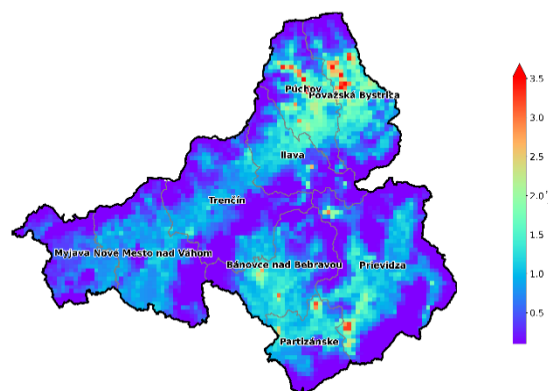
* Prievidza – porucha od 24. 1. do 21. 4. 2022.

Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty v prípade, že na stanici bolo v danom roku dostatok (≥ 90 %) platných meraní.

Obr. 3.11 Priemerné mesačné koncentrácie benzo(a)pyrénu v roku 2022.



Obr. 3.12 Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu podľa výstupu modelu RIO, IDW-R (2022).



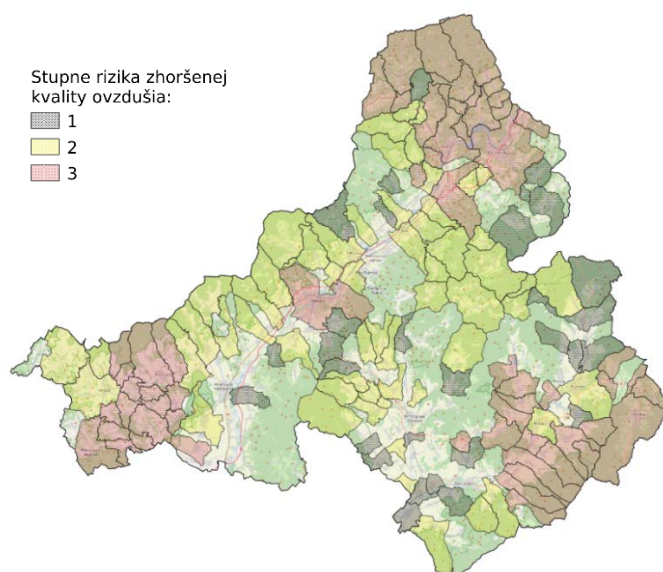
Najvýraznejším zdrojom benzo(a)pyrénu je vykurovanie domácností tuhým palivom (nedostatočne vysušeným drevom či rôznymi druhmi odpadu a v tradične banickej oblasti aj uhlím). Maximálne hodnoty BaP sa podľa výsledkov modelu RIO vyskytujú v okrese Prievidza, Partizánske, Púchov a Bánovce nad Bebravou.

3.5 Rizikové oblasti

Obr. 3.13 zobrazuje obce ohrozené zhoršenou kvalitou ovzdušia, určené Metódou integrovaného posúdenia obcí³. Stupeň 3 zodpovedá najvyššej pravdepodobnosti ohrozenia znečistením ovzdušia. Metodika zahŕňa mieru vykurovania domácností tuhým palivom, vplyv zhoršených rozptylových podmienok z krátkodobého aj dlhodobého hľadiska, výsledky chemicko-transportného modelu CMAQ, interpolačného modelu RIO a výsledky modelovania s vysokým rozlíšením modelom CALPUFF na vybraných doménach s predpokladom zhoršenej kvality ovzdušia.

³ Štefánik, D., Krajčovičová, J.: Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia, Slovenský hydrometeorologický ústav, 2023, dostupné na <https://www.shmu.sk/sk/?page=996>

Obr. 3.13 Rizikové obce v Trenčianskom kraji (2022).



Obciam, na území ktorých bola podľa modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením prekročená limitná hodnota pre PM, NO₂ alebo cieľová hodnota pre BaP, bol automaticky priradený rizikový stupeň 3, podobne ako obciam, kde bolo prekročenie limitnej či cieľovej hodnoty zistené meraním. Zoznam obcí a ich rizikových stupňov je na web stránke SHMÚ⁴.

Zóny a aglomerácie, ktoré obsahujú aspoň jednu obec s rizikovým stupňom 3, vypracujú Program na zlepšenie kvality ovzdušia. V tomto zmysle zodpovedajú obce s rizikovým stupňom 3 oblastiam riadenia kvality ovzdušia. Opatrenia na zníženie emisií však musia byť vykonané v takto vyčlenenej zóne vo všetkých obciach, ktorých rizikový stupeň je 2 alebo 3, v ideálnom prípade aj v obciach s rizikovým stupňom 1.

Hodnotenie pomocou *Metódy integrovaného posúdenia* má za cieľ vymedziť oblasti, kde je potrebné zamerať opatrenia na zlepšenie kvality ovzdušia. Vzhľadom na rozmiestnenie zdrojov znečisťovania vzdušia a s ohľadom na mikroklimatické charakteristiky územia je pravdepodobné, že v rizikovej oblasti sa miera znečistenia na rôznych lokalitách líši. Predstavu o priestorovom rozložení znečistenia ovzdušia poskytujú výsledky modelovania s vysokým rozlíšením, ktoré sú postupne dopĺňané na web stránke SHMÚ⁵.

3.6 Zhrnutie

V roku 2022 v zóne Trenčiansky kraj nebolo namerané prekročenie limitnej hodnoty pre SO₂, NO₂, CO a benzén, ani prekročenie limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ a PM_{2,5}. Limitnú hodnotu pre priemernú dennú koncentráciu PM₁₀ neprekročila žiadna monitorovacia stanica.

Na monitorovacej stanici v Púchove na ulici 1. mája bola prekročená cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén.

Na základe výsledkov matematického modelovania môžeme predpokladať, že v zóne Trenčiansky kraj sa vysoké koncentrácie PM a benzo(a)pyrénu môžu vyskytovať najmä v zimných mesiacoch aj v ďalších oblastiach s nepriaznivými rozptylovými podmienkami a vysokým podielom tuhých palív na vykurovaní domácností.

⁴ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2768>

⁵ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2699>

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SR 2022

PRÍLOHA

HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE TRNAVSKÝ KRAJ

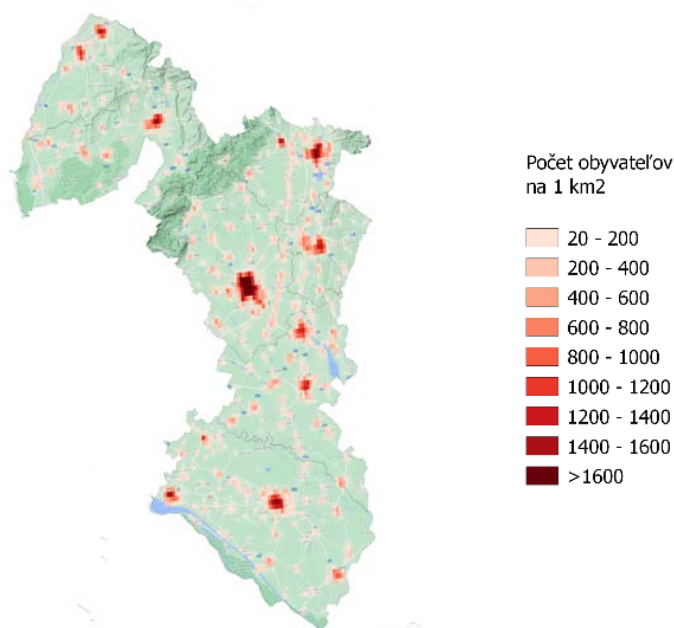
1	POPIS ÚZEMIA TRNAVSKÉHO KRAJA Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA	2
2	MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE TRNAVSKÝ KRAJ.....	3
3	ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE TRNAVSKÝ KRAJ.....	5
3.1	Tuhé častice PM ₁₀ a PM _{2,5}	6
3.2	Oxid dusičitý.....	8
3.3	Ozón.....	9
3.4	Benzo(a)pyrén.....	9
3.5	Chemické zloženie zrážok.....	10
3.6	Rizikové oblasti.....	10
3.7	Zhrnutie.....	11

1 POPIS ÚZEMIA TRNAVSKÉHO KRAJA Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA

Trnavský kraj je prevažne nížinatého a pahorkatinného charakteru. Jeho dve významné nížiny – Podunajskú a Záhorskú – oddeľujú Malé Karpaty, ktoré majú výrazný vplyv na prúdenie vzduchu. V severozápadnej časti zasahuje na územie kraja výbežok Považského Inovca. Najvyšším bodom kraja sú Záruby v Malých Karpatoch s výškou 768 m n. m., ale prevažná časť tejto zóny leží vo výške pod 200 m n. m. Väčšie uzavreté kotliny sa v Trnavskom kraji nevyskytujú. **Obr. 1.1** znázorňuje priestorové rozloženie hustoty osídlenia v zóne.

Celý Trnavský kraj je z hľadiska hodnotenia kvality ovzdušia jednou zónou pre SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, benzén, polycyklické aromatické uhľovodíky a CO v ovzduší.

Obr. 1.1 Rozloženie hustoty obyvateľstva v zóne Trnavský kraj (Zdroj: EUROSTAT, 2018).



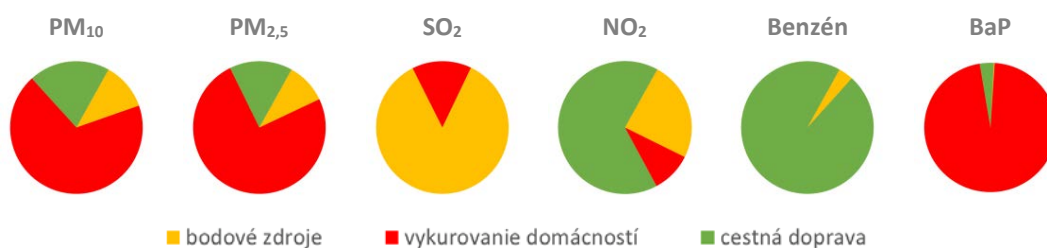
Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Trnavský kraj

Pre vykurovanie domácností v tejto zóne sa podľa údajov z posledného sčítania obyvateľstva využíva najmä zemný plyn. Podiel tuhých palív tu patrí v porovnaní s ostatnými zónami medzi najnižšie, mierne vyššia je spotreba palivového dreva v hornatejšej oblasti Malých Karpát.

Cestná doprava v Trnavskom kraji sa podieľa na znečistení ovzdušia predovšetkým na týchto komunikáciách – na úseku diaľnice D1 pred Trnavou z Bratislavy (denne po nej prejde v priemere 54 519 vozidiel, z toho 7 615 nákladných a 46 881 osobných áut) a na rýchlostnej ceste R1 Trnava-Sereď (39 058 vozidiel v priemere denne, z toho 7 449 nákladných a 31 599 osobných). Mimo diaľnic a rýchlostných ciest je najväčšia intenzita cestnej dopravy v tomto kraji na obchvate Trnavy (cesta č. 61) s 25 111 vozidlami v priemere denne (2 806 nákladných a 22 242 osobných áut), na úseku cesty č. 51 spájajúcej Trnavu so Senicou s 16 915 vozidlami (2 586 nákladných a 14 270 osobných áut), na ceste č. 426 Holíč-Skalica so 14 422 vozidlami (1 712 nákladných a 12 686 osobných áut), na ceste č. 499 z Piešťan do Vrbového s 14 590 vozidlami (1 665 nákladných a 12 855 osobných áut), na úseku cesty č. 63 za Šamorínom (smer Dunajská streda - Veľký Meder) s 12 914 vozidlami (1 991 nákladných a 10 849 osobných áut) a na ceste č. 513 vedúcej z Hlohovca na západ s 12 507 vozidlami denne (2 450 nákladných a 10 004 osobných áut)¹.

¹ <https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinierstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/trnavsky-kraj.ssc>

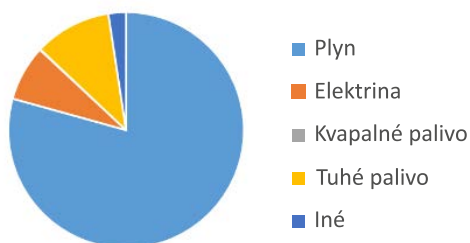
Obr. 1.2 Podiel rôznych druhov zdrojov znečisťovania ovzdušia na celkových emisiách v zóne Trnavský kraj.



Poznámka: Stredné a veľké zdroje znečisťovania ovzdušia evidované v databáze NEIS sú označené pre tento účel ako „bodové zdroje“.

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia sú v tejto zóne z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné.

Obr. 1.3 Podiel rôznych druhov palív na vykurovaní rodinných domov².



Pre vykurovanie rodinných domov v zóne je podľa údajov zo SODB 2021 využívaný najmä zemný plyn. Tuhé palivá sa pravdepodobne viac používajú vo vidieckom type osídlenia s dobrou dostupnosťou palivového dreva.

2 MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE TRNAVSKÝ KRAJ

V Trnavskom kraji sa sleduje kvalita ovzdušia na štyroch miestach. V krajskom meste na frekventovanej ceste (ulica Kollárova), v blízkosti vlakovej stanice, sledujeme vplyv dopravy. Ďalšia dopravná stanica sa nachádza v severozápadnej časti kraja v okresnom meste Senica. Monitorovacia stanica v Seredi je zástupcom mestského pozadia a nachádza sa v sídliskovej zástavbe panelového typu. V katastri obce Topoľníky, v blízkosti Klátovského ramena, sa nachádza najnižšie položená vidiecka pozadňová stanica, patriaca do siete EMEP na Slovensku. Monitoruje vplyv diaľkového prenosu znečistenia, rovnako ako ďalšie monitorovacie stanice zaradené do monitorovacej siete EMEP (viď. kapitola 2 Správy o kvalite ovzdušia v Slovenskej republike 2022).

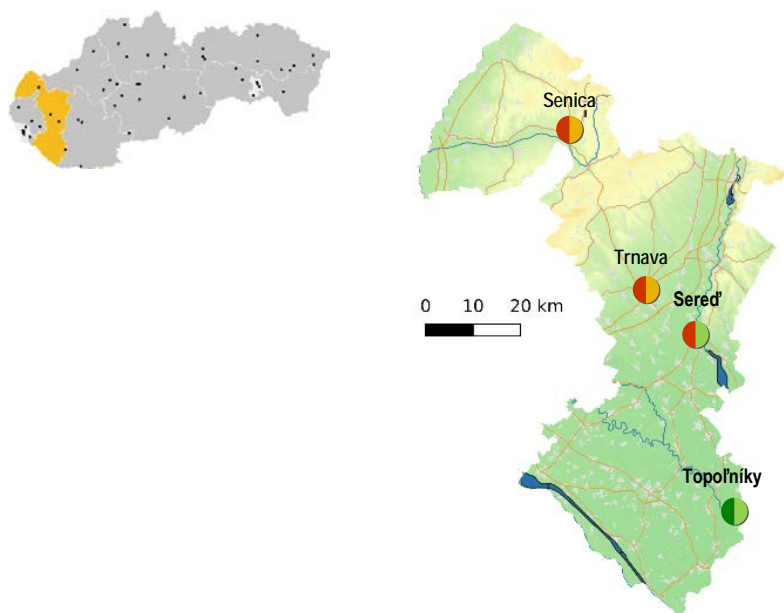
Tabuľka **Tab. 2.1** obsahuje informácie o monitorovacích staniciach kvality ovzdušia v zóne Trnavský kraj:

- medzinárodný Eol kód, charakteristiku stanice podľa dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia (dopravná, pozadňová, priemyselná), typ oblasti, ktorú daná stanica monitoruje (mestská, predmestská, vidiecka/regionálna) a geografické súradnice;
- monitorovací program. Automatické prístroje kontinuálneho monitoringu poskytujú priemerné hodinové koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5}, oxidov dusíka, oxidu siričitého, ozónu, oxidu uhoľnatého, benzénu a ortuti. Skúšobné laboratórium SHMÚ v rámci manuálneho monitoringu analyzuje ťažké kovy a polycyklické aromatické uhľovodíky. Výsledkom sú priemerné 24-hodinové hodnoty. Výnimkou je EMEP stanica Topoľníky, ktorej monitorovací program je popísaný v **Tab. 2.2**.

² <https://www.scitanie.sk>

Tab. 2.1 Monitorovací program kvality ovzdušia v zóne Trnavský kraj.

Zóna Trnavský kraj								Merací program										
Okres	Kód Eol	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Kontinuálne							Manuálne			
			oblasti	stanice	dĺžka	Šírka		PM ₁₀	PM _{2,5}	NO, NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP	
Dunajská Streda	SK0007R	Topoľníky, Aszód, EMEP	R	B	17°51'37"	47°57'34"	113										*	
Senica	SK0021A	Senica, Hviezdoslavova	U	T	17°21'47"	48°40'51"	212											
Trnava	SK0045A	Trnava, Kollárova	U	T	17°35'06"	48°22'17"	152											
Sereď	SK0063A	Sereď, Vinárska	U	B	17°44'07"	48°17'01"	130											
Spolu								4	4	3	2	1	1	1	1	1	2	1



* Monitoring ťažkých kovov na stanici Topoľníky prebieha podľa monitorovacieho programu EMEP (Tab. 2.2)

Typ oblasti:
 U – mestská
 S – predmestská
 R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice:
 B – pozadová
 T – dopravná
 I – priemyselná

Monitorovacia stanica Topoľníky charakterizuje regionálnu pozadovú úroveň znečistenia. Je zaradená do monitorovacieho programu EMEP³, ktorý okrem rozšíreného monitoringu znečistenia ovzdušia pokrýva aj analýzu atmosférických zrážok.

Monitorovací program kvality ovzdušia na EMEP stanici Topoľníky v roku 2022 uvádza Tab. 2.2. Ťažké kovy sa analyzujú z týždenných vzoriek (odber trvá 7 dní).

Tab. 2.2 Merací program na EMEP stanici Topoľníky.

	Ozón (O ₃)	PM ₁₀	Olovo (Pb)	Arzén (As)	Kadmium (Cd)	Nikel (Ni)	Chróm (Cr)	Meď (Cu)	Zinok (Zn)
Topoľníky	X	X	X	X	X	X	X	X	X

³ <https://www.emep.int>

Odberovým intervalom zrážok (Tab. 2.3) na analýzu ťažkých kovov je kalendárny mesiac. Ťažké kovy sa vyskytujú na tejto lokalite v nižších koncentráciách. Na odber zrážok slúži zrážkomer typu „wet-only“, ktorý zachytáva iba zrážky (v období, keď sa zrážky nevyskytujú, sa uzavrie). Na základe analýz takto odobraných vzoriek sa hodnotí mokrá depozícia.

Tab. 2.3 Merací program zrážok na EMEP stanici Topoľníky.

	pH	Vodivosť	Sířany (SO ₄ ²⁻)	Dusičnany (NO ₃ ⁻)	Chloridy (Cl ⁻)	Amónne ióny (NH ₄ ⁺)	Alkalické ióny (K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺)	Olovo (Pb)	Arzén (As)	Kadmium (Cd)	Nikel (Ni)	Chróom (Cr)	Meď (Cu)	Zinok (Zn)
Topoľníky	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE TRNAVSKÝ KRAJ

Táto kapitola obsahuje zhodnotenie kvality ovzdušia v zóne Trnavský kraj na základe monitorovania, doplnené o výsledky matematického modelovania pre PM₁₀, PM_{2,5} a benzo(a)pyrén za rok 2022.

Tab. 3.1 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia ľudí a smogového varovného systému pre PM₁₀ v zóne Trnavský kraj – 2022.

Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia									IP ²⁾	VP ²⁾
	SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	PM ₁₀	PM ₁₀
Doba spriemerovania	1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok	12 h	12 h
Parameter	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	priemer	počet prekročení	priemer	priemer	priemer	priemer	trvanie prekročenia [h]	trvanie prekročenia [h]
Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	350	125	200	40	50	40	20	10 000	5	100	150
Maximálny počet prekročení	24	3	18		35						
Senica, Hviezdoslavova	0	0			2	19	14			0	0
Trnava, Kollárova			0	28	4	21	13	1 018	0,78	0	0
Topoľníky, Aszód, EMEP	0	0	0	5	3	17	13			13	4
Sereď, Vinárska			0	13	6	19	12			0	0

 ≥ 90 % platných meraní

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

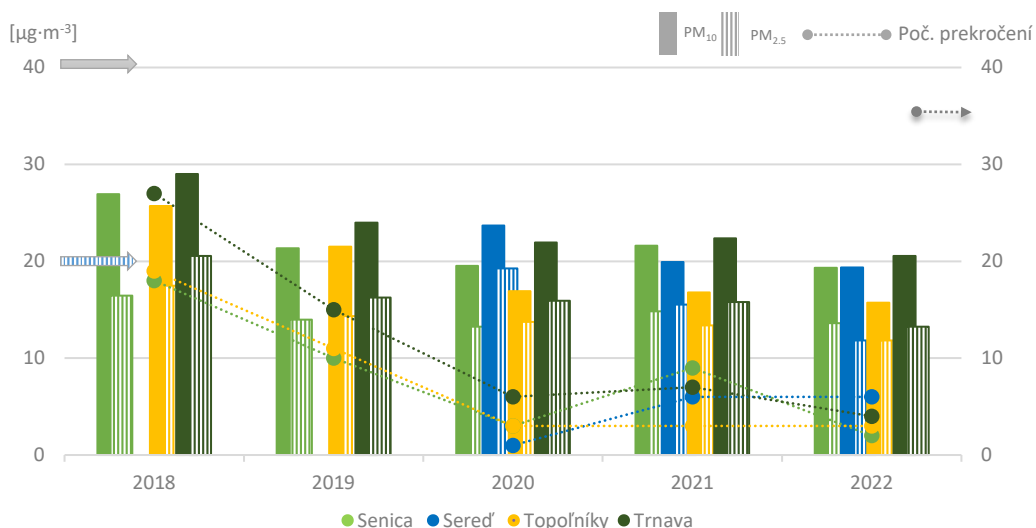
²⁾ IP, VP – trvanie prekročenia (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) pre PM₁₀

V súlade s Vyhláškou MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov bol na monitorovacích staniciach vyžadovaný podiel platných hodnôt dodržaný.

3.1 Tuhé častice PM₁₀ a PM_{2,5}

Obr. 3.1 zobrazuje priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet dní s priemernou dennou koncentráciou PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³ podľa výsledkov meraní na monitorovacích staniciach v zóne Trnavský kraj v roku 2022.

Obr. 3.1 Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀.



Počet prekročení – zachytáva denné priemerné koncentrácie PM₁₀ vyššie ako 50 µg·m⁻³;

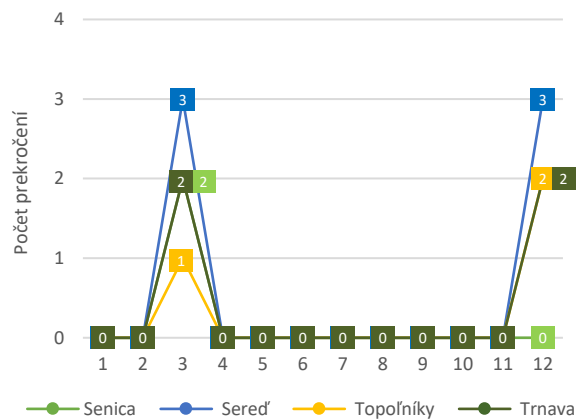
Šípky znázorňujú limitné hodnoty, **modrá pruhovaná** PM_{2,5} (priemerná ročná koncentrácia < 20 µg·m⁻³); **šedá plná** PM₁₀ (priemerná ročná koncentrácia < 40 µg·m⁻³); **šedá bodkovaná vpravo** počet prekročení (priemerná denná koncentrácia PM₁₀ 50 µg·m⁻³ sa nesmie prekročiť viac než 35-krát za kalendárny rok).

■ Tuhé častice PM₁₀

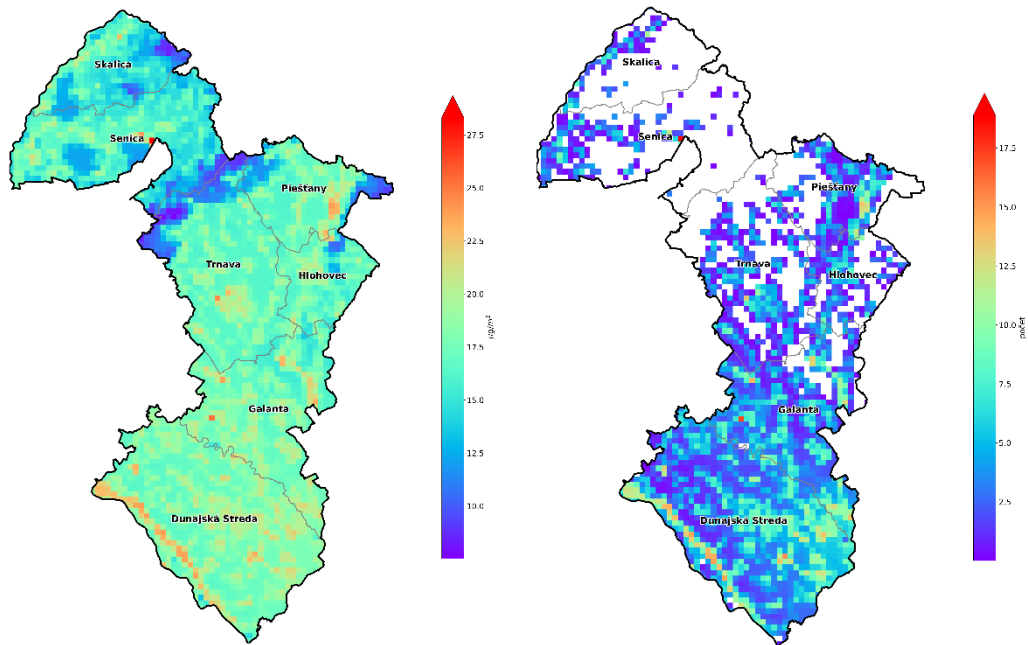
Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ (40 µg·m⁻³) v zóne Trnavský kraj nebola prekročená. Limitnú hodnotu pre počet prekročení (35) priemernej dennej koncentrácie PM₁₀ (50 µg·m⁻³) rovnako nepresiahla žiadna stanica (**Obr. 3.1**). Priemerná ročná koncentrácia PM₁₀ na dopravných staniciach Trnava, Kolárova bola 21 µg·m⁻³ (rok predtým 22 µg·m⁻³) a Senica, Hviezdoslavova bola 19 µg·m⁻³ (výrazný medziročný pokles o 3 µg·m⁻³). Na mestskej požadovej stanici v Sereďi sme namerali ročnú priemernú koncentráciu rovnakú ako na dopravnej stanici v Senici (19 µg·m⁻³). Na vidieckej požadovej stanici v Topoľníkoch boli podľa očakávania koncentrácie tuhých častíc PM₁₀ najnižšie, avšak ani na tejto stanici nespĺňame odporúčania WHO (ročný priemer PM₁₀ do 15 µg·m⁻³).

Na **Obr. 3.2** sú výsledky modelovania pre PM₁₀, vypočítané pre rok 2022 pomocou modelu RIO následne upraveného pomocou regresnej IDW-R metódy (podrobnejšie v Kapitole 4 *Správy o kvalite ovzdušia v SR v roku 2022*). Na základe výstupov modelu môžeme predpokladať, že najvyššie priemerné ročné koncentrácie sa môžu vyskytovať najmä v obciach okresov Trnava, Hlohovec a Piešťany.

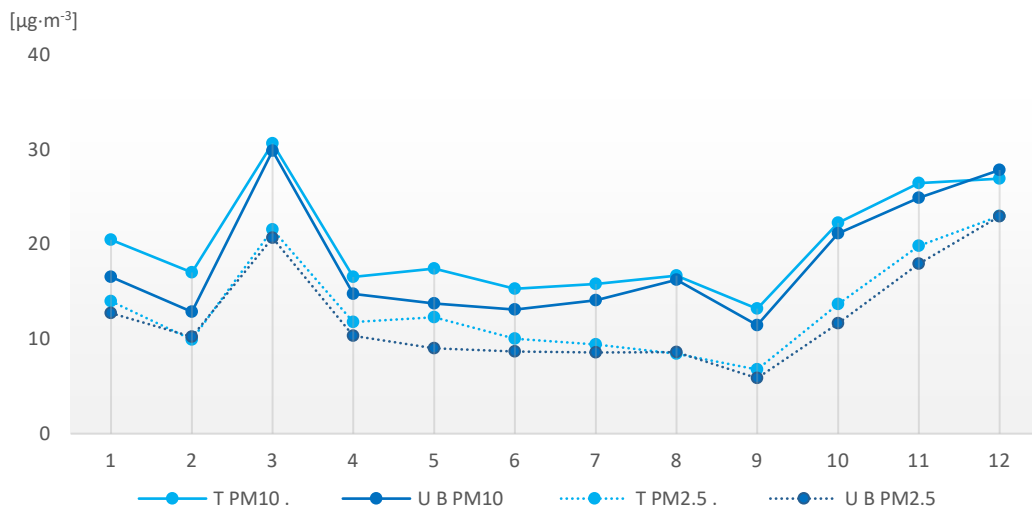
Obr. 3.1 Počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀ v jednotlivých mesiacoch v roku 2022.



Obr. 3.2 Priemerná ročná koncentrácia PM_{10} (vľavo) a počet prekročení limitnej dennej hodnoty PM_{10} (vpravo) v roku 2022.



Obr. 3.2 Priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} a $PM_{2,5}$ v kraji podľa typu stanice.



$T PM_{10}$ a $T PM_{2,5}$ – priemer mesačných koncentrácií PM_{10} a $PM_{2,5}$ na dopravných staniciach: Trnava, Kollárova a Senica, Hviezdoslavova; **$U B PM_{10}$ a $U B PM_{2,5}$** – mesačné koncentrácie PM_{10} a $PM_{2,5}$ na mestskej požadovej stanici: Sereď, Vinárska.

Obe dopravné stanice v zóne majú podobné priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} ako aj $PM_{2,5}$. **Obr. 3.2** porovnáva priemer ich mesačných koncentrácií s mesačnou koncentráciou PM_{10} a $PM_{2,5}$ na mestskej požadovej stanici v Sereďi.

V porovnaní s ostatnými zónami vykazujú priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} menšie sezónne rozdiely medzi chladnejšími a teplejšími mesiacmi. Je to preto, že spôsob vykurovania tuhým palivom, ktorý je významným zdrojom emisií tuhých častíc, nie je v zóne dominantný a rozptylové podmienky sú väčšinou priaznivé.

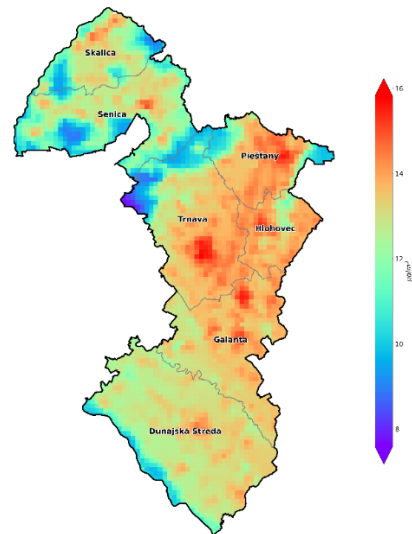
■ Tuhé častice PM_{2,5}

Zvýšené koncentrácie PM_{2,5} sú rizikové najmä pre ich nepriaznivý vplyv na ľudské zdravie.

Na Obr. 3.1 sú koncentrácie PM_{2,5} zobrazené prerušovanou čiarou. V zóne Trnavský kraj nevykazujú (rovnako ako PM₁₀) taký výrazný sezónny chod ako monitorovacie stanice inde na Slovensku. Na vidieckej pozadovej stanici v Topoľníkoch, kde meriame najnižšie koncentrácie PM_{2,5} v zóne, sme zaznamenali priemernú ročnú koncentráciu vyššiu ako odporúčania WHO (do 5 µg·m⁻³). Pričom toto odporúčanie nebolo naplnené v žiadnom mesiaci roka, ani v lete, keď bývajú mesačné koncentrácie PM_{2,5} najnižšie.

Mapa na Obr. 3.3 zobrazuje priestorové rozloženie priemerných ročných koncentrácií PM_{2,5} podľa výstupu modelu RIO v kombinácii s modelom IDW-R.

Obr. 3.3 Priemerné ročné koncentrácie PM_{2,5}.

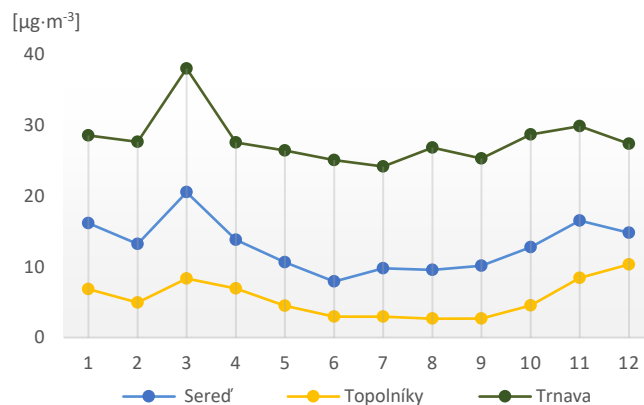


3.2 Oxid dusičitý

Monitoring oxidu dusičitého prebieha na troch staniciach. Priemerné mesačné hodnoty pre jednotlivé stanice zachytáva Obr. 3.4.

Hlavným zdrojom emisií NO₂ je cestná doprava. Najvyššie koncentrácie z tohto dôvodu zaznamenávame na dopravnej stanici Trnava. Najvyššia priemerná ročná úroveň (28 µg·m⁻³) neprekračuje limitnú hodnotu pre priemernú ročnú koncentráciu (40 µg·m⁻³). Namerané hodnoty si udržiavajú relatívne konštantnú úroveň po celý rok, s nevýrazným minimom v letných mesiacoch. Priemerné ročné koncentrácie na vidieckej pozadovej stanici dosahovali hodnoty 5 µg·m⁻³. Celkovo sú koncentrácie NO₂ v Trnavskom kraji na relatívne nízkej úrovni. Napriek tomu jedinou stanicou, ktorá splnila odporúčania WHO (10 µg·m⁻³) sú Topoľníky.

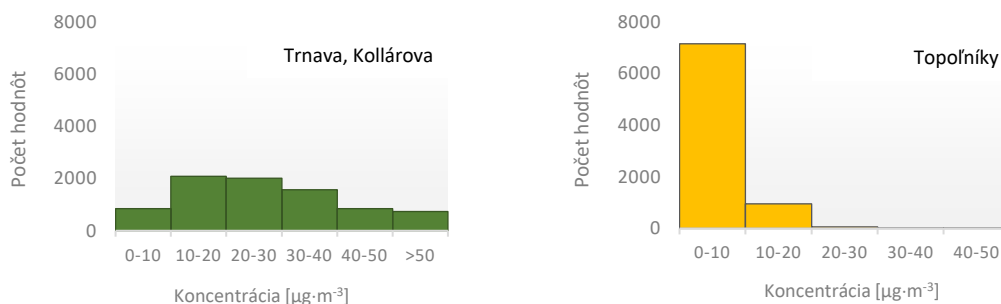
Obr. 3.4 Priemerné mesačné koncentrácie NO₂.



Priemerné ročné koncentrácie na vidieckej pozadovej stanici dosahovali hodnoty 5 µg·m⁻³. Celkovo sú koncentrácie NO₂ v Trnavskom kraji na relatívne nízkej úrovni. Napriek tomu jedinou stanicou, ktorá splnila odporúčania WHO (10 µg·m⁻³) sú Topoľníky. Maximum hodinovej koncentrácie NO₂ dosiahnuté na dopravnej stanici Trnava bolo 153 µg·m⁻³ (22.3.2022 o 18:00). Na pozadovej stanici Topoľníky bola maximálna nameraná koncentrácia NO₂ 46 µg·m⁻³ (22.3.2022 o 23:00). Oba extrémny sú pravdepodobne spôsobené nepriaznivými rozptylovými podmienkami počas anticyklonálnej situácie.

Obr. 3.5 zachytáva rozdielne rozvrstvenie početností hodinových koncentrácií NO₂ na dvoch typoch staníc – na dopravnej v Trnave a na regionálnej (vidieckej) pozadovej v Topoľníkoch. Kým v Trnave sme namerali 739 hodnôt (9%) vyšších ako 50 µg·m⁻³, v Topoľníkoch ani jednu a len tri hodnoty nad 40 µg·m⁻³.

Obr. 3.5 Histogram hodinových koncentrácií NO₂ v Trnave a Topoľníkoch.

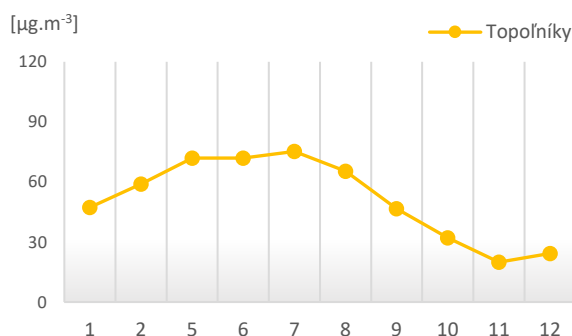


3.3 Ozón

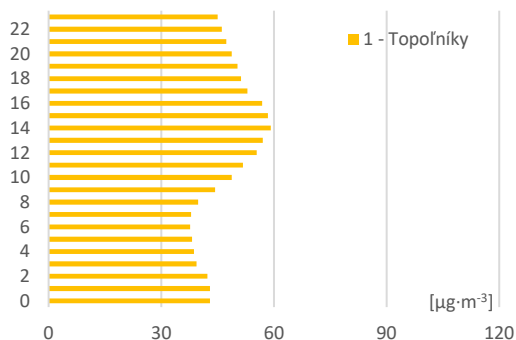
Monitoring ozónu prebieha v Trnavskom kraji na vidieckej pozadovej stanici Topoľníky.

Najvyššie koncentrácie prízemného ozónu sa vyskytujú spravidla v teplých mesiacoch s vysokou intenzitou slnečného svitu (**Obr. 3.6**). Na **Obr. 3.7** a **Obr. 3.8** je znázornený tzv. denný chod koncentrácie O₃. Môžeme z neho usúdiť, že koncentrácie stúpajú s východom slnka, vrchol dosahujú okolo poludnia a vo večerných hodinách postupne klesajú na minimum, ktoré sa vyskytuje nadržanom. Veľké rozdiely v koncentráciách prízemného ozónu zaznamenávajúme tiež v teplom a chladnom období.

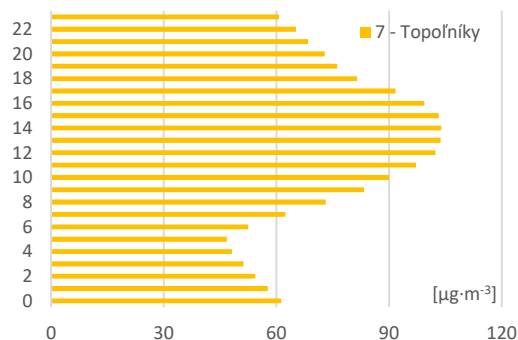
Obr. 3.6 Priemerné mesačné koncentrácie O₃.



Obr. 3.7 Denný chod koncentrácie O₃ v januári 2022.



Obr. 3.8 Denný chod koncentrácie O₃ v júli 2022.



3.4 Benzo(a)pyrén

Benzo(a)pyrén sa v tejto zóne monitoruje na monitorovacej stanici v Trnave. Cieľová hodnota tu nebola od začiatku meraní prekročená. Hoci v r. 2022 mali merania výpadok najmä počas októbra, hodnoty namerané v predchádzajúcich rokoch naznačujú, že cieľová hodnota BaP pre priemernú ročnú koncentráciu (1 ng·m⁻³) by tu pravdepodobne nebola prekročená ani v roku 2022.

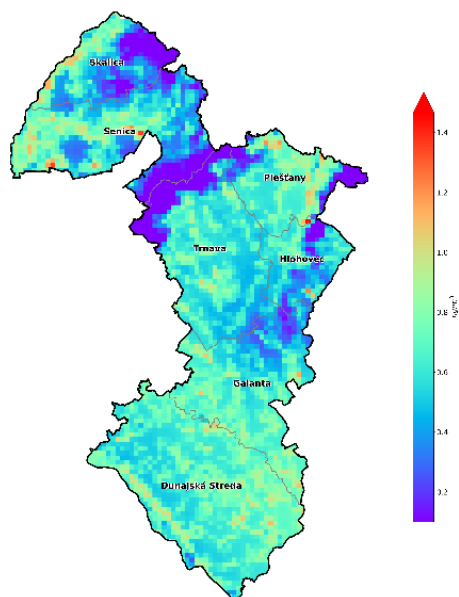
Tab. 3.2 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Cieľová hodnota [ng·m ⁻³]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Trnava, Kollárova		0,9	0,7	0,5	0,6	*0,5

≥ 90 % platných meraní

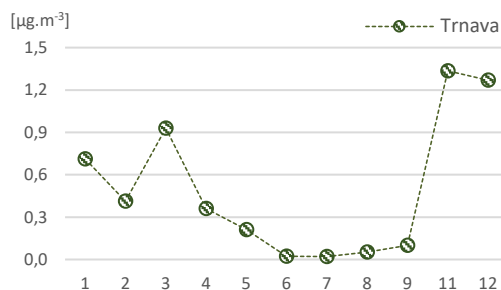
* porucha od 19. 9. 2022 do 4. 11. 2022

Obr. 3.9 Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu podľa výstupu modelu RIO, IDW-R (2022).



Vyššie hodnoty benzo(a)pyrénu sme namerali v chladných mesiacoch roka (**Obr. 3.10**). Na základe výstupov matematického modelovania (**Obr. 3.9**) môžeme predpokladať, že ročná cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén sa v zóne Trnavský kraj pravdepodobne zväčša neprekračuje, rizikové oblasti sú popísané v kapitole 3.6.

Obr. 3.10 Priemerné mesačné koncentrácie benzo(a)pyrénu v roku 2022.



3.5 Chemické zloženie zrážok

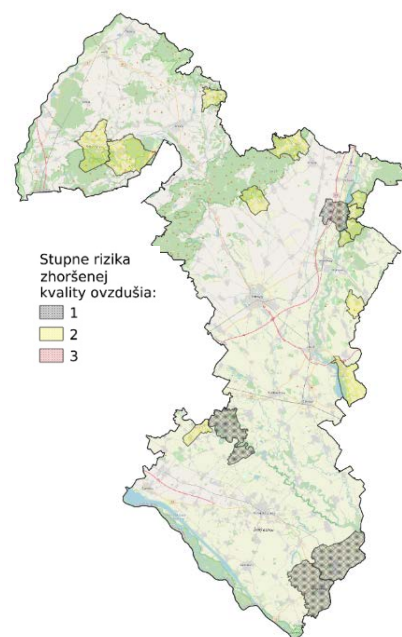
Na vidieckej požadovej stanici Topoľníky sa monitoruje na týždennej báze kvalita zrážok. Sleduje sa kvalitatívne zloženie základných iónov, parametre pH a vodivosť. Ročná priemerná hodnota pH bola 5,60 a ani mesačné priemery neklesli pod hodnotu pH 5. Koncentrácie síranov a dusičnanov boli celoročne na nízkych hodnotách. Môžeme konštatovať, že v zóne Trnavský kraj nedochádza k nadmernej acidifikácii prostredia. Podrobné výsledky monitoringu sú uvedené v kapitole 3.4 Regionálny monitoring v hlavnej časti *Správy o kvalite ovzdušia v SR za rok 2022*.

3.6 Rizikové oblasti

Obr. 3.11 zobrazuje obce ohrozené zhoršenou kvalitou ovzdušia, určené Metódou integrovaného posúdenia obcí⁴. Stupeň 3 zodpovedá najvyššej pravdepodobnosti ohrozenia znečistením ovzdušia. Metodika zahŕňa mieru vykurovania domácností tuhým palivom, vplyv zhoršených rozptylových podmienok z krátkodobého aj dlhodobého hľadiska, výsledky chemicko-transportného modelu CMAQ, interpolačného modelu RIO a výsledky modelovania s vysokým rozlíšením modelom CALPUFF na vybraných doménach s predpokladom zhoršenej kvality ovzdušia.

Obciam, na území ktorých bola podľa modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením prekročená limitná hodnota pre PM₁₀, NO₂ alebo cieľová hodnota pre BaP, bol automaticky priradený rizikový stupeň 3, podobne ako obciam, kde bolo prekročenie limitnej či cieľovej hodnoty zistené meraním. Zoznam obcí a ich rizikových stupňov je na web stránke SHMÚ⁵.

Obr. 3.11 Rizikové obce v Trnavskom kraji 2022.



⁴ Štefánik, D., Krajčovičová, J.: *Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia*, Slovenský hydrometeorologický ústav, 2023, dostupné na <https://www.shmu.sk/sk/?page=996>

⁵ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2768>

Zóny a aglomerácie, ktoré obsahujú aspoň jednu obec s rizikovým stupňom 3, vypracujú Program na zlepšenie kvality ovzdušia. V tomto zmysle zodpovedajú obce s rizikovým stupňom 3 oblastiam riadenia kvality ovzdušia. Opatrenia na zníženie emisií však musia byť vykonané v takto vyčlenenej zóne vo všetkých obciach, ktorých rizikový stupeň je 2 alebo 3, v ideálnom prípade aj v obciach s rizikovým stupňom 1.

Hodnotenie pomocou Metódy integrovaného posúdenia má za cieľ vymedziť oblasti, kde je potrebné zamerať opatrenia na zlepšenie kvality ovzdušia. Vzhľadom na rozmiestnenie zdrojov znečisťovania vzdušia a s ohľadom na mikroklimatické charakteristiky územia je pravdepodobné, že v rizikovej oblasti sa miera znečistenia na rôznych lokalitách líši. Predstavu o priestorovom rozložení znečistenia ovzdušia poskytujú výsledky modelovania s vysokým rozlíšením, ktoré sú postupne dopĺňané na web stránky SHMÚ⁶.

3.7 Zhrnutie

V roku 2022 v zóne Trnavský kraj nebolo namerané prekročenie limitnej hodnoty pre SO₂, NO₂, CO a benzén, ani prekročenie limitnej hodnoty pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ a PM_{2,5}.

Počet dní s priemernou dennou koncentráciou PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³ bol pod úrovňou povoleného limitu. Cieľová hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu benzo(a)pyrénu nebola prekročená. V Trnavskom kraji nebolo v posledných troch hodnotených rokoch namerané prekročenie limitnej ani cieľovej hodnoty pre žiadnu znečisťujúcu látku, preto v tejto zóne nebola vymedzená na základe monitorovania žiadna oblasť riadenia kvality ovzdušia. Počet rizikových obcí ohrozených zhoršenou kvalitou ovzdušia kvôli vykurovaniu domácností tuhým palivom je v Trnavskom kraji podľa dostupných údajov relatívne nízky. Obce s rizikovým stupňom 3 podľa aktuálnej metodiky sa v Trnavskom kraji nenachádzajú. Energetická kríza sa však môže prejaviť aj v náraste spotreby palivového dreva, čo sa v oblastiach s horšou ventiláciou môže prejaviť v zhoršení kvality ovzdušia. Oblasť patrí z hľadiska kvality ovzdušia medzi menej problémové.

⁶ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2699>

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SR 2022

PRÍLOHA

HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE ŽILINSKÝ KRAJ

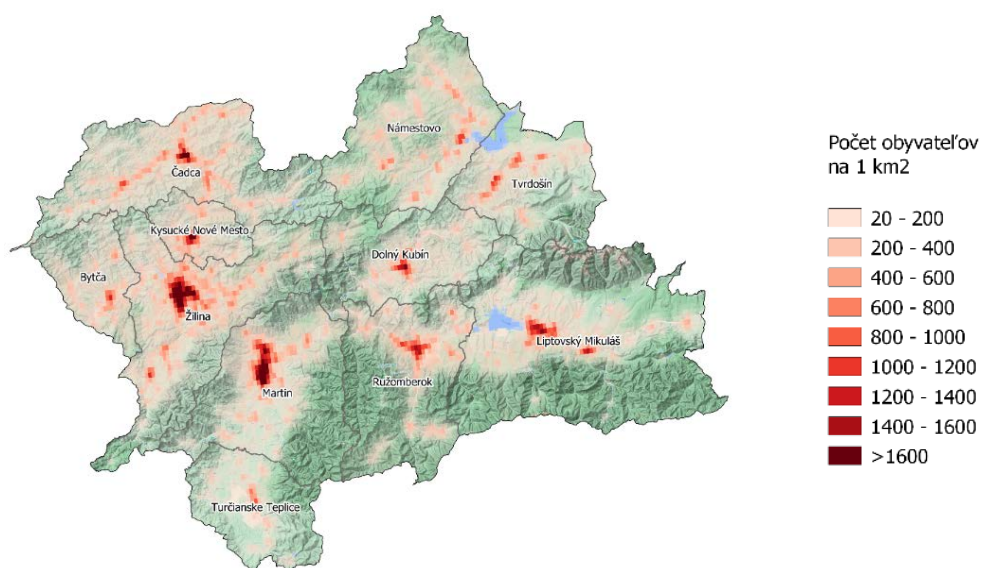
1	POPIS ÚZEMIA ŽILINSKÉHO KRAJA Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA	2
2	MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE ŽILINSKÝ KRAJ	3
3	ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE ŽILINSKÝ KRAJ	6
3.1	Tuhé častice PM ₁₀ a PM _{2,5}	7
3.2	Oxid dusičitý	9
3.3	Ozón	10
3.4	Benzo(a)pyrén	11
3.5	Chemické zloženie zrážok	12
3.6	Rizikové oblasti	12
3.7	Zhrnutie	13

1 POPIS ÚZEMIA ŽILINSKÉHO KRAJA Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA

Územie Žilinského kraja je prevažne hornaté, patrí do Západných Karpát. Rieka Váh územie rozdeľuje na severnú a južnú časť. V severnej sa nachádzajú pohoria Vysoké, Západné a Belianske Tatry, Skorušinské vrchy, Oravské Beskydy, Oravská Magura, Oravská vrchovina, Chočské vrchy, Krivánska Fatra, Kysucké Beskydy, Kysucká vrchovina a Javorníky, v južnej Nízke Tatry, Veľká Fatra, Lúčanská Fatra a Strážovské vrchy. Najvyšším bodom je Kriváň s nadmorskou výškou 2 494 m n. m., najnižší bod má 285 m n. m. Územie je tiež charakteristické hlbokými a uzavretými kotlinami, čo nepriaznivo vplyva na ventiláciu a tým aj na rozptyl znečisťujúcich látok v ovzduší. **Obr. 1.1** znázorňuje priestorové rozloženie hustoty osídlenia v zóne.

Celý Žilinský kraj je z hľadiska hodnotenia kvality ovzdušia jednou zónou pre SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, benzén, polycyklické aromatické uhľovodíky a CO v ovzduší.

Obr. 1.1 Rozloženie hustoty obyvateľstva v zóne Žilinský kraj (Zdroj: EUROSTAT, 2018).

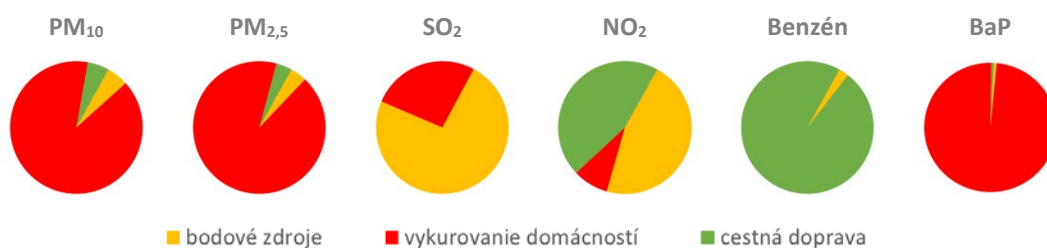


Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Žilinský kraj

V hornatej časti kraja je vykurovanie domácností tuhým palivom významným zdrojom znečistenia ovzdušia. Automobilová doprava prispieva k znečisteniu ovzdušia najviac v okresoch Žilina, Martin a Bytča. V prvom z nich cesta č. 11 dosahuje denný priemerný počet 37 927 vozidiel (6 867 nákladných a 30 972 osobných áut), cesta č. 18 v priemere denne 32 334 vozidiel (3 736 nákladných a 28 523 osobných áut), 30 659 vozidiel je denne na ceste č. 18A (6 080 nákladných a 24 513 osobných áut) a 23 579 vozidiel na diaľnici D3 (5 661 nákladných a 17 819 osobných áut). V okrese Martin premávku na ceste č. 65 denne tvorí v priemere 22 973 vozidiel (2 767 nákladných a 20 153 osobných áut) a na ceste č. 65 denne 23 002 vozidiel (2932 nákladných a 19 982 osobných áut). V okrese Bytča diaľnicou D1 prechádza denne v priemere 23 956 vozidiel (5 141 nákladných a 18 725 osobných áut)¹.

¹ <https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/dopravne-inzinerstvo/celostatne-scitanie-dopravy-v-roku-2015/zilinsky-kraj.ssc>

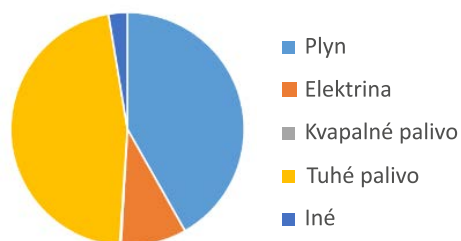
Obr. 1.2 Podiel rôznych druhov zdrojov znečisťovania ovzdušia na celkových emisiách v zóne Žilinský kraj.



Poznámka: Stredné a veľké zdroje znečisťovania ovzdušia evidované v databáze NEIS sú označené pre tento účel ako „bodové zdroje“.

Priemyselné zdroje znečisťovania ovzdušia, ako sú papierne, cementárne, výroba vápna, či ferozliatin sú v zóne Žilinský kraj z hľadiska príspevku k lokálnemu znečisteniu ovzdušia základnými znečisťujúcimi látkami menej významné.

Obr. 1.3 Podiel rôznych druhov palív na vykurovaní rodinných domov².



Pre vykurovanie rodinných domov v zóne sú podľa údajov zo SODB 2021 využívané tuhé palivá aj zemný plyn. Spomedzi všetkých krajov má Žilinský kraj najvyšší podiel tuhých palív na vykurovaní domácností. Tuhé palivá sa pravdepodobne viac používajú vo vidieckom type osídlenia s dobrou dostupnosťou palivového dreva. Najvyšší podiel tuhých palív v zóne majú podľa SODB 2021 okresy Námestovo, Dolný Kubín a Ružomberok.

2 MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE ŽILINSKÝ KRAJ

V Žilinskom kraji sa sleduje kvalita ovzdušia na šiestich monitorovacích staniciach, v Ružomberku už od 80-tych rokov 20. storočia. Na lokalite Ružomberok, Riadok je monitorovacia stanica, ktorá charakterizuje kvalitu ovzdušia na mestskej pozadovej lokalite, blízko miestnej komunikácie s nízkou intenzitou dopravy. Stanica v Žiline reprezentuje mestské pozadové hodnoty znečistenia. Monitorovacia stanica v Martine zachytáva vplyv cestnej dopravy v blízkosti frekventovanej príjazdovej cesty.

V roku 2021 pribudli v zóne dve monitorovacie stanice. Stanica v Liptovskom Mikuláši charakterizuje mestské pozadové znečistenie a Ošadnica reprezentuje vidiecky typ zástavby, kde dôležitú úlohu v znečistení ovzdušia zohráva vykurovanie domácností pevným palivom.

Monitorovacia stanica na Chopku je najvyššie položenou stanicou na sledovanie kvality ovzdušia v SR. Riadi sa monitorovacím programom EMEP (<https://www.emep.int/>) a je taktiež súčasťou siete GAW (<https://community.wmo.int/activity-areas/gaw>).

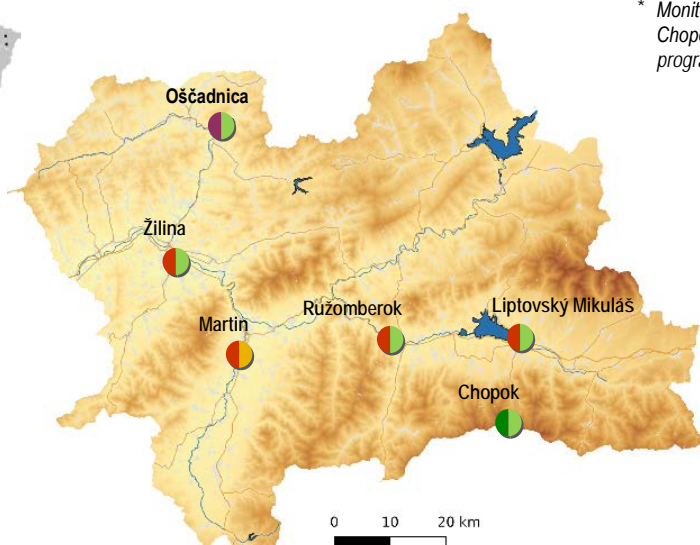
² <https://www.scitanie.sk>

Tabuľka **Tab. 2.1** obsahuje informácie o monitorovacích staniciach kvality ovzdušia v zóne Žilinský kraj:

- medzinárodný Eol kód, charakteristiku stanice podľa dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia (dopravná, pozadová, priemyselná), typ oblasti, ktorú daná stanica monitoruje (mestská, predmestská, vidiecka/regionálna) a geografické súradnice;
- monitorovací program. Automatické prístroje kontinuálneho monitoringu poskytujú priemerné hodinové koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5}, oxidov dusíka, oxidu siričitého, ozónu, oxidu uhoľnatého a benzénu. Skúšobné laboratórium SHMÚ v rámci manuálneho monitoringu analyzuje ťažké kovy a polycyklické aromatické uhľovodíky. Výsledkom analýzy sú priemerné 24-hodinové hodnoty.

Tab. 2.1 Monitorovací program kvality ovzdušia v zóne Žilinský kraj.

Zóna Žilinský kraj								Merací program										
Okres	Kód Eol	Názov stanice	Typ		Zemepisná		Nadmorská výška [m]	Kontinuálne							Manuálne			
			oblasti	stanice	Dĺžka	Šírka		PM ₁₀	PM _{2,5}	NO, NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	Benzén	Hg	As, Cd, Ni, Pb	BaP	
Liptovský Mikuláš	SK0002R	Chopok, EMEP	R	B	19°35'21"	48°56'37"	1990										*	
Liptovský Mikuláš	SK0067A	Liptovský Mikuláš, Školská	U	B	19°37'10"	49°05'02"	578											
Čadca	SK0071A	Ošľadnica	S	B	18°53'01"	49°26'07"	465											
Martin	SK0039A	Martin, Jesenského	U	T	18°55'17"	49°03'35"	383											
Ružomberok	SK0008A	Ružomberok, Riadok	U	B	19°18'09"	49°04'45"	475											
Žilina	SK0020A	Žilina, Obežná	U	B	18°46'17"	49°12'41"	356											
Spolu								5	5	6	3	4	3	2	0	2	3	



* Monitoring ťažkých kovov na stanici Chopok prebieha podľa monitorovacieho programu EMEP (Tab. 2.2)

Typ oblasti:
 U – mestská
 S – predmestská
 R – vidiecka (regionálna)

Typ stanice:
 B – pozadová
 T – dopravná
 I – priemyselná

Monitorovacia stanica Chopok charakterizuje regionálnu pozadovú úroveň znečistenia, je zaradená do monitorovacieho programu EMEP³, ktorý okrem rozšíreného monitoringu znečistenia ovzdušia pokrýva aj analýzu atmosférických zrážok.

Monitorovací program kvality ovzdušia na EMEP stanici Chopok v roku 2022 **Tab. 2.2**. Ťažké kovy sa analyzujú z týždenných vzoriek (odber trvá 7 dní), ostatné látky sa analyzujú z 24-hodinových odberov.

Tab. 2.2 Merací program na EMEP stanici Chopok.

	Ozón (O ₃)	Oxid siričitý (SO ₂)	Oxidy dusíka (NO _x)	Sírany (SO ₄ ²⁻)	Dusičnany (NO ₃ ⁻)	Kyselina dusičná (HNO ₃)	Chloridy (Cl)	TSP*	Olovo (Pb)	Arzén (As)	Kadmium (Cd)	Nikel (Ni)	Chróm (Cr)	Meď (Cu)	Zinok (Zn)
Chopok	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

* TSP – celkové suspendované častice v ovzduší

Kvalita zrážok (pH, vodivosť, sírany, dusičnany, chloridy) sa analyzuje zo vzoriek odobraných na EMEP staniciach podľa monitorovacieho programu uvedeného v **Tab. 2.3** na dennej báze. Výsledkom analýz sú priemerné denné hodnoty.

Odberovým intervalom zrážok na analýzu ťažkých kovov je kalendárny mesiac. Na odber zrážok slúži zrážkomer typu „bulk“, ktorý zachytáva zrážky aj suchú depozíciu (v období, keď sa zrážky nevyskytujú, sa neuzavrie). Na základe analýz takto odobraných vzoriek sa hodnotí celková (suchá aj mokrá) depozícia.

Tab. 2.3 Merací program zrážok na EMEP stanici Chopok.

	pH	Vodivosť	Sírany (SO ₄ ²⁻)	Dusičnany (NO ₃ ⁻)	Chloridy (Cl)	Amónne ióny (NH ₄ ⁺)	Alkalické ióny (K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺)	Olovo (Pb)	Arzén (As)	Kadmium (Cd)	Nikel (Ni)	Chróm (Cr)	Meď (Cu)	Zinok (Zn)
Chopok	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

³ <https://www.emep.int>

3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE ŽILINSKÝ KRAJ

Táto kapitola obsahuje zhodnotenie kvality ovzdušia v zóne Žilinský kraj na základe monitorovania, doplnené o výsledky matematického modelovania pre PM₁₀, PM_{2,5} a benzo(a)pyrén za rok 2022.

Tab. 3.1 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia ľudí a smogového varovného systému pre PM₁₀ v zóne Žilinský kraj – 2022.

Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia									IP ²⁾	VP ²⁾
	SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	PM ₁₀	PM ₁₀
	1 h	24 h	1 h	1 rok	24 h	1 rok	1 rok	8 h ¹⁾	1 rok	12 h	12 h
Parameter	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	priemer	počet prekročení	priemer	priemer	priemer	priemer	trvanie prekročenia [h]	trvanie prekročenia [h]
Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	350	125	200	40	50	40	20	10 000	5	100	150
Maximálny počet prekročení	24	3	18		35						
Chopok, EMEP			0	2							
Liptovský Mikuláš, Školská	0	0	0	13	6	19	14			4	0
Martin, Jesenského			0	17	10	26	17	1 355	0,77	6	0
Oščadnica	0	0	0	7	9	22	17			19	0
Ružomberok, Riadok	0	0	0	16	17	23	18	2 234	1,11	15	1
Žilina, Obežná			0	20	18	24	17	2 160		38	12

 ≥ 90 % platných meraní

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

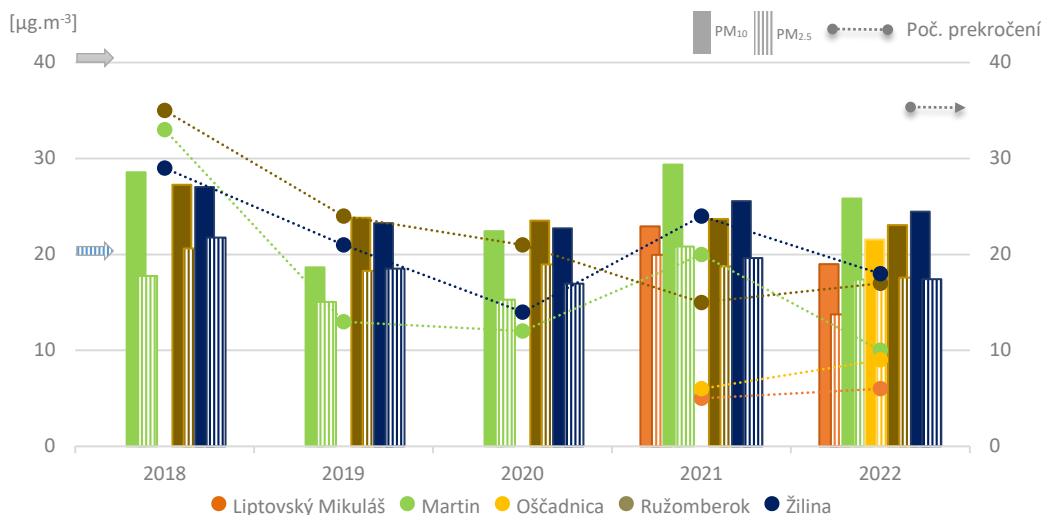
²⁾ IP, VP – trvanie prekročenia (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) pre PM₁₀

S výnimkou merania SO₂ a NO₂ v Oščadnici (táto stanica však pre obe znečisťujúce látky dosiahla 88 % a 89 % platných hodnôt, t.j. temer vyžadovaných 90 % a preto aj meranie SO₂ a NO₂ v Oščadnici zaraďujeme do hodnotenia) bol v súlade s Vyhláškou MŽP SR č. 244/2016 Z. z. o kvalite ovzdušia v znení neskorších predpisov na ostatných monitorovacích staniciach vyžadovaný podiel platných hodnôt dodržaný.

3.1 Tuhé častice PM₁₀ a PM_{2,5}

Obr. 3.1 zobrazuje priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet dní s priemernou dennou koncentraciou PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³ podľa výsledkov meraní na monitorovacích staniciach v zóne Žilinský kraj v roku 2022.

Obr. 3.1 Priemerné ročné koncentrácie PM₁₀, PM_{2,5} a počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀.



Počet prekročení – zachytáva priemerné denné koncentrácie vyššie ako 50 µg·m⁻³;

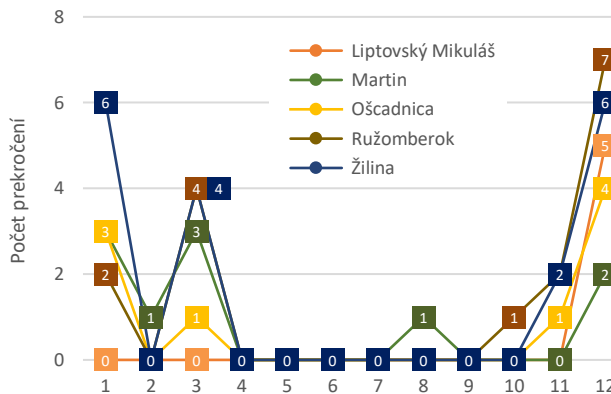
Šípky znázorňujú limitné hodnoty, **modrá pruhovaná** PM_{2,5} (priemerná ročná koncentrácia < 20 µg·m⁻³); **šedá plná** PM₁₀ (priemerná ročná koncentrácia < 40 µg·m⁻³); **šedá bodkovaná vpravo** počet prekročení (priemerná denná koncentrácia PM₁₀ 50 µg·m⁻³ sa nesmie prekročiť viac než 35-krát za kalendárny rok).

■ Tuhé častice PM₁₀

Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM₁₀ (40 µg·m⁻³) v zóne Žilinský kraj nebola prekročená. Limitnú hodnotu pre počet prekročení (35) priemernej dennej limitnej koncentrácie PM₁₀ (50 µg·m⁻³) nepresiahla žiadna stanica (**Obr. 3.1**). Na dopravnej stanici v Martine bola zaznamenaná najvyššia priemerná ročná koncentrácia PM₁₀ (26 µg·m⁻³, čo predstavuje medziročný pokles o 3 µg·m⁻³) aj najvyšší počet denných prekročení (10; v r. 2021 to bolo 28 prekročení). Na mestských pozadoňových staniciach v Ružomberku a Žiline boli v roku 2022 namerané priemerné koncentrácie na úrovni 23 µg·m⁻³, resp. 24 µg·m⁻³, pričom na oboch staniciach bol zaznamenaný podobný počet prekročení (17, resp. 18).

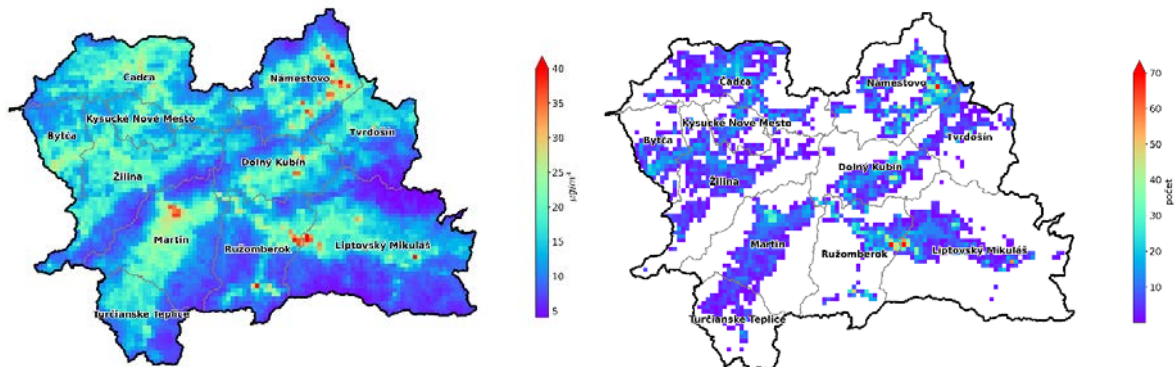
Obr. 3.2 znázorňuje počet prekročení priemernej dennej limitnej koncentrácie PM₁₀ v jednotlivých mesiacoch roka 2022. Všetky prekročenia sú sústredené v chladných mesiacoch (okrem jedného prekročenia v Martine v auguste), keď sú zhoršené rozptylové podmienky a zvýšené emisie PM₁₀, najmä z lokálneho vykurovania. Z **Obr. 3.4** je zrejmé, že v teplých mesiacoch roka sú koncentrácie PM₁₀ nižšie než v chladnejších mesiacoch v období vykurovania. Priemerné mesačné koncentrácie PM₁₀ a PM_{2,5} mali na rôznych typoch staníc podobný priebeh, s lokálnymi maximami v marci a decembri.

Obr. 3.2 Počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀ za jednotlivé mesiace v roku 2022.

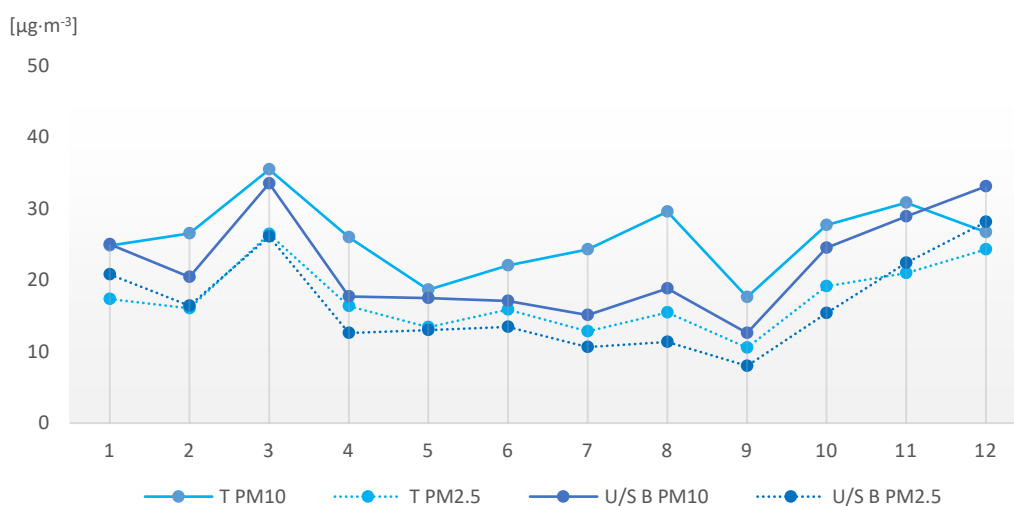


Na **Obr. 3.3** sú výsledky modelovania pre PM_{10} vypočítané pre rok 2022 pomocou modelu RIO následne upraveného pomocou regresnej IDW metódy (podrobnejšie v 4. kapitole *Správy o kvalite ovzdušia v SR v roku 2022*).

Obr. 3.3 Priemerná ročná koncentrácia PM_{10} (vľavo) a počet prekročení limitnej dennej hodnoty PM_{10} (vpravo) v roku 2022.



Obr. 3.4 Priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} a $PM_{2,5}$ v Žilinskom kraji podľa typu stanice.



T PM_{10} a T $PM_{2,5}$ – priemerná mesačná koncentrácia PM_{10} a $PM_{2,5}$ na dopravnej stanici Martin;
U/S PM_{10} a U/S B $PM_{2,5}$ – priemer mesačných koncentrácií PM_{10} a $PM_{2,5}$ na mestských/predmestských pozadových staniciach: Liptovský Mikuláš, Oščadnica, Ružomberok a Žilina.

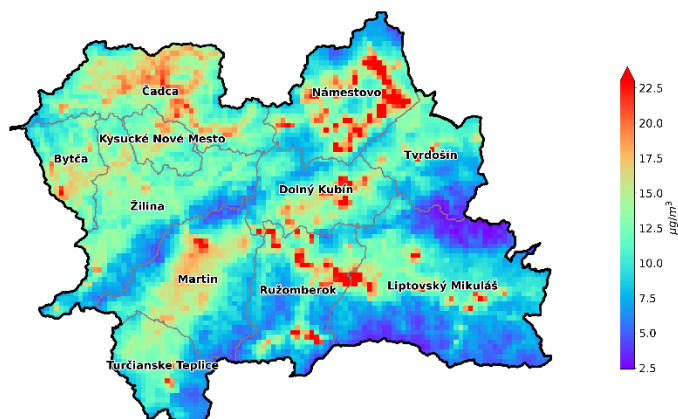
■ Tuhé častice $PM_{2,5}$

Zvýšené koncentrácie $PM_{2,5}$ sú rizikové najmä pre ich nepriaznivý vplyv na zdravie. Priemerná ročná koncentrácia $PM_{2,5}$ na dopravnej stanici v Martine dosiahla $17 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (rok predtým to bolo $21 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Podobné priemerné koncentrácie sme zaznamenali aj na (pred)mestských pozadových staniciach v Ružomberku ($18 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), Žiline ($17 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a Oščadnici ($17 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Pribeh koncentrácií $PM_{2,5}$ je znázornený na **Obr. 3.4** bodkovanou čiarou. Rovnako ako pri PM_{10} sú vyššie koncentrácie $PM_{2,5}$ v chladnejších mesiacoch roka. Na všetkých staniciach bola priemerná ročná koncentrácia vyššia ako odporúčanie WHO⁴ ($5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), ktoré nebolo splnené v žiadnom mesiaci roka, teda ani v lete, keď bývajú koncentrácie $PM_{2,5}$ najnižšie.

⁴ WHO GLOBAL AIR QUALITY GUIDELINES, 2021. Recommendations on classical air pollutants. (str. 4) <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345334/9789240034433-eng.pdf>

Ako je už uvedené vyššie pre PM_{10} , aj pre znečisťujúcu látku $PM_{2,5}$, bolo uskutočnené modelovanie kvality ovzdušia. Mapa na **Obr. 3.5** je výstupom modelu RIO v kombinácii s IDW-R.

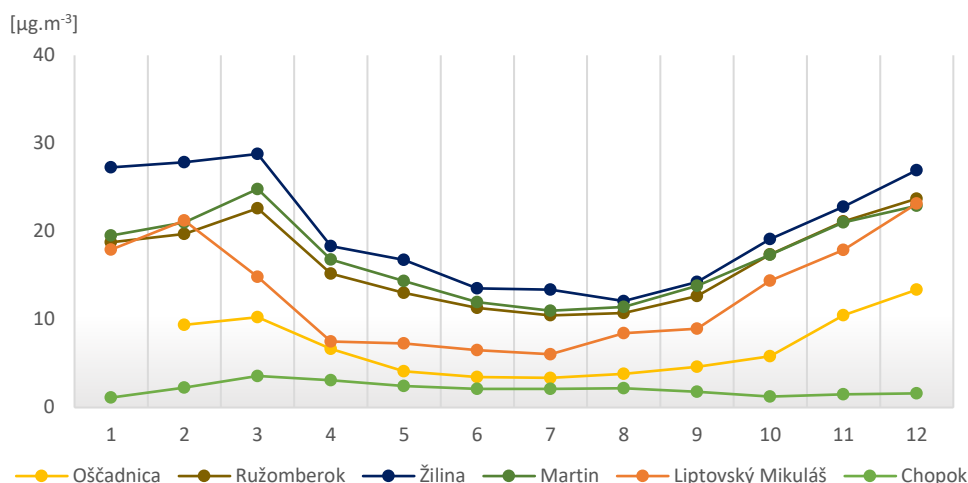
Obr. 3.5 Priemerné ročné koncentrácie $PM_{2,5}$ v roku 2022.



3.2 Oxid dusičitý

Monitoring oxidu dusičitého prebieha v zóne na šiestich staniciach, priemerné mesačné hodnoty pre jednotlivé stanice zachytáva **Obr. 3.6**.

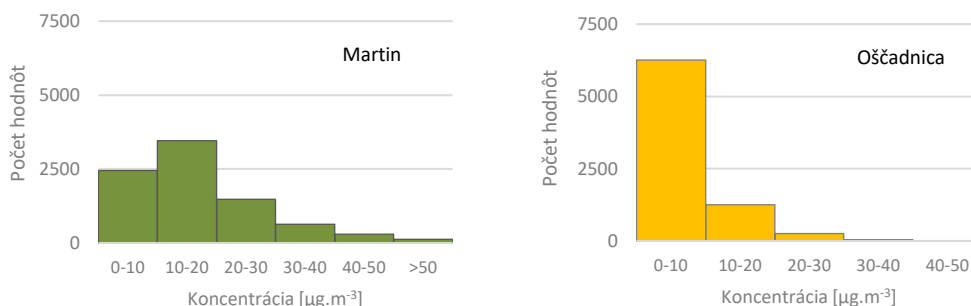
Obr. 3.6 Priemerné mesačné koncentrácie NO_2 .



Hlavným zdrojom emisií NO_2 je cestná doprava. Je preto zaujímavé, že najvyššie koncentrácie zaznamenávame v roku 2022 na mestskej pozadovej stanici Žilina, Obežná, kde priemerná ročná hodnota dosiahla $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (v r. 2021 $19 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), pričom na dopravnej stanici v Martine to bolo $17 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (v roku 2021 $21 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Na zvyšných mestských pozadových staniciach boli namerané nižšie hodnoty tohto ukazovateľa: v Ružomberku $16 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a v Liptovskom Mikuláši $13 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu NO_2 ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nie je teda v roku 2022 prekročená na žiadnej zo staníc tejto zóny. Kvôli zhoršeným rozptylovým podmienkam sú koncentrácie NO_2 vyššie v zime, čo ilustruje **Obr. 3.6**. Vidíme, že mesačné koncentrácie na dopravnej stanici v Martine temer kopírujú hodnoty namerané na mestskej pozadovej stanici v Ružomberku. Priemerná ročná koncentrácia na predmestskej pozadovej stanici Oščadnica bola $7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (počet platných údajov tu dosiahol 89%, teda takmer požadovanú úroveň 90%, preto meranie NO_2 zaradujeme do hodnotenia) a na vidieckej (regionálnej) pozadovej stanici Chopok $2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V roku 2022 v zóne Žilinský kraj iba tieto dve stanice spĺňali pre priemernú ročnú koncentráciu NO_2 odporúčania WHO ($10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), ktoré sú výrazne prísnejšie než limity EÚ.

Obr. 3.7 porovnáva rozdelenie početnosti hodinových koncentrácií na dopravnej stanici v Martine a predmestskej pozadovej stanici v Oščadnici, ktorá spĺňa odporúčanie WHO pre priemernú ročnú koncentráciu NO₂ (10 µg·m⁻³). Zatiaľ čo stanica v Martine zaznamenala v pásme do 10 µg·m⁻³ 29% hodinových údajov, AMS Oščadnica 80%.

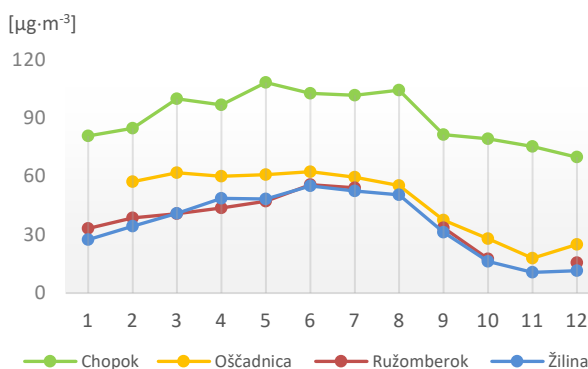
Obr. 3.7 Histogram hodinových koncentrácií NO₂ na AMS Martin a Oščadnica.



3.3 Ozón

Monitoring ozónu prebieha v tejto zóne na štyroch monitorovacích staniciach – na Chopku, v Žiline, Ružomberku a Oščadnici. Na stanici Chopok sa merajú najvyššie koncentrácie ozónu a na staniciach v Ružomberku a v Žiline jedny z najnižších v rámci Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia. Je to dané charakteristikou staníc. Chopok je vysokohorská stanica, kde je prísun ozónu z vyšších vrstiev troposféry významnejší a na mestských staniciach, ktoré sú v blízkosti ciest sa prejavuje titrácia ozónu prostredníctvom NO.

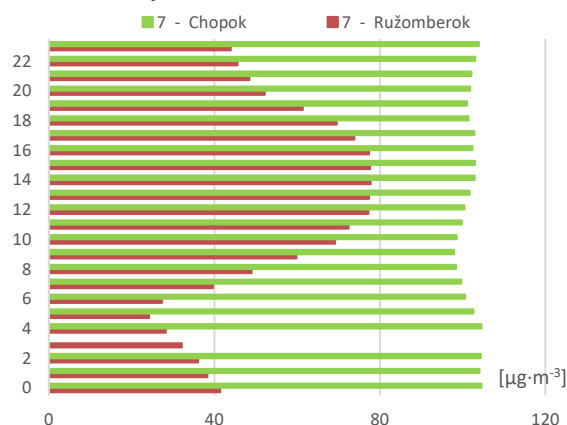
Obr. 3.7 Priemerné mesačné koncentrácie O₃.



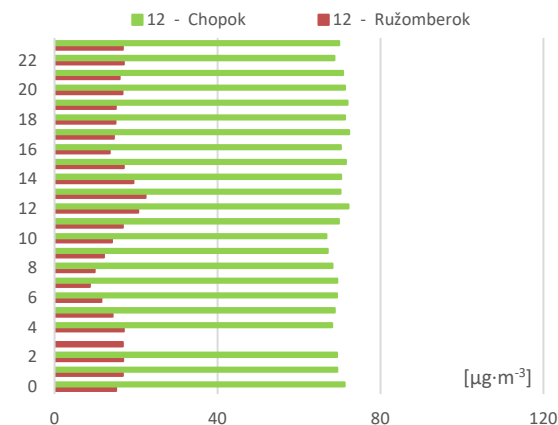
Najvyššie koncentrácie prízemného ozónu sa vyskytujú spravidla v teplých mesiacoch s vysokou intenzitou slnečného svitu (**Obr. 3.7**). Na **Obr. 3.8** a **Obr. 3.9** je znázornený tzv. denný chod koncentrácie O₃. Ten ukazuje, že koncentrácie stúpajú s východom slnka, vrchol dosahujú okolo poludnia a vo večerných hodinách postupne klesajú na minimum, ktoré sa vyskytuje nadržanom. Veľké rozdiely v koncentráciách prízemného ozónu zaznamenávame tiež v teplom a chladnom období.

Na žiadnej stanici sme v roku 2022 nezaznamenali prekročenie informačného ani výstražného prahu prízemného ozónu.

Obr. 3.8 Denný chod koncentrácie O₃ v júli 2022.



Obr. 3.9 Denný chod koncentrácie O₃ v decembri 2022.



3.4 Benzo(a)pyrén

Benzo(a)pyrén sa v Žilinskom kraji monitoruje na troch monitorovacích staniciach – v Žiline, Ružomberku a Oščadnici. Cieľovú hodnotu pre benzo(a)pyrén ($1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) prekročili všetky tri AMS (Tab. 3.2). V Žiline sa táto znečisťujúca látka monitoruje od r. 2018, v Ružomberku od r. 2020, kde bola v r. 2022 (podobne ako v r. 2021) cieľová hodnota prekročená viac než dvojnásobne.

Potvrdilo sa, že Oščadnica je ďalšou oblasťou, kde BaP predstavuje problém. Ide o lokalitu s relatívne vyššou nadmorskou výškou a tým aj s vyššími nárokmi na vykurovanie, s pravdepodobne problematickými rozptylovými podmienkami v zime. V Oščadnici boli namerané podobne vysoké hodnoty BaP ako v Ružomberku, a v marci a apríli dokonca výrazne vyššie. Výťažnosť v Oščadnici dosiahla 88 %, čo je blízko požadovaných 90 %, a preto meranie používame v hodnotení. AMS pre poruchu prístroja nemerala celý december, keď BaP dosahuje zvyčajne najvyššie koncentrácie v roku. Je takmer isté, že v Oščadnici by bola prekročená cieľová hodnota.

Jednako, pre zaujímavosť uvádzame, v januári a decembri 2022 na týchto troch staniciach koncentrácie BaP dosahovali oveľa nižšie hodnoty ako pred rokom.

Tab. 3.2 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom.

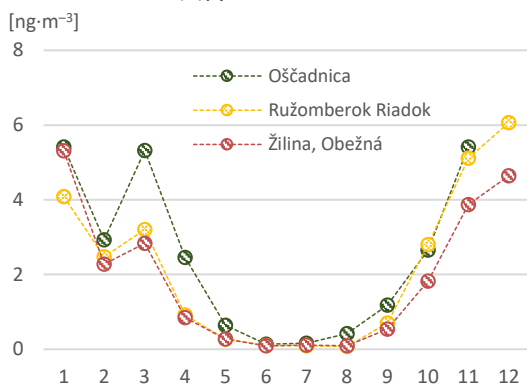
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Cieľová hodnota [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Žilina, Obežná		6,0	2,0	1,9	1,9	1,9
Ružomberok, Riadok				4,5	2,3	2,2
Oščadnica					*12,0	*2,5

 $\geq 90\%$ platných meraní

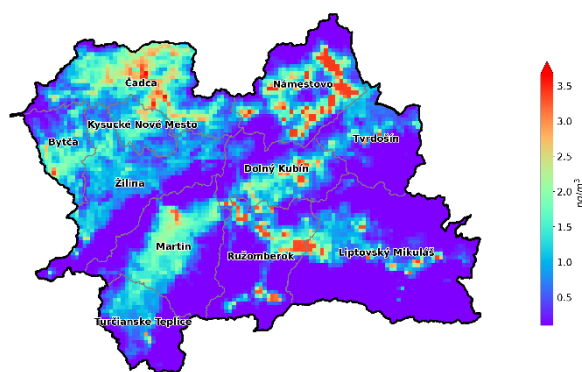
Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty v prípade, že na stanici bolo v danom roku dostatok ($\geq 90\%$) platných meraní

* v r. 2021 sa meranie BaP začali v priebehu roka (na celoročné hodnotenie v roku 2021 nebol dostatok platných meraní), v r. 2022 dosiahla výťažnosť 88 % (porucha prístroja počas celého decembra)

Obr. 3.10 Priemerné mesačné koncentrácie benzo(a)pyrénu v roku 2022.



Obr. 3.11 Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu podľa výstupu modelu RIO, IDW-R (2022).



Najvýraznejším zdrojom benzo(a)pyrénu je vykurovanie domácností tuhým palivom, najmä nedostatočne vysušeným drevom, resp. nevhodným palivom (rôzne druhy odpadu). V blízkosti veľkých dopravných uzlov je zdrojom emisií aj doprava. Tá môže ovplyvňovať hlavne koncentrácie na staniciach v Žiline a v Ružomberku. Obr. 3.11 znázorňuje priemernú ročnú koncentráciu podľa výstupov matematického modelovania. V oblastiach s nepriaznivými rozptylovými podmienkami predstavuje znečistenie touto látkou s karcinogénnymi vlastnosťami výrazný problém.

3.5 Chemické zloženie zrážok

Na vidieckej požadovej stanici Chopok sa monitoruje na dennej báze kvalita zrážok. Sleduje sa kvalitatívne zloženie základných iónov, parametre pH a vodivosť. Ročná priemerná hodnota pH bola 5,49 a ani mesačné priemery neklesli pod hodnotu pH 5. Mokrú depozíciu SO_4^{2-} bola na úrovni 0,3 g S/m²/rok a NO_3^- bola 0,2 g N/m²/rok. Mokrú depozíciu olovom bola na úrovni 2 mg/m²/rok. Podrobné výsledky monitoringu sú uvedené v kapitole 3. v časti Regionálny monitoring *Správy o kvalite ovzdušia v SR 2022*.

3.6 Rizikové oblasti

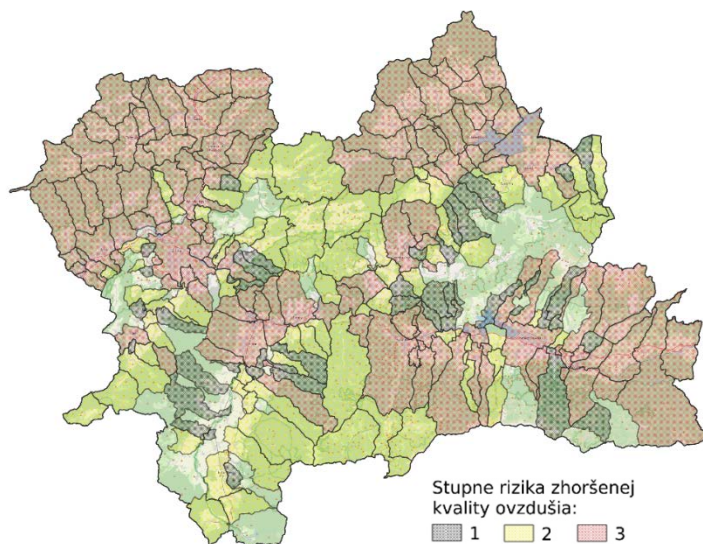
Obr. 3.12 zobrazuje obce ohrozené zhoršenou kvalitou ovzdušia, určené Metódou integrovaného posúdenia obcí⁵. Stupeň 3 zodpovedá najvyššej pravdepodobnosti ohrozenia znečistením ovzdušia. Metodika zahŕňa mieru vykurovania domácností tuhým palivom, vplyv zhoršených rozptylových podmienok z krátkodobého aj dlhodobého hľadiska, výsledky chemicko-transportného modelu CMAQ, interpolačného modelu RIO a výsledky modelovania s vysokým rozlíšením modelom CALPUFF na vybraných doménach s predpokladom zhoršenej kvality ovzdušia.

Obciam, na území ktorých bola podľa modelovania s vysokým priestorovým rozlíšením prekročená limitná hodnota pre PM, NO₂ alebo cieľová hodnota pre BaP, bol automaticky priradený rizikový stupeň 3, podobne ako obciam, kde bolo prekročenie limitnej či cieľovej hodnoty zistené meraním. Zoznam obcí a ich rizikových stupňov je na web stránke SHMÚ⁶.

Zóny a aglomerácie, ktoré obsahujú aspoň jednu obec s rizikovým stupňom 3, vypracujú Program na zlepšenie kvality ovzdušia. V tomto zmysle zodpovedajú obce s rizikovým stupňom 3 oblastiam riadenia kvality ovzdušia. Opatrenia na zníženie emisií však musia byť vykonané v takto vyčlenenej zóne vo všetkých obciach, ktorých rizikový stupeň je 2 alebo 3, v ideálnom prípade aj v obciach s rizikovým stupňom 1.

Hodnotenie pomocou Metódy integrovaného posúdenia má za cieľ vymedziť oblasti, kde je potrebné zamerať opatrenia na zlepšenie kvality ovzdušia. Vzhľadom na rozmiestnenie zdrojov znečisťovania vzdušia a s ohľadom na mikroklimatické charakteristiky územia je pravdepodobné, že v rizikovej oblasti sa miera znečistenia na rôznych lokalitách líši. Predstavu o priestorovom rozložení znečistenia ovzdušia poskytujú výsledky modelovania s vysokým rozlíšením, ktoré sú postupne dopĺňané na web stránke SHMÚ⁷.

Obr. 3.12 Rizikové obce v Žilinskom kraji (2022).



⁵ Štefánik, D., Krajčovičová, J.: *Metóda integrovaného posúdenia obcí vzhľadom na riziko nepriaznivej kvality ovzdušia*, Slovenský hydrometeorologický ústav, 2023, dostupné na <https://www.shmu.sk/sk/?page=996>

⁶ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2768>

⁷ <https://www.shmu.sk/sk/?page=2699>

3.7 Zhrnutie

V roku 2022 v zóne Žilinský kraj nebolo namerané prekročenie limitných hodnôt pre SO₂, NO₂, CO, benzén, PM₁₀ a PM_{2,5}. Cieľová hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu benzo(a)pyrénu bola podľa merania prekročená na staniciach v Ružomberku, Žiline a s pravdepodobnosťou blízkou istote aj v Oščadnici.

Na základe výsledkov matematického modelovania môžeme predpokladať, že v zóne Žilinský kraj sa vysoké koncentrácie PM a benzo(a)pyrénu môžu vyskytovať najmä v zimných mesiacoch aj v ďalších oblastiach, najmä v horských údoliach s nepriaznivými rozptylovými podmienkami a vysokým podielom tuhých palív na vykurovaní domácností.