

SPRÁVA O KVALITE OVZDUŠIA V SR 2021

PRÍLOHA

HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE ŽILINSKÝ KRAJ

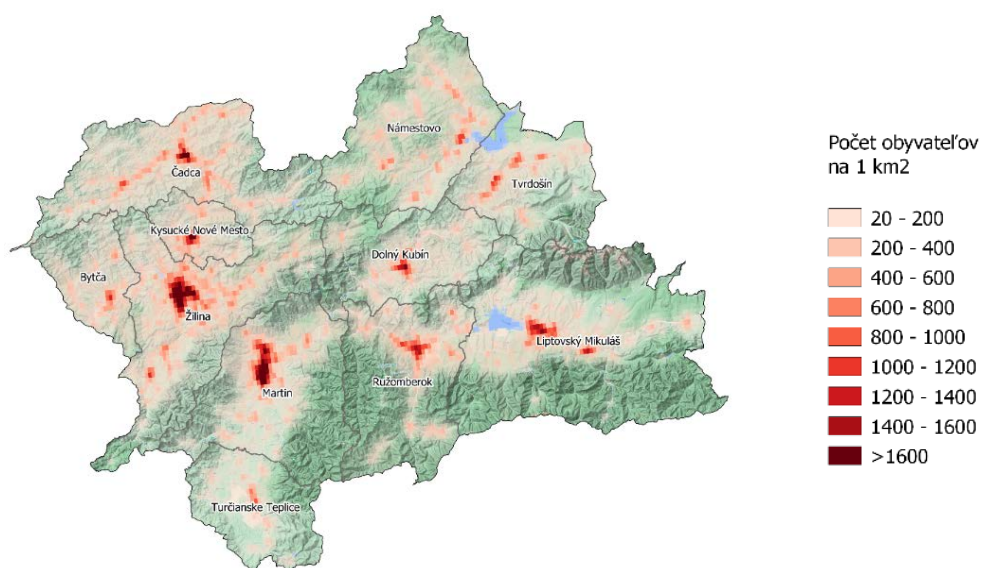
1	POPIS ÚZEMIA ŽILINSKÉHO KRAJA Z HĽADISKA KVALITY OVZDUŠIA	2
2	MONITOROVACIE STANICE KVALITY OVZDUŠIA V ZÓNE ŽILINSKÝ KRAJ	3
3	ZHODNOTENIE KVALITY ÚZEMIA V ZÓNE ŽILINSKÝ KRAJ	6
3.1	Tuhé častice PM ₁₀ a PM _{2,5}	7
3.2	Oxid dusičitý	9
3.3	Ozón	10
3.4	Benzo(a)pyrén	11
3.5	Chemické zloženie zrážok	12
3.6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

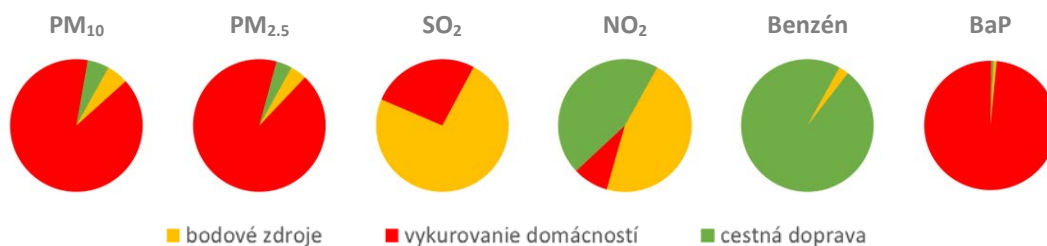


Zdroje znečisťovania ovzdušia v zóne Žilinský kraj

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>

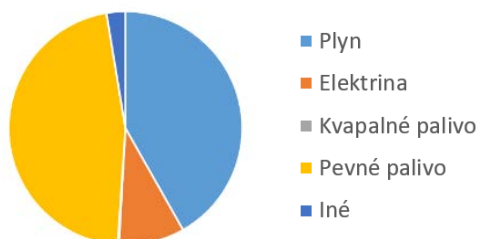
Obr. 1.2 Podiel rôznych druhov zdrojov znečisťovania ovzdušia na celkových emisiách v zóne Žilinský kraj.



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 domácností².



Pre vykurovanie domácností v zóne sú podľa údajov zo SODB 2021 využívané tuhé palivá aj zemný plyn. Žilinský kraj má 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, Martin a Čadca.

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 Oščadnica 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>).

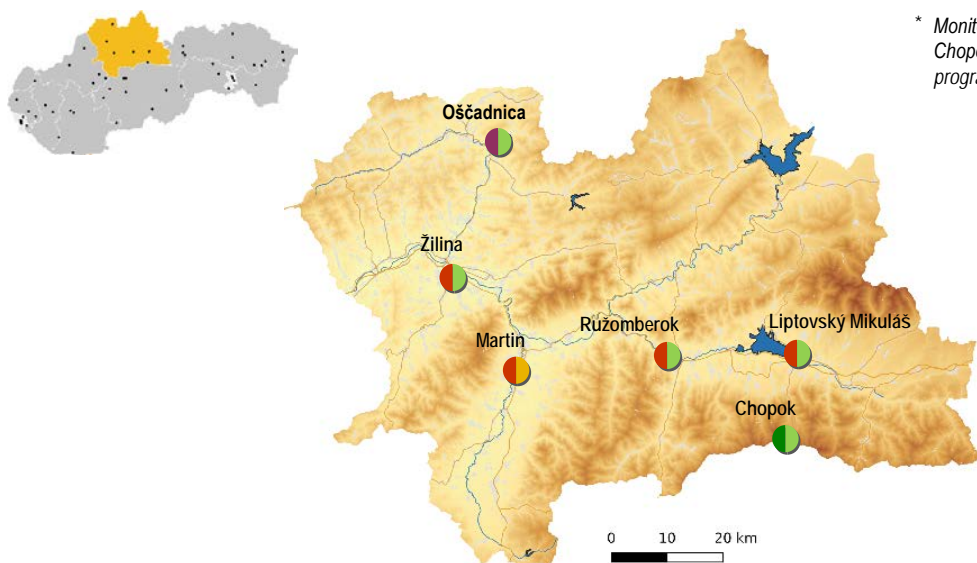
² <https://www.scitanie.sk>

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, pozadňová, priemyselná), typ oblasti, ktorú daná stanica monitoruje (mestská, predmestská, vidiecka/regionálna), geografické súradnice a
- 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 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	Oščadnica	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	5	2	3	3	2		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 – pozadňová
 T – dopravná
 I – priemyselná

Monitorovacia stanica Chopok charakterizuje regionálnu požadovú 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 2021 **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.

	Oxid siričitý (SO ₂)	Oxidy dusíka (NO _x)	Sírany (SO ₄ ²⁻)	Dusičnany (NO ₃ ⁻)	Kyselina dusičná (HNO ₃)	Chloridy (Cl)	Amoniak, amonné ióny (NH ₃ , NH ₄ ⁺)	Alkalické ióny (K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺)	VOC	TSP*	EC/OC	Olovo (Pb)	Arzén (As)	Kadmium (Cd)	Nikel (Ni)	Chrómový (Cr)	Meď (Cu)	Zinok (Zn)
Chopok	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 staniach 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)	Amonné 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)
Chopok	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

³ <https://www.emep.int>

3 ZHODNOTENIE KVALITY ÚZEMIA 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 2021.

Tab. 3.1 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu zdravia ľudí a počty prekročení výstražných prahov v zóne Žilinský kraj – 2021.

Znečisťujúca látka	Ochrana zdravia									VP ²⁾	
	SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	SO ₂	NO ₂
	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	3 h po sebe	3 h po sebe
Parameter		Parameter		Parameter		Parameter	Parameter	Parameter	Parameter	Parameter	Parameter
počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení	počet prekročení
Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	Limitná hodnota [µg·m ⁻³]	Limitná hodnota [µg·m ⁻³]
Maximálny počet prekročení	Maximálny počet prekročení	Maximálny počet prekročení	Maximálny počet prekročení	Maximálny počet prekročení	Maximálny počet prekročení	Maximálny počet prekročení	Maximálny počet prekročení	Maximálny počet prekročení	Maximálny počet prekročení	Maximálny počet prekročení	Maximálny počet prekročení
Chopok, EMEP			0	2							0
Liptovský Mikuláš, Školská *	0	0	0	26	5	26	**23			0	0
Martin, Jesenského			0	21	28	29	21	1 232	0,95		0
Oščadnica *					6	39	**35				
Ružomberok, Riadok	0	0	0	16	15	24	19	2 113	1,20	0	0
Žilina, Obežná			0	19	24	25	19	2 050			0

≥ 90 % platných meraní

Červenou farbou je vyznačené prekročenie limitnej hodnoty.

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

²⁾ limitné hodnoty pre výstražné prahy

* AMS začala merať v priebehu roku 2021 - Liptovský Mikuláš 29. 10.2021 a Oščadnica 7. 12.2021

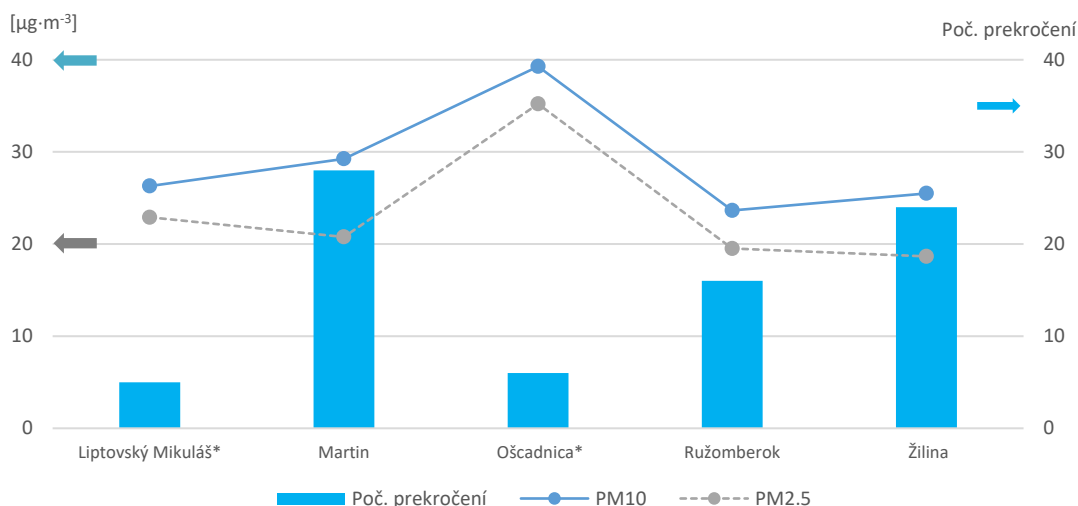
** merania sa začali v priebehu roku 2021, na celoročné hodnotenie prekročenia limitných hodnôt nie je dostatok platných meraní

S výnimkou nových monitorovacích staníc (inštalovaných v priebehu kalendárneho roka – Liptovský Mikuláš a Oščadnica) 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 koncentráciou PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³ podľa výsledkov meraní na monitorovacích staniciach v zóne Žilinský kraj v roku 2021.

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



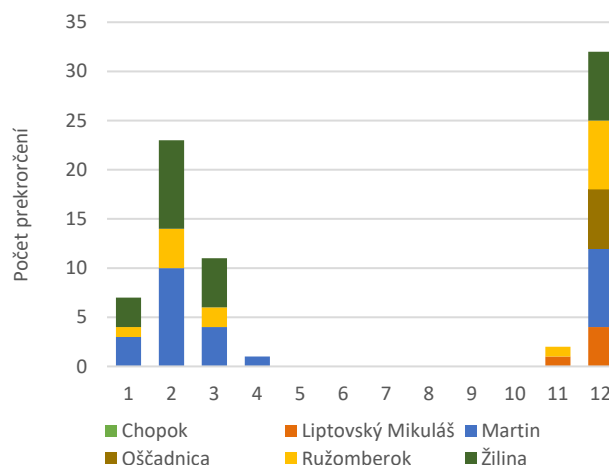
Počet prekročení – zachytáva priemerné denné koncentrácie vyššie ako 50 µg·m⁻³; stanica Liptovský Mikuláš začala merať v októbri 2021 a Oščadnica v decembri 2021, preto počet prekročení na týchto dvoch staniciach neodráža znečistenie ovzdušia za celý rok. K prekračovaniu limitných hodnôt PM₁₀ a PM_{2,5} dochádza predovšetkým v zimných mesiacoch, keď meracie stanice Liptovský Mikuláš a Oščadnica neboli v prevádzke (január, február).

Šípky znázorňujú limitné hodnoty, **šedá** PM_{2,5} (priemerná ročná koncentrácia < 20 µg·m⁻³); **modrá vľavo** PM₁₀ (priemerná ročná koncentrácia < 40 µg·m⁻³); **modrá 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 (29 µg·m⁻³) aj najvyšší počet denných prekročení (28). Na mestských pozadových staniciach v Ružomberku a Žiline boli v roku 2021 namerané priemerné koncentrácie na úrovni 24 µg·m⁻³, resp. 25 µg·m⁻³, pričom na stanici Žilina bolo zaznamenaných 24 denných prekročení, čo je výrazne viac oproti 15 v Ružomberku, ktorý sa do roku 2012 vyznačoval najvyšším počtom prekročení v žilinskom kraji. **Obr. 3.2** znázorňuje počet prekročení priemernej dennej limitnej koncentrácie PM₁₀ v jednotlivých mesiacoch roka 2021. Všetky prekročenia sú sústredené v chladných mesiacoch, keď sú zhoršené rozptylové podmienky a zvýšené emisie PM₁₀, najmä z lokálneho vykurovania.

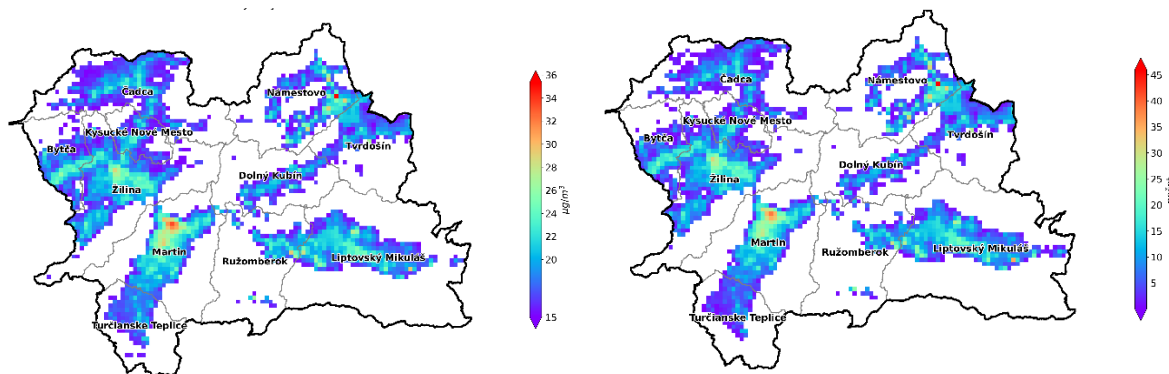
Obr. 3.2 Počet prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀ za jednotlivé mesiace v roku 2021.



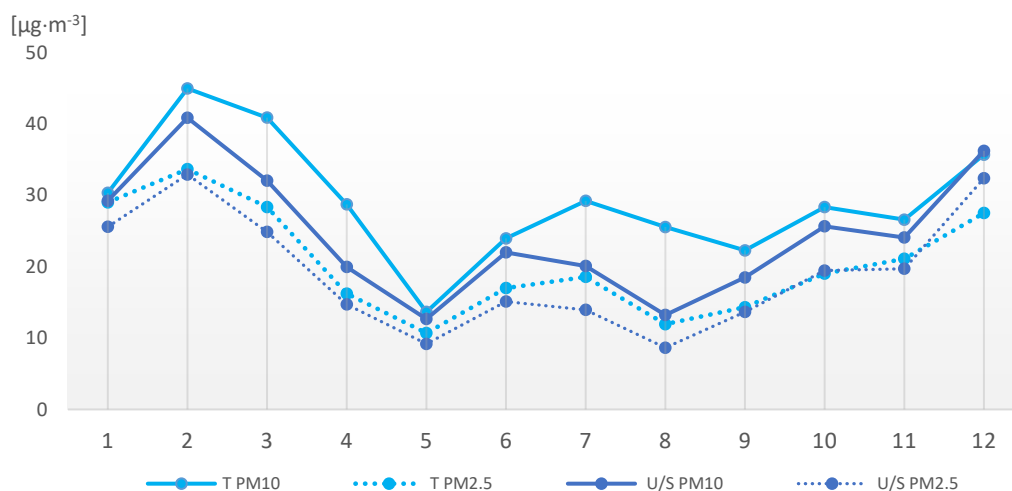
Z Obr. 3.4 je zrejmé, že v teplých mesiacoch roka sú koncentrácie PM_{10} nižšie než v chladnejších mesiacoch v období vykurovania. Priemerné mesačné koncentrácie PM_{10} a $PM_{2,5}$ mali na rôznych typoch staníc podobný priebeh, s maximom vo februári, keď sa prejavil aj vplyv diaľkového prenosu saharského piesku pri zhoršených rozptylových podmienkach anticyklonálnej situácie.

Na Obr. 3.3 sú výsledky modelovania pre PM_{10} vypočítané pre rok 2021 pomocou modelu RIO následne upraveného pomocou regresnej IDW metódy (podrobnejšie v 4. kapitole Správy o kvalite ovzdušia v SR 2021).

Obr. 3.3 Priemerná ročná koncentrácia PM_{10} (vľavo) a počet prekročení limitnej dennej hodnoty PM_{10} (vpravo) v roku 2021. Zobrazené sú len hodnoty nad $15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a nenulový počet prekročení.



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 $PM_{2,5}$ – priemer mesačných koncentrácií PM_{10} a $PM_{2,5}$ na mestských/predmestských
 pozadových staniciach: Liptovský Mikuláš, Ošadnica, Ružomberok, Žilina*

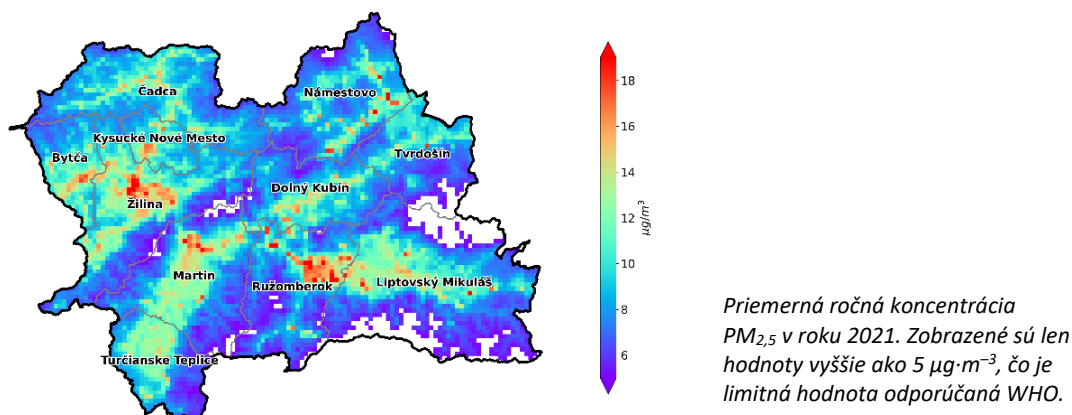
■ Tuhé častice $PM_{2,5}$

Priemerná ročná koncentrácia $PM_{2,5}$ v Martine $21 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ prekročila limitnú hodnotu pre ochranu zdravia ľudí ($20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Vysoké priemerné koncentrácie $PM_{2,5}$ sme zaznamenali aj na staniciach v Ružomberku a Žiline, zhodne po $19 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Priebeh koncentrácií $PM_{2,5}$ je znázornený bodkovanou čiarou na Obr. 3.4. 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 WHO ($5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), ktoré nebolo splnené

v žiadnom mesiaci roka, teda ani v lete, keď bývajú koncentrácie PM_{2,5} najnižšie. Zvýšené koncentrácie PM_{2,5} sú rizikové najmä pre ich nepriaznivý vplyv na zdravie.

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.

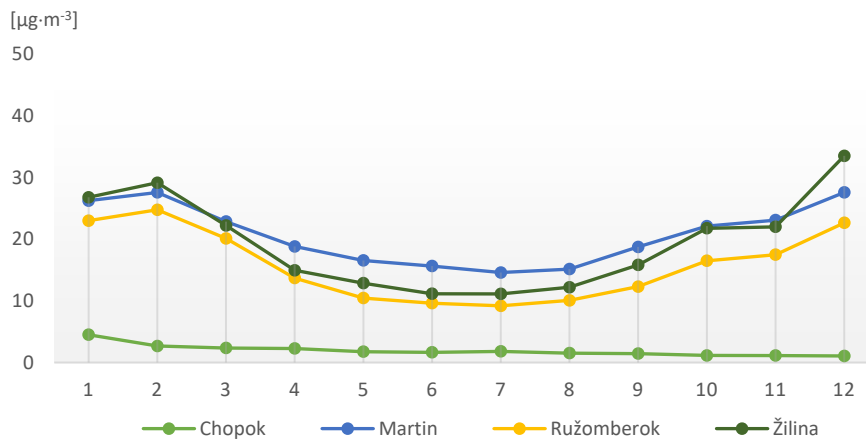
Obr. 3.5 Priemerné ročné koncentrácie PM_{2,5}.



3.2 Oxid dusičitý

Monitoring oxidu dusičitého prebieha na piatich staniciach, priemerné mesačné hodnoty pre jednotlivé stanice zachytáva Obr. 3.6 s výnimkou AMS v Liptovskom Mikuláši (uvedená do prevádzky 29. 10. 2021).

Obr. 3.6 Priemerné mesačné koncentrácie NO₂.



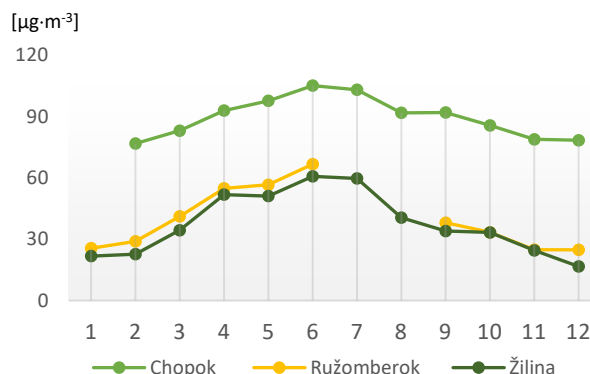
Hlavným zdrojom emisií NO₂ je cestná doprava. Najvyššie koncentrácie z tohto dôvodu zaznamenávame na dopravnej stanici Martin, Jesenského, kde priemerná ročná hodnota dosiahla 21 µg·m⁻³. Na mestských staniciach v Ružomberku a v Žiline to bolo 16 µg·m⁻³ resp. 19 µg·m⁻³. Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu 40 µg·m⁻³ nie je teda v roku 2021 prekročená na žiadnej zo staníc tejto zóny. Kvôli zhoršeným rozptylovým podmienkam sú koncentrácie NO₂ vyššie v zime, čo ilustruje Obr. 3.6. Priemerná ročná koncentrácia na vidieckej pozaďovej stanici Chopok dosiahla 2 µg·m⁻³. V zóne Žilinský kraj iba táto stanica spĺňa odporúčania WHO (10 µg·m⁻³), ktoré sú výrazne prísnejšie než limity EÚ.

3.3 Ozón

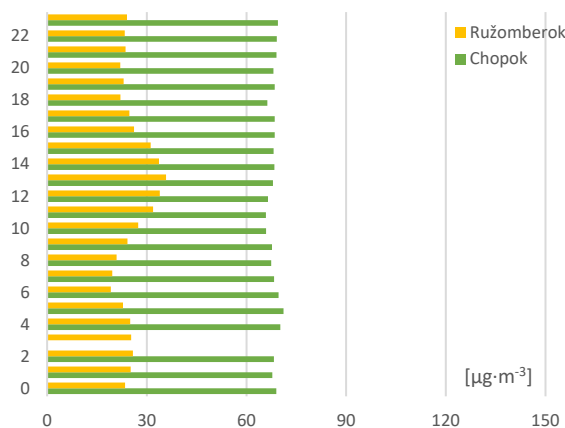
Monitoring ozónu prebieha v tejto zóne na troch monitorovacích staniciach - na Chopku, v Žiline a v Ružomberku. Na stanici Chopok sa merajú najvyššie koncentrácie ozónu a na staniciach v Ružomberku a v Žiline jedny z najnižších v rámci Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia. Je to dané charakteristikou 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. Na stanici Ružomberok nebol pre ozón v roku dosiahnutý 90% limit pre počet platných meraní.

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.

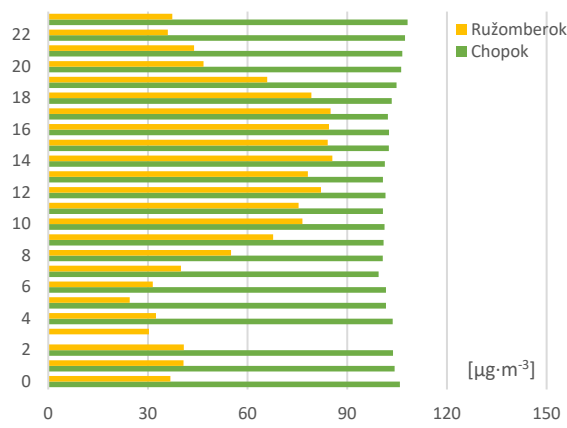
Obr. 3.7 Priemerné mesačné koncentrácie O₃.



Obr. 3.8 Denný chod koncentrácie O₃ v januári 2021.



Obr. 3.9 Denný chod koncentrácie O₃ v júli 2021.



Na žiadnej stanici sme v roku 2021 nezaznamenali prekročenie informačného ani výstražného prahu prízemného ozónu. Dôvodom je fakt, že rok 2021 bol relatívne chladný aj v letnom období a najmä na jar.

3.4 Benzo(a)pyrén

Benzo(a)pyrén sa v Žilinskom kraji monitoruje na troch monitorovacích staniciach – v Žiline, Ružomberku a od konca roka 2021 aj v Oščadnici. Cieľová hodnota pre benzo(a)pyrén ($1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$) býva pravidelne prekračovaná v Žiline (Tab. 3.2), kde sa meria už od roku 2018. V Ružomberku sa benzo(a)pyrén začal monitorovať v roku 2020, rok 2021 bol prvým hodnoteným rokom s dostatkom meraní. Cieľová hodnota bola prekročená viac než dvojnásobne.

Ročný priebeh koncentrácií má v porovnaní s PM ešte výraznejšie maximum v chladnom polroku pričom mimoriadne studený december 2021 sa prejavil nielen na počte denných prekročení PM, ale najmä na vysokých koncentráciách benzo(a)pyrénu (Obr. 3.10). Táto skutočnosť sa odráža aj v extrémne vysokých hodnotách nameraných v Oščadnici, kde monitoring začal práve v decembri 2021. Hoci môžeme očakávať, že keď sa pri celoročnom monitorovaní v nasledujúcich rokoch započítajú aj nízke hodnoty koncentrácií benzo(a)pyrénu v letných mesiacoch, priemerná ročná koncentrácia bude nižšia, dá sa však s vysokou pravdepodobnosťou predpokladať, že Oščadnica je ďalšou oblasťou, kde benzo(a)pyrén predstavuje problém, ide o oblasť s relatívne vyššou nadmorskou výškou a tým aj s vyššími nárokmi na vykurovanie, problematické môžu byť aj rozptyľové podmienky v zime. Dá sa predpokladať, že v oblastiach s vysokým podielom tuhých palív na vykurovaní domácností a zhoršenými rozptyľovými podmienkami by boli namerané podobne vysoké hodnoty benzo(a)pyrénu.

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

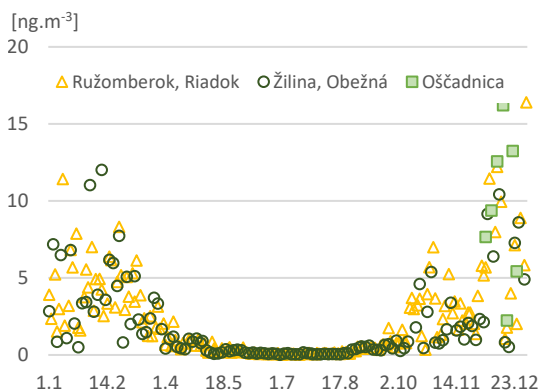
	2017	2018	2019	2020	2021
Cieľová hodnota [$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Žilina, Obežná		6,0	2,0	1,9	1,9
Ružomberok, Riadok				4,5	2,3
Oščadnica*					*12,0

≥ 90 % platných meraní

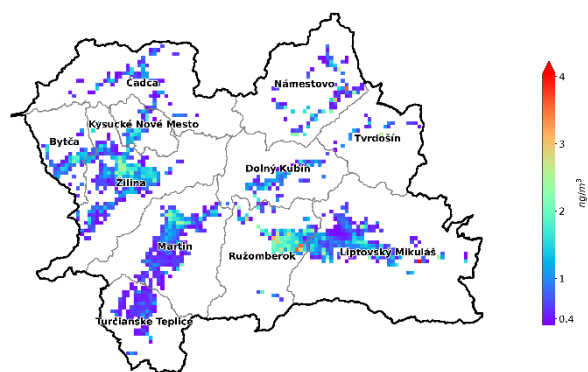
Červenou farbou je vyznačené prekročenie cieľovej hodnoty v prípade, že na stanici bolo v danom roku dostatok (≥ 90 %) platných meraní

* Merania PAH sa začali v priebehu roku, na celoročné hodnotenie nie je dostatok platných meraní.

Obr. 3.10 Výsledky meraní benzo(a)pyrénu v roku 2021.



Obr. 3.11 Priemerná ročná koncentrácia benzo(a)pyrénu podľa výstupu modelu RIO, IDW-R (2021)



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 rozptyľovými podmienkami predstavuje znečistenie touto látkou s karcinogénnymi vlastnosťami výrazný problém.

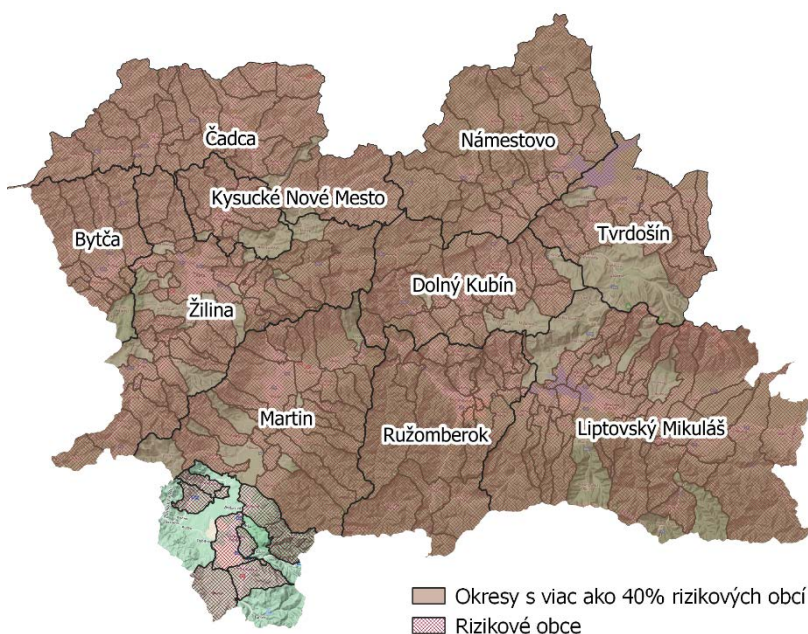
3.5 Chemické zloženie zrážok

Na vidieckej pozadovej stanici Chopok sa monitoruje na dennej báze kvalita zrážok. Sleduje sa kvalitatívne zloženie základných iónov, parametre pH a vodivosť. Ročná priemerná hodnota pH bola 5,48 a ani mesačné priemery neklesli pod hodnotu pH 5. Koncentrácie síranov a dusičnanov boli celoročne na nízkych hodnotách. Môžeme preto konštatovať, že v zóne Žilinský kraj nedochádza k nadmernej acidifikácii prostredia. Podrobné výsledky monitoringu sú uvedené v kapitole 3. v časti Regionálny monitoring *Správy o kvalite ovzdušia v SR 2021*.

3.6 Rizikové oblasti

Obr. 3.12 zobrazuje oblasti, ktoré sú podľa výsledkov modelovania ohrozené zhoršenou kvalitou ovzdušia kvôli PM a benzo(a)pyrénu z vykurovania domácností spracované podľa metodiky *D. Štefánik: Určenie rizikových obcí s kvalitou ovzdušia ohrozenou lokálnym vykurovaním a zhoršenými rozptylovými podmienkami* (aktualizované v roku 2022)⁴. Metodika vychádza z údajov o používaní tuhých palív na vykurovanie domácností podľa SODB 2021, zohľadňuje vysoké koncentrácie PM podľa výstupov matematického modelovania a berie do úvahy nepriaznivé rozptylové podmienky. Pre matematické modelovanie nie sú dostupné vstupné dáta, ktoré by pokrývali celé územie krajiny s vysokým priestorovým rozlíšením. Z toho dôvodu predpokladáme, že oblasť je riziková, ak má vysoký podiel vykurovania tuhým palivom, aj ak matematické modelovanie túto skutočnosť nezachytilo.

Obr. 3.12 Rizikové oblasti v Žilinskom kraji.

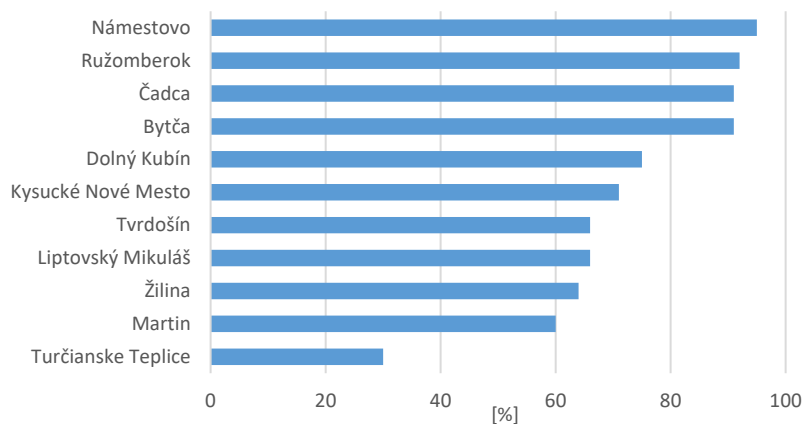


Žilinský kraj má najvyšší podiel rizikových obcí spomedzi všetkých krajov. Skutočnosť, že obsahuje rozľahlé územie zahrnuté medzi rizikové oblasti, vyplýva z vysokého podielu tuhých palív (podľa dostupných údajov), z komplexnej orografie, ktorá podmieňuje vznik teplotných inverzií najmä v zimnom období a z veterných pomerov. Je potrebné poznamenať, že hodnotenie je založené na údajoch zo SODB 2021, ktoré neodrážalo ešte dopad energetickej krízy.

⁴ https://www.shmu.sk/File/oko/studie_analyzy/Popis_metody_na_urcenie_rizikovych_oblasti_aktualizacia.pdf

Percentuálny podiel rizikových obcí v jednotlivých okresoch je na **Obr. 3.13**. Ak je v niektorom okrese viac než 40 % obcí rizikových, celý okres je vymedzený ako rizikový. V Žilinskom kraji sú to všetky okresy okrem okresu Turčianske Teplice.

Obr. 3.13 Percentuálny podiel rizikových obcí v okresoch Žilinského kraja.



Najvyšší podiel rizikových obcí v Žilinskom kraji má okres Námestovo, najvyšší počet rizikových obcí je v okrese Liptovský Mikuláš. Problematické sú najmä horské kotliny s dobrou dostupnosťou palivového dreva. Viac než 70% rizikových obcí Žilinského kraja má menej než 2 000 obyvateľov, čo potvrdzuje predpoklad, že problém je výrazne väčší v oblastiach s vidieckym typom osídlenia. **Podrobnejšie údaje sú dostupné na interaktívnej mape⁵.**

3.7 Zhrnutie

V roku 2021 v zóne Žilinský kraj nebolo namerané prekročenie limitných hodnôt pre SO₂, NO₂, CO benzén a PM₁₀. Limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu PM_{2,5} bola prekročená na monitorovacej stanici v Martine. Cieľová hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu benzo(a)pyrénu podľa merania bola prekročená na staniciach v Ružomberku a v Žiline.

Územie mesta Ružomberok, obce Likavka a územie mesta Žilina boli preto na základe monitorovania vymedzené ako oblasti riadenia kvality ovzdušia pre benzo(a)pyrén. Územie mesta Martin a Vrútky bolo na základe monitorovania vymedzené ako oblasť riadenia kvality ovzdušia pre PM_{2,5}.

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.

⁵ https://ruraj-git.github.io/folium_html/