



SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Odbor Monitorovanie emisií a kvality ovzdušia

HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V SLOVENSKEJ REPUBLIKE

2014

Bratislava 2015

AIR POLLUTION ASSESSMENT IN THE SLOVAK REPUBLIC – 2014

RESUME

Slovak air protection legislation is fully identical with the relevant EU legislation. The results of air pollution monitoring in Slovakia in 2014 are summarized in the presented report.

Content

1. *Partition of the Slovak territory – Status to 31. 12. 2014*
 - 1.1 *Zones and agglomerations*
 - 1.2 *List of zones and agglomerations*
 - 1.3 *List of air quality management areas*
2. *Monitoring network – Status in 2014*
3. *Air pollution assessment in zones and agglomerations*
 - 3.1 *Introduction*
 - 3.2 *Agglomerations and zones for SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, benzene and CO*
 - 3.2.1 *Agglomeration Bratislava*
 - 3.2.2 *Agglomeration Košice*
 - 3.2.3 *Zone – Banská Bystrica Region*
 - 3.2.4 *Zone – Bratislava Region*
 - 3.2.5 *Zone – Košice Region*
 - 3.2.6 *Zone – Nitra Region*
 - 3.2.7 *Zone – Prešov Region*
 - 3.2.8 *Zone – Trenčín Region*
 - 3.2.9 *Zone – Trnava Region*
 - 3.2.10 *Zone – Žilina Region*
 - 3.3 *Agglomeration and zone for Pb, As, Cd, Ni, BaP and O₃*
 - 3.3.1 *Agglomeration Bratislava*
 - 3.3.2 *Zone Slovakia*
 - 3.4 *Summary*
4. *Ground level ozone*
 - 4.1 *Results*
 - 4.2 *Summary*
5. *Results of air pollution modelling completed to 31. 12. 2014*
 - 5.1 *Description of the applied models*
 - 5.2 *Results*
 - 5.3 *Summary*

Annex 1 Monitoring network – meta data

The territory of Slovakia was delimited into 8 zones (identical with the administrative regions) and 2 agglomerations (the largest cities Bratislava and Košice). In 2014 the 18 air quality management areas (Fig. 1.1) were specified, which totally include 2 882 km² and 1 445 715 inhabitants (27% of population). The national air pollution monitoring network in Slovakia is maintained by the Slovak Hydrometeorological Institute (SHMÚ). In 2014, it consisted of 38 monitoring stations, 4 of them are rural stations belonging to the EMEP monitoring network (Tab. 2.1). The monitoring network was built in accordance with the rules given in EU directives.

The results of measurements in 2014 are summarised in Tab. 3.1–3.15. With respect to limit values the main problem in Slovakia is represented by the high level of PM₁₀ concentrations. The daily limit values were exceeded more frequently than 35 days at 10 stations, from which one exceeded also annual limit value. The limit value plus margin of tolerance for PM_{2.5} was not exceeded at none of the station. However, it should be emphasized that long-range transboundary transport in Slovakia plays very important role resulting in high regional background PM concentrations. The SO₂ limit values and alert threshold were not exceeded at any station (Tab. 3.5). NO₂ concentrations exceeded annual limit at the station Prešov – Arm. Gen. L. Svobodu. The CO concentrations were below the lower assessment threshold at all monitoring stations. The annual average concentrations of benzene were below the limit value 5 µg.m⁻³. Ground level ozone data are summarized in Chapter 4. Ozone represents a specific problem in Slovakia. The concentration level is mostly controlled by the downward mixing and transboundary transport (advective type). The ozone target values (25 days, three years average) was overstepped at 7 stations, and the AOT40 (five years average) was overstepped at 4 stations. The ground level ozone alert information threshold to the public was not exceeded at any stations. The national ozone level reduction potential is very small.

In Chapter 5 some results of air pollution modelling are presented. Two models were developed or modified at SHMÚ for the use in Slovakia:

- CEMOD for countrywide modelling of SO₂, NO_x, NO₂, CO and benzene (combination of Gaussian and segment approaches, linear SO₂ chemistry, NO_x chemistry according German TA Luft, empirical CO/benzene ratios).
- IDWA (3D anisotropic inverse distance interpolation, empirical altitude dependence function of concentrations based on background measurements) for countrywide modelling of PM₁₀, PM_{2.5} and heavy metals.

In Chapter 6 the classification of zones and agglomerations and specification of air quality management areas for 2015, based on 2014 monitoring and modelling results, are presented. Detailed meta data for all monitoring stations is given in ANNEX 1.

OBSAH

ÚVOD.....	7
1 POPIS ÚZEMIA – STAV K 31. 12. 2014	7
1.1 Rozdelenie územia	7
1.2 Zoznam aglomerácií a zón	7
1.3 Zoznam oblastí riadenia kvality ovzdušia	8
2 STAV MONITOROVACEJ SIETE V ROKU 2014	19
3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCIÁCH A ZÓNACH SLOVENSKA NA ZÁKLADE VÝSLEDKOV MERANÍ Z MONITOROVACÍCH STANÍC	27
3.1 Úvod	27
3.2 Aglomerácie a zóny pre SO ₂ , NO ₂ , NO _x , PM ₁₀ , PM _{2.5} , benzén a CO	27
3.2.1 Aglomerácia Bratislava	27
3.2.2 Aglomerácia Košice	27
3.2.3 Zóna Banskobystrický kraj	27
3.2.4 Zóna Bratislavský kraj	27
3.2.5 Zóna Košický kraj	27
3.2.6 Zóna Nitriansky kraj	28
3.2.7 Zóna Prešovský kraj	28
3.2.8 Zóna Trenčiansky kraj	28
3.2.9 Zóna Trnavský kraj	28
3.2.10 Zóna Žilinský kraj	28
3.3 Aglomerácia a zóna pre Pb, As, Cd, Ni, BaP, Hg a O ₃	28
3.3.1 Aglomerácia Bratislava	28
3.3.2 Zóna Slovensko	28
3.4 Zhrnutie	29
4 PRÍZEMNÝ OZÓN	37
4.1 Vyhodnotenie výsledkov meraní	38
4.2 Záver	43
5 VÝSLEDKY MODELOVANIA USKUTOČNENÉ K 31.12.2014	45
5.1 Použité metódy a ich stručný popis	45
5.2 Výsledky a výstupy	48
5.3 Záver	63
6 HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA – ZÁVER	65
6.1 Návrh na zaradenie zón a aglomerácií do skupín	65
6.2 Vymedzenie oblastí riadenia kvality ovzdušia	66
6.3 Záver	67
PRÍLOHA 1 – Meracie stanice monitorovacích sietí kvality ovzdušia	

ÚVOD

Kvalitu ovzdušia vo všeobecnosti určuje obsah znečisťujúcich látok vo vonkajšom ovzduší. V § 7 zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov je stanovený postup pre jej hodnotenie. Kritériá kvality ovzdušia (limitné a cieľové hodnoty, medze tolerancie, horné a dolné medze na hodnotenie a ďalšie) sú uvedené vo vyhláške MŽP SR č. 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia. Základným východiskom pre hodnotenie kvality ovzdušia na Slovensku sú výsledky meraní koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší, ktoré realizuje Slovenský hydro-meteorologický ústav na staniciach Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia (NMSKO), ktorej súčasťou sú aj 4 stanice s monitorovacím programom EMEP. V nadväznosti na merania sa pre plošné hodnotenie kvality ovzdušia využívajú metódy matematického modelovania.

1 POPIS ÚZEMIA – STAV K 31. 12. 2014

1.1 Rozdelenie územia

Na základe výsledkov hodnotenia z roku 2013 súlade s § 9 ods. 3 zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov, SHMÚ, ako poverená organizácia, navrhol na rok 2014 18 oblastí riadenia kvality ovzdušia v 8 zónach a v 2 aglomeráciách. Vymedzené oblasti zaberajú rozlohu 2 882 km². Na tomto území v roku 2014 žilo 1 445 715 obyvateľov, čo predstavuje 27 % z celkového počtu obyvateľov SR (5 421 349).

1.2 Zoznam aglomerácií a zón

V Prílohe č. 17 k vyhláške č. 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia je uvedený zoznam aglomerácií a zón nasledovne:

- I. pre oxid siričitý, oxid dusičitý a oxidy dusíka, častice PM₁₀, častice PM_{2,5}, benzén a oxid uhoľnatý

AGLOMERÁCIE	Vymedzenie územia
BRATISLAVA	územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy
KOŠICE	územie mesta Košíc

Zóny	Vymedzenie územia
Banskobystrický kraj	územie kraja
Bratislavský kraj	územie kraja okrem územia hlavného mesta SR Bratislavy
Košický kraj	územie kraja okrem územia mesta Košíc
Nitriansky kraj	územie kraja
Prešovský kraj	územie kraja
Trenčiansky kraj	územie kraja
Trnavský kraj	územie kraja
Žilinský kraj	územie kraja

- II. pre arzén, kadmium, nikel, olovo, polycyklické aromatické uhľovodíky, ortuť a ozón

AGLOMERÁCIE	Vymedzenie územia
BRATISLAVA	územie hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy

Zóny	Vymedzenie územia
Slovensko	územie Slovenskej republiky okrem územia hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy

1.3 Zoznam oblastí riadenia kvality ovzdušia

V roku 2014 bolo na Slovensku 18 oblastí riadenia kvality ovzdušia (obr. 1.1).

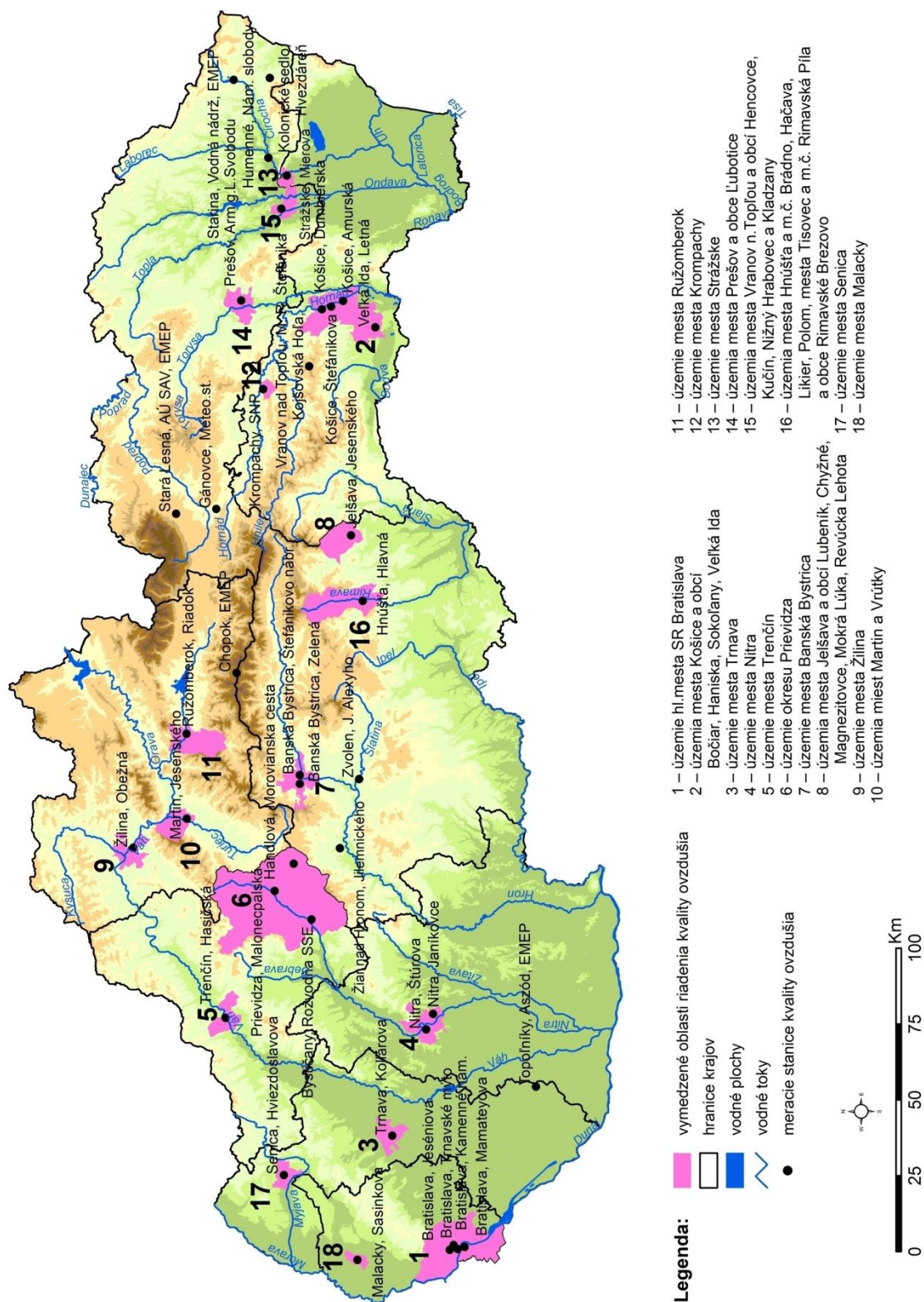
AGLOMERÁCIA / Zóna	Vymedzená oblasť riadenia kvality ovzdušia	Znečisťujúca látka	Plocha [km ²]	Počet ¹⁾ obyvateľov
BRATISLAVA	územie hl. mesta SR Bratislava	PM ₁₀ , NO ₂ , BaP	368	419 678
KOŠICE Košícký kraj	územia mesta Košice a obcí Bočiar, Haniska, Sokofany, Veľká Ida	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP	302	245 186
Banskobystrický kraj	územie mesta Banská Bystrica	PM ₁₀ , PM _{2,5}	103	79 027
	územia mesta Hnúšťa a miestnych častí Brádno, Hačava, Likier, Polom, mesta, Tisovec a miestnej časti Rimavské Brezovo a obce Rimavská Píla	PM ₁₀	206	12 428
	územie mesta Jelšava a obcí Lubeník, Chyžné, Magnezitovce, Mokrá Lúka, Revúcka Lehota	PM ₁₀ , PM _{2,5}	109	6 229
Bratislavský kraj	územie mesta Malacky	PM ₁₀	27	17 135
Košícký kraj	územie mesta Krompachy	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP	23	8 889
	územie mesta Strážske	PM ₁₀	25	4 398
Nitriansky kraj	územie mesta Nitra	PM ₁₀ , PM _{2,5}	100	78 033
Prešovský kraj	územia mesta Prešov a obce Ľubotice	PM ₁₀ , PM _{2,5}	79	93 387
	územia mesta Vranov nad Topľou a obce Hencovce, Kučín, Majerovce, Nižný Hrabovec a Kladzany	PM ₁₀ , PM _{2,5}	65	27 379
Trenčiansky kraj	územie okresu Prievidza	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP	960	136 554
	územie mesta Trenčín	PM ₁₀ , PM _{2,5}	82	55 857
Trnavský kraj	územie mesta Senica	PM ₁₀	50	20 352
	územie mesta Trnava	PM ₁₀ , BaP	72	65 713
Žilinský kraj	územie mesta Martin a Vrútky	PM ₁₀ , PM _{2,5}	86	63 719
	územie mesta Ružomberok a obce Likavka	PM ₁₀ , PM _{2,5}	145	30 596
	územie mesta Žilina	PM ₁₀ , PM _{2,5}	80	81 155

* PM₁₀ – častice v ovzduší, ktoré prejdú zariadením selektujúcim častice s aerodynamickým priemerom 10 µm s 50 % účinnosťou

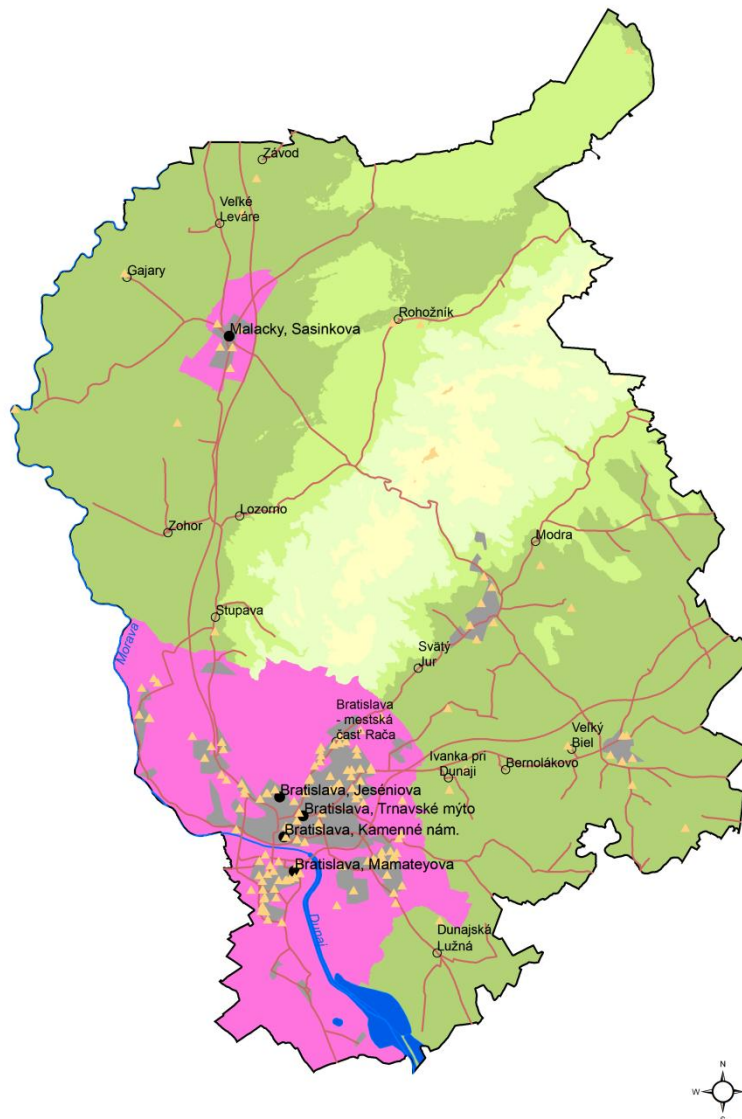
** PM_{2,5} – častice v ovzduší, ktoré prejdú zariadením selektujúcim častice s aerodynamickým priemerom 2,5 µm s 50 % účinnosťou

¹⁾ Stav k 31. 12. 2014

Obr. 1.1 Oblasti riadenia kvality ovzdušia v roku 2014.

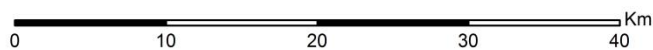


AGLOMERÁCIA BRATISLAVA a Zóna Bratislavský kraj

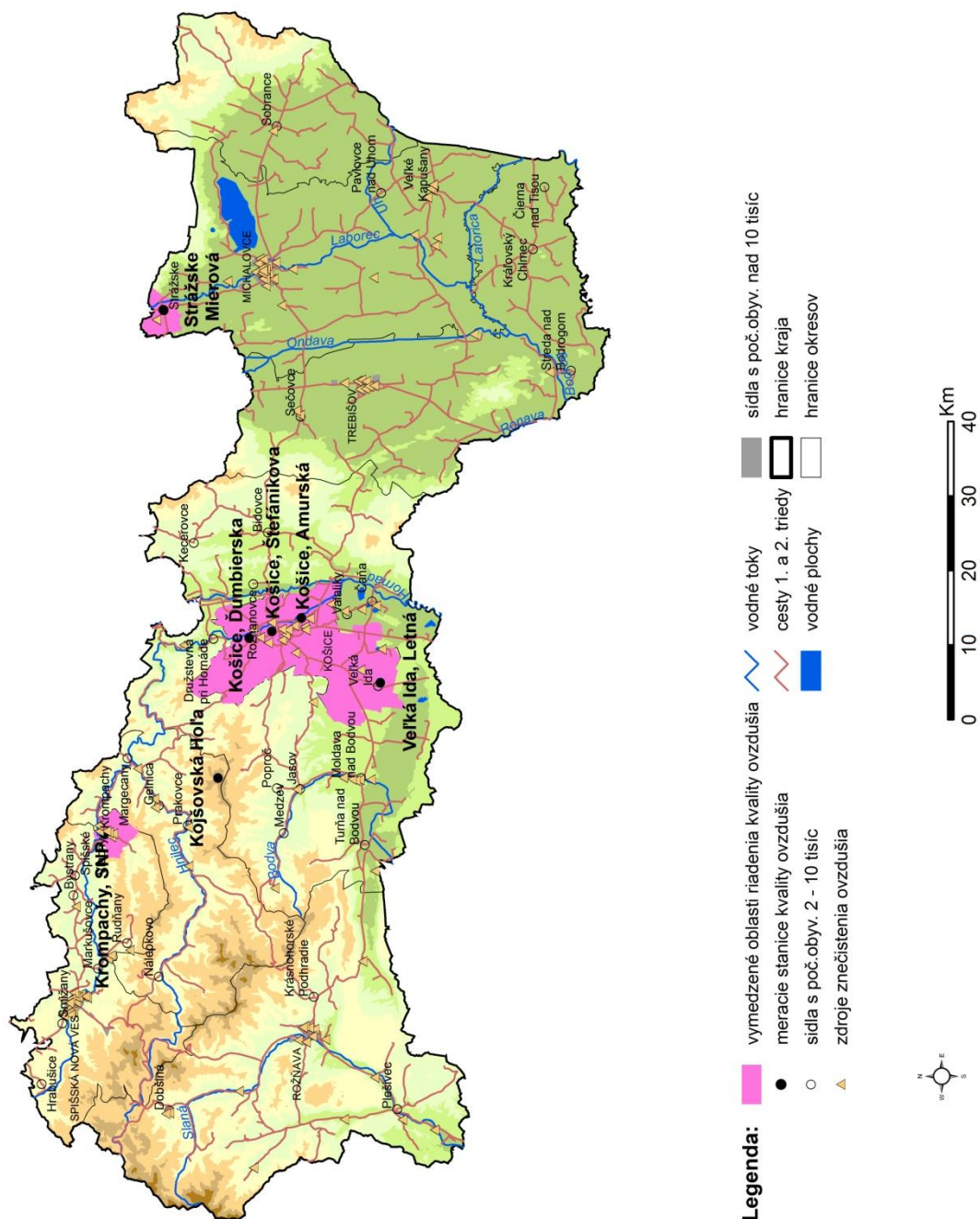


Legenda:

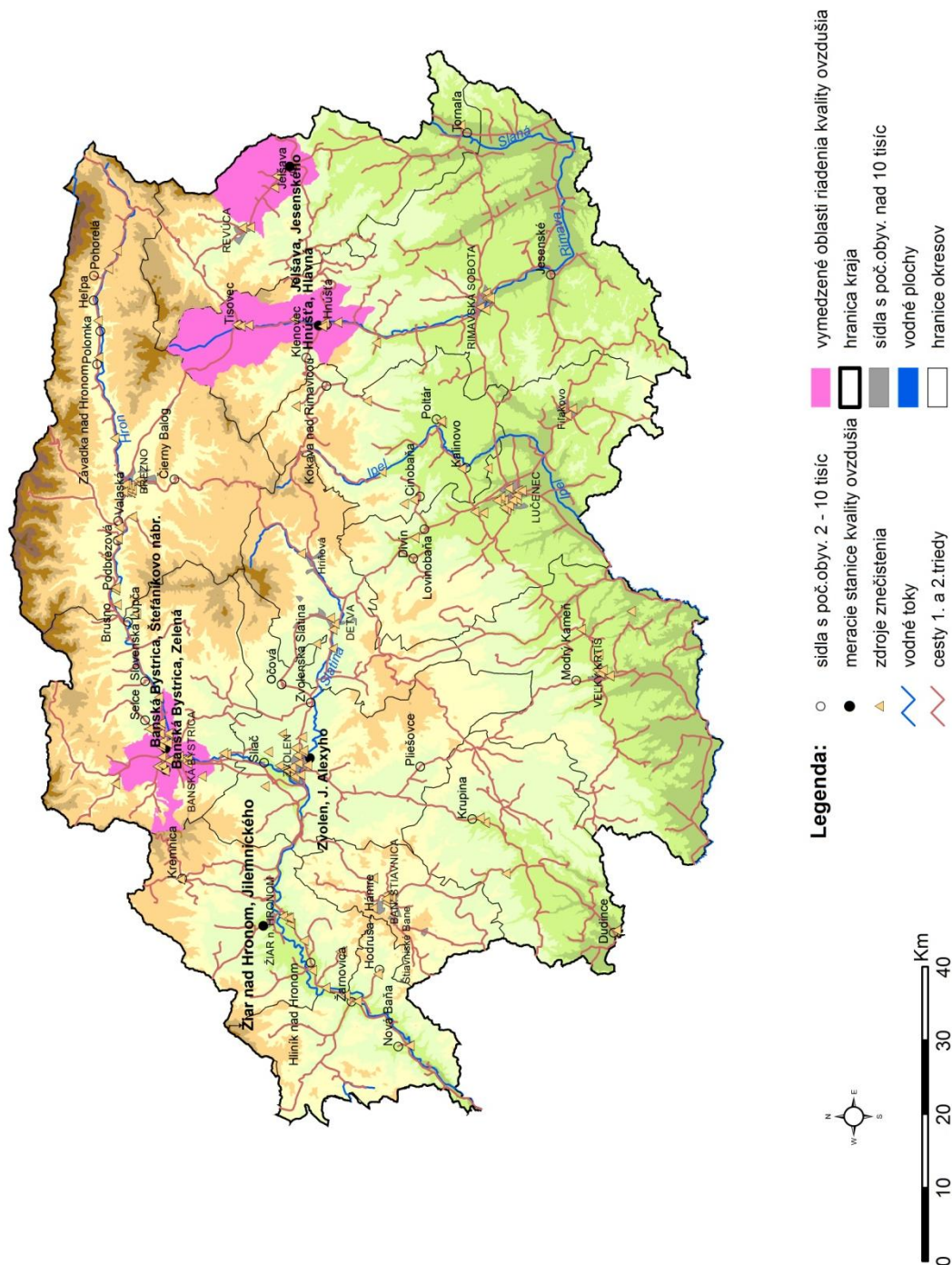
- | | | |
|---|--|--|
| Vymedzené oblasti riadenia kvality ovzdušia | zdroje znečistenia | hranice kraja |
| Meracie stanice kvality ovzdušia | vodné toky | sídla s počtom obyv. nad 10 tisíc |
| sídla s poč.obyv.2- 10 tisíc | cesty 1. a 2.triedy | vodné plochy |



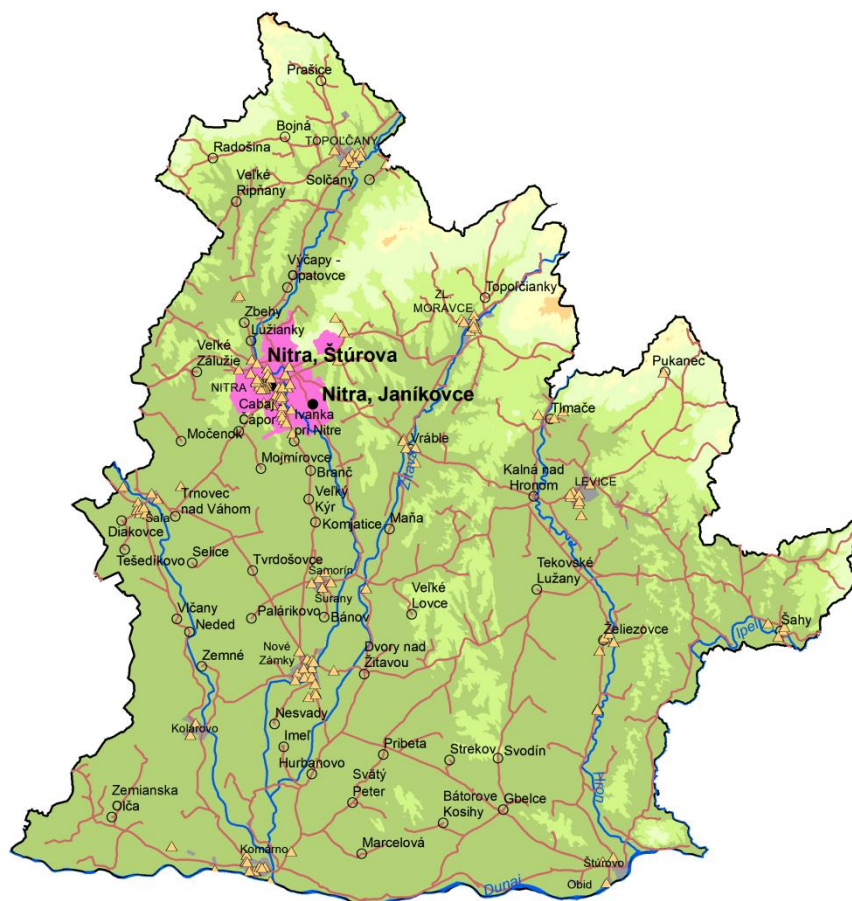
AGLOMERÁCIA KOŠICE a Zóna Košický kraj



Zóna Banskobystrický kraj



Zóna Nitriansky kraj

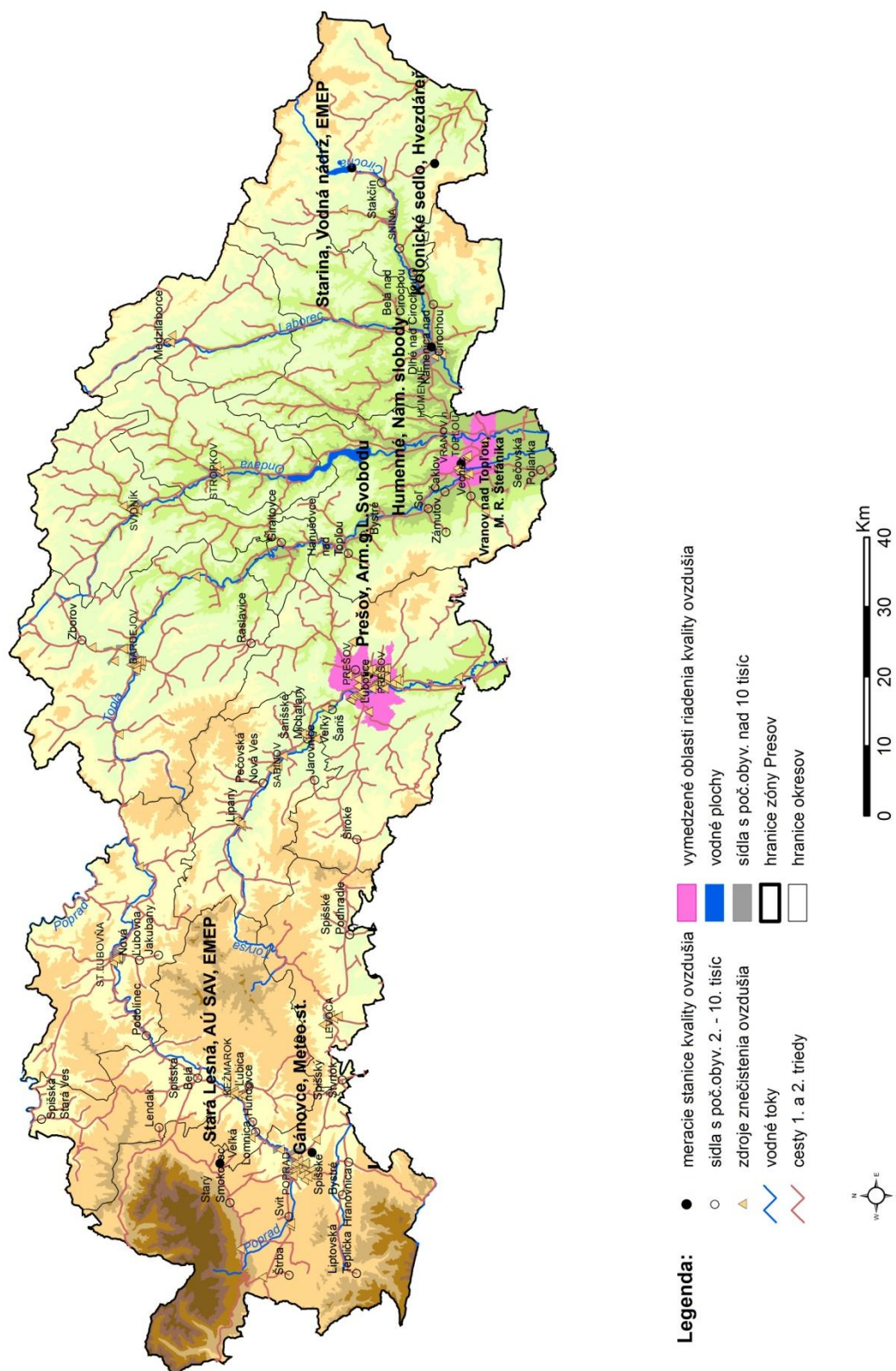


- Legenda:**
- vymedzené oblasti riadenia kvality ovzdušia
 - meracie stanice kvality ovzdušia
 - sídla s poč.obyv. 2 - 10 tisíc
 - zdroje znečistenia
 - vodné toky
 - cesty 1. a 2. triedy
 - vodné plochy
 - sídla s poč.obyv. nad 10 tisíc
 - hranice zóny Nitra
 - hranice okresov

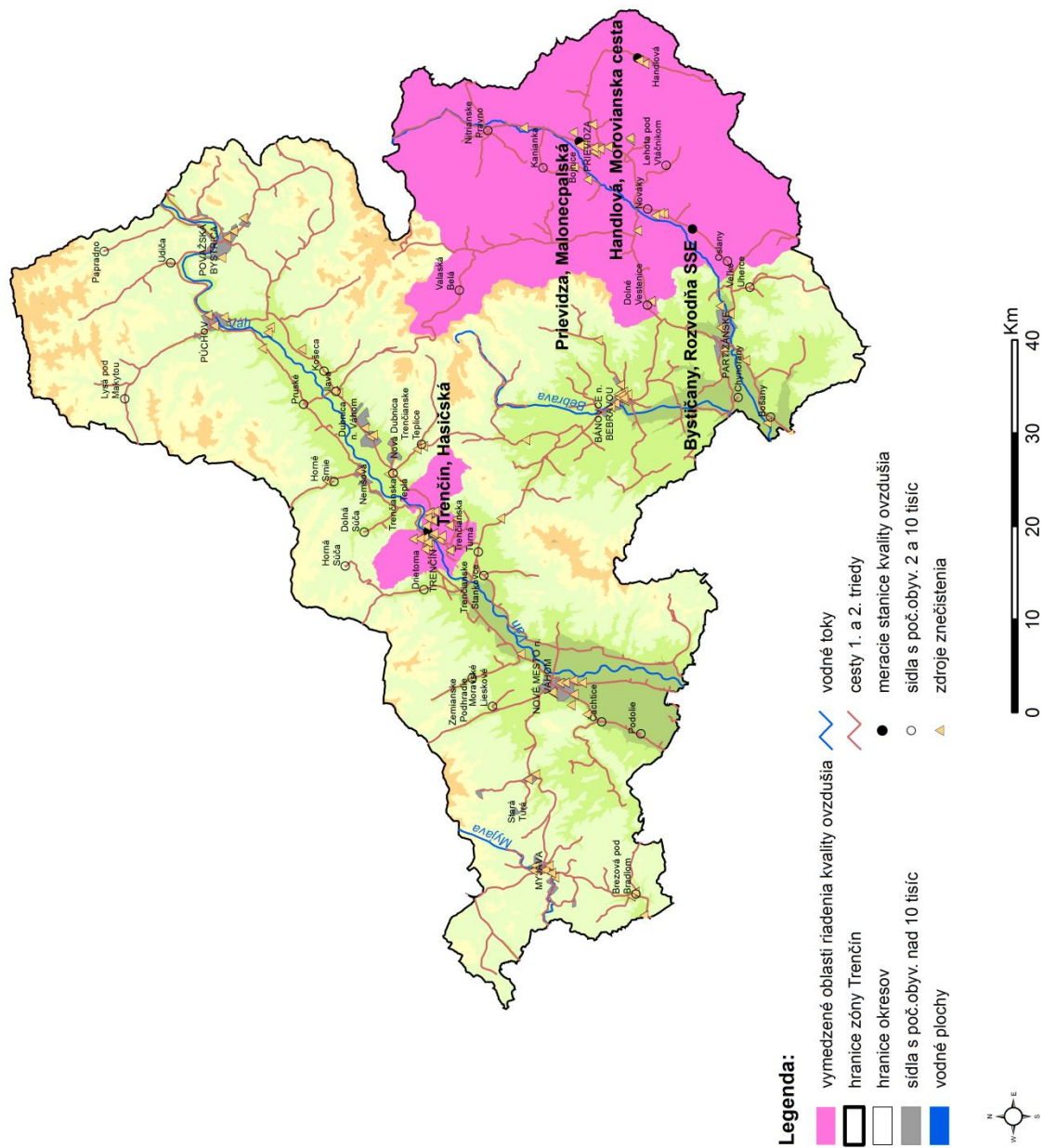


0 10 20 30 40 Km

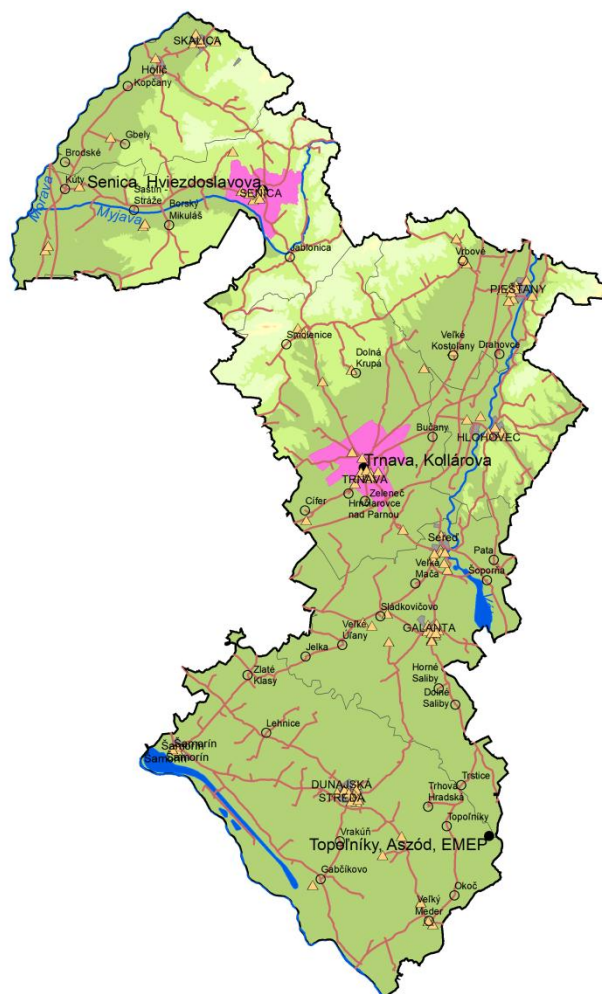
Zóna Prešovský kraj



Zóna Trenčiansky kraj



Zóna Trnavský kraj

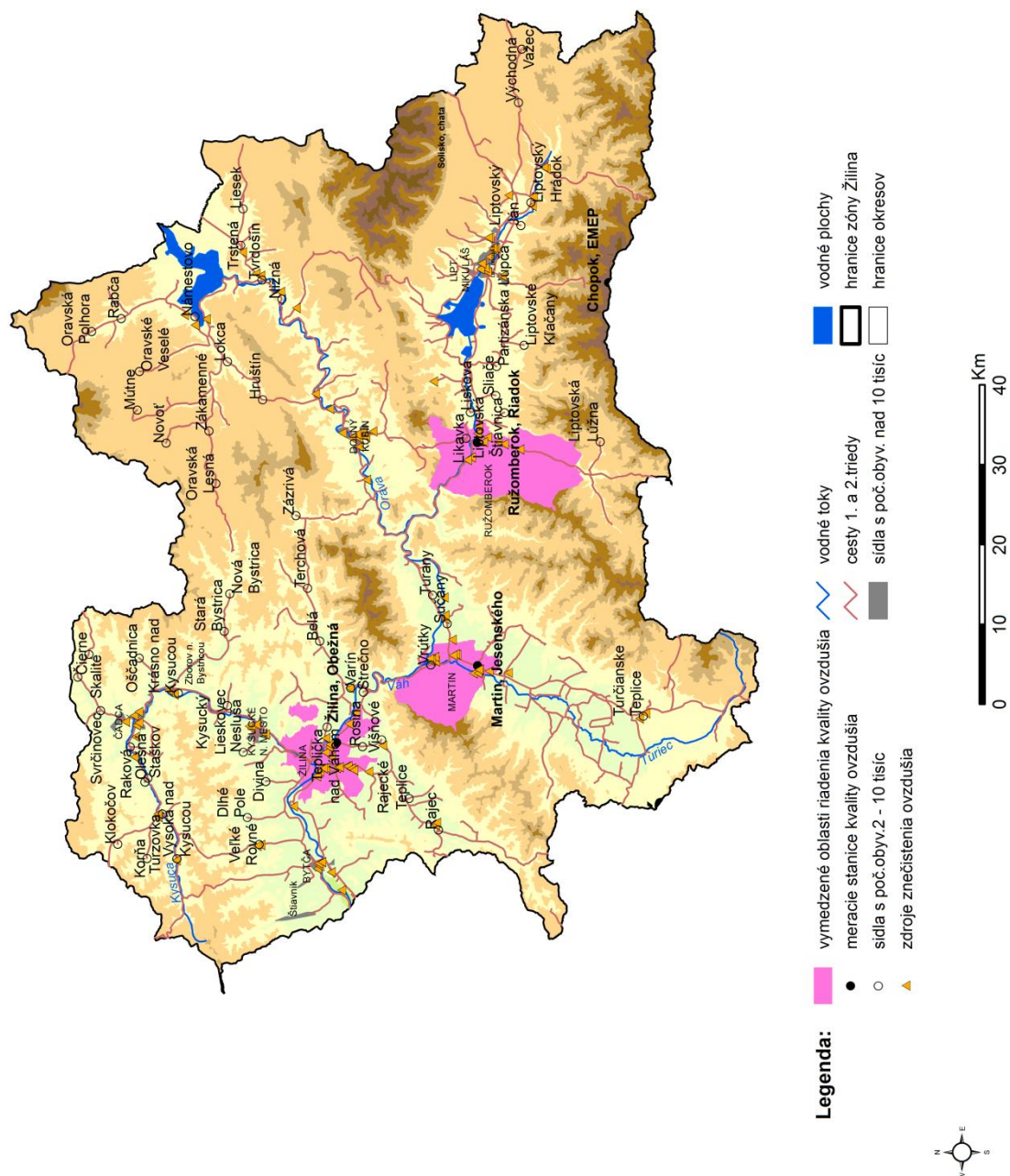


- Legenda:**
- vymedzené oblasti riadenia kvality ovzdušia
 - cesty 1. a 2. triedy
 - vodné plochy
 - meracie stanice kvality ovzdušia
 - sídla s poč.obyv. nad 10 tisíc
 - hranice zóny Trnava
 - hranice okresov
 - zdroje znečistenia
 - vodné toky



0 10 20 30 40 Km

Zóna Žilinský kraj



2 STAV MONITOROVACEJ SIETE V ROKU 2014

Tab. 2.1 Monitorovacie siete kvality ovzdušia v SR podľa vlastníkov – stav v roku 2014
(umiestnenie staníc v aglomeráciách a zónach, kódy staníc, názvy staníc, ich charakteristika a zemepisné súradnice).

Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia (NMSKO) – vlastník SHMÚ

	Okres	Kód EoI	Názov stanice	Typ oblasti	Typ stanice	Zemepisná dĺžka	Zemepisná šírka	Nadm. výška [m]
BRATISLAVA	Bratislava I	SK0004A	Bratislava Kamenné nám.	U	B	17°06'48"	48°08'41"	139
	Bratislava III	SK0002A	Bratislava Trnavské mýto	U	T	17°07'43"	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°07'32"	48°07'30"	138
KOŠICE	Košice I	SK0015A	Košice Amurská	U	B	21°17'11"	48°41'28"	201
	Košice I	SK0267A	Košice Štefánikova	U	T	21°15'33"	48°43'34"	209
	Košice I	SK0016A	Košice Ďumbierska	S	B	21°14'42"	48°45'11"	240
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica	SK0214A	Banská Bystrica Štefánikovo nábr.	U	T	19°09'16"	48°44'07"	346
	Banská Bystrica	SK0236A	Banská Bystrica Zelená	U	B	19°06'55"	48°44'00"	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
	Zvolen	SK0262A	Zvolen J. Alexyho	U	B	19°09'24"	48°33'29"	321
	Žiar nad Hronom	SK0268A	Žiar nad Hronom Jilemnického	U	B	18°50'32"	48°35'58"	296
Bratislavský kraj	Malacky	SK0407A	Malacky Mierove nám.	U	T	17°01'11"	48°26'12"	197
Košický kraj	Gelnica	SK0042A	Kojšovská hoľa	R	B	20°59'13"	48°46'57"	1253
	Košice okolie	SK0018A	Veľká Ida Letná	S	I	21°10'30"	48°35'32"	209
	Michalovce	SK0030A	Strážske Mierová	U	B	21°50'15"	48°52'26"	133
	Spišská Nová Ves	SK0265A	Krompachy SNP	U	T	20°25'26"	48°54'57"	372
Nitriansky kraj	Nitra	SK0269A	Nitra Štúrova	U	T	18°04'10"	48°18'00"	143
	Nitra	SK0134A	Nitra Janíkovce	U	B	18°08'27"	48°17'00"	149
Prešovský kraj	Humenné	SK0037A	Humenné Nám. slobody	U	B	21°54'50"	48°55'51"	160
	Kežmarok	SK0004R	Stará Lesná AÚ SAV, EMEP	R	B	20°17'28"	49°09'10"	808
	Poprad	SK0041A	Gánovce Meteo.st.	R	B	20°19'24"	49°02'05"	706
	Prešov	SK0266A	Prešov , Arm. g. L. Svobodu	U	T	21°16'03"	48°59'36"	252
	Snina	SK0006R	Starina Vodná nádrž, EMEP	R	B	22°15'35"	49°02'32"	345
	Snina	SK0406A	Kolonicke sedlo Hvezdáreň	R	B	22°16'25"	48°56'06"	431
	Vranov nad Topľou	SK0031A	Vranov nad Topľou M. R. Štefánika	U	B	21°41'15"	48°53'11"	133

	Okres	Kód Eol	Názov stanice	Typ oblasti	Typ stanice	Zemepisná dĺžka	Zemepisná šírka	Nadm. výška [m]
Trenčiansky kraj	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 Malonecpalská	U	B	18°37'40"	48°46'58"	276
	Trenčín	SK0047A	Trenčín Hasičská	U	T	18°02'28"	48°53'47"	214
Trnavský kraj	Dunajská Streda	SK0007R	Topoľníky Aszód, EMEP	R	B	17°51'38"	47°57'36"	113
	Senica	SK0021A	Senica Hviezdoslavova	U	T	17°21'48"	48°40'50"	212
	Trnava	SK0045A	Trnava Kollárova	U	T	17°35'06"	48°22'16"	152
Žilinský kraj	Liptovský Mikuláš	SK0002R	Chopok EMEP	R	B	19°35'32"	48°56'38"	2008
	Martin	SK0039A	Martin Jesenského	U	T	18°55'17"	49°03'35"	383
	Ružomberok	SK0008A	Ružomberok Riadok	U	B	19°18'10"	49°04'44"	475
	Žilina	SK0020A	Žilina Obežná	U	B	18°46'15"	49°12'41"	356

Monitorovacie stanice ostatných prevádzkovateľov – veľkých zdrojov znečistenia ovzdušia (VZZO)

	Okres	Názov stanice	Vlastník	Typ oblasti	Typ stanice	Zemepisná dĺžka	Zemepisná šírka	Nadm. výška [m]
BRATISLAVA	Bratislava II	Bratislava Vičie Hrdlo	Slovnaft, a.s., Bratislava	S	I	17°10'10"	48°08'00"	134
	Bratislava II	Bratislava Pod. Biskupice	Slovnaft, a.s., Bratislava	U	B	17°12'20"	48°08'05"	132
KOŠICE	Košice II	Košice Poľov	U.S. Steel, s.r.o.	U	B	21°11'54"	48°39'40"	270
Bratislavský kraj	Senec	Rovinka	Slovnaft, a.s., Bratislava	S	B	17°13'40"	48°06'15"	133
Košický kraj	Košice - okolie	Veľká Ida	U.S. Steel, s.r.o.	S	I	20°18'23"	48°33'24"	205
	Trebišov	Leles	Slovenské elektrárne, a.s.	S	B	22°01'24"	48°27'46"	98
Nitriansky kraj	Šaľa	Trnovec nad Váhom	Duslo, a.s., Šaľa	S	B	17°55'44"	48°09'00"	122

Typ oblasti: U – mestská, S – predmestská, R – vidiecka
Typ stanice: B – pozad'ová, I – priemyselná, T – dopravná

Merací program v monitorovacích sieťach kvality ovzdušia v SR v roku 2014

Tab. 2.2 Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia (vlastník SHMÚ).

	Názov stanice	Kontinuálne							Manuálne	
		PM ₁₀	PM _{2,5}	Oxidy dusíka NO, NO ₂ , NO _x	Oxid siričitý SO ₂	Ozón O ₃	Oxid uhoľnatý CO	Benzén	Ťažké kovy As, Cd, Ni, Pb	Polyaromatické uhľovodíky BaP
Bratislava	Bratislava, Kamenné nám	x								
	Bratislava, Trnavské mýto	x		x			x	x		x
	Bratislava, Jeséniova	x		x		x				x
	Bratislava, Mamateyova	x		x	x	x				
	Spolu 4 stanice	4		3	1	2	1	1		1
Košice	Košice, Amurská	x	x							
	Košice, Štefánikova	x	x	x				x		
	Košice, Ďumbierska					x				
	Spolu 3 stanice	2	2	1		1		1		
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	x	x	x	x		x	x	x	
	Banská Bystrica, Zelená		x	x		x				
	Jelšava, Jesenského	x	x			x				
	Hnúšťa, Hlavná	x	x							
	Žiar nad Hronom, Jilemnického	x	x							
	Zvolen, J. Alexyho	x	x							
Bratislavský kraj	Spolu 6 staníc	5	6	2	1	2	1	1	1	
	Malacky, Mierove nám.	x		x	x		x	x		
Košický kraj	Spolu 1 stanica	1		1	1		1	1		
	Kojšovská hoľa					x				
	Veľká Ida, Letná	x	x				x		x	x
	Strážske, Mierová	x	x							
	Krompachy, SNP	x	x	x	x		x	x	x	x
Nitriansky kraj	Spolu 4 stanice	3	3	1	1	1	2	1	2	2
	Nitra, Štúrova	x	x	x	x		x	x		x
	Nitra, Janíkovce	x	x	x		x				
	Spolu 2 stanice	2	2	2	1	1	1	1		1
Prešovský kraj	Humenné, Nám. slobody	x	x			x				
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	x	x			x			x	
	Gánovce, Meteo. st.					x				
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu	x	x	x			x	x		
	Starina, Vodná nádrž, EMEP					x			x	
	Vranov nad Topľou, M. R. Štefánika	x	x		x					
	Kolonicke sedlo	x	x							
Trenčiansky kraj	Spolu 7 staníc	5	5	1	1	4	1	1	2	
	Prievidza, Malonecpalská	x	x		x	x			x	x
	Bystričany, Rozvodňa SSE	x	x		x					
	Handlová, Morovianska cesta	x	x		x					
	Trenčín, Hasičská	x	x	x	x		x	x		
Trnavský kraj	Spolu 4 stanice	4	4	1	4	1	1	1	1	1
	Topoľníky, Aszód, EMEP	x	x			x			x	
	Senica, Hviezdoslavova	x	x		x					
	Trnava, Kollárova	x	x	x			x	x		x
Žilinský kraj	Spolu 3 stanice	3	3	1	1	1	1	1	1	1
	Chopok, EMEP					x			x	
	Martin, Jesenského	x	x	x			x	x		
	Ružomberok, Riadok	x	x		x				x	
	Žilina, Obežná	x	x	x		x				
NMSKO spolu 38 monitorovacích staníc	Spolu 4 stanice	3	3	2	1	2	1	1	2	
		32	28	15	12	15	10	10	9	7

Tab. 2.3 Monitoring kvality ovzdušia a zrážok na staniciach NMSKO – program EMEP.

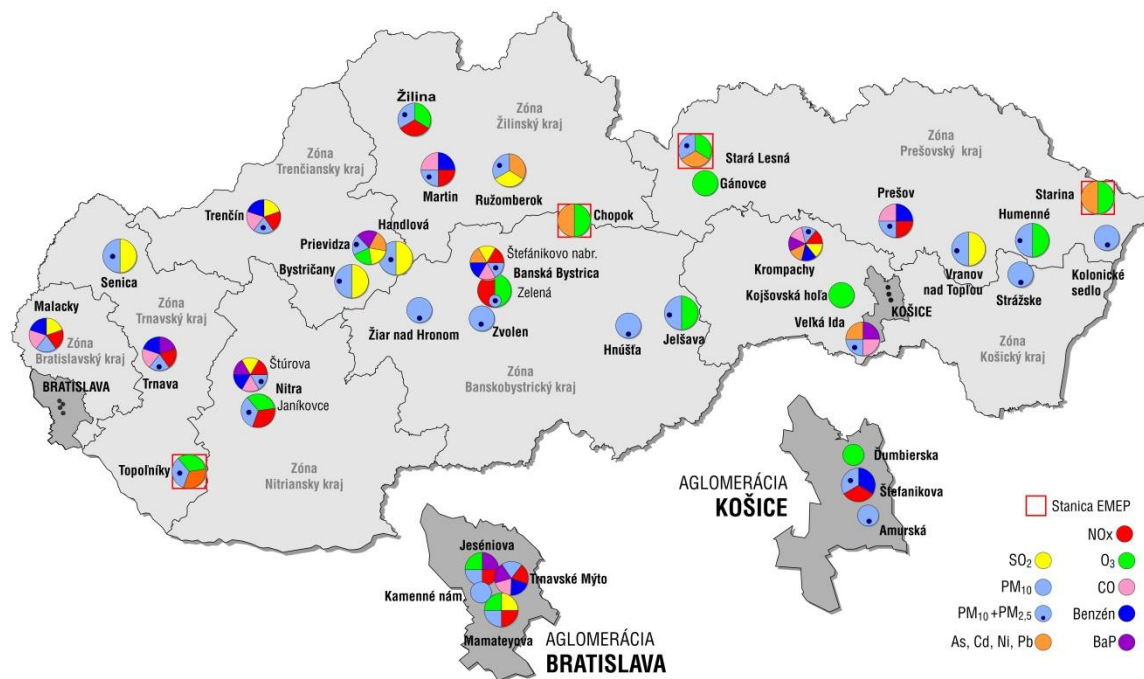
OVZDUŠIE		Oxid siričitý SO ₂	Oxidy dusíka NO _x	Sírany SO ₄	Dusičnany NO ₃	Kyselina dusičná HNO ₃	Amoniak, amonné kationy NH ₃ , NH ₄	Alkalické kationy K, Na, Ca, Mg	Ozón O ₃	VOC	PM ₁₀ ¹	Olovo Pb	Arzén As	Kadmium Cd	Nikel Ni	Chrómov Cr	Meď Cu	Zinok Zn
Prešovský kraj	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP								x		x	x	x	x	x	x	x	x
	Starina Vod. nádrž, EMEP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Trnavský kraj	Topoľníky Aszód, EMEP								x		x	x	x	x	x	x	x	x
Žilinský kraj	Chopok EMEP	x	x	x	x	x			x		x ²	x	x	x	x	x	x	x

¹ týždenné vzorkovanie

² TSP – celkové suspendované častice v ovzduší

ATMOSFÉRICKE ZRÁŽKY		pH	Vodivosť	Sírany SO ₄	Dusičnany NO ₃	Amonné kationy NH ₄	Alkalické kationy K, Na, Ca, Mg	Chloridy Cl	Olovo Pb	Arzén As	Kadmium Cd	Nikel Ni	Chrómov Cr	Meď Cu	Zinok Zn
Prešovský kraj	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Starina Vod. nádrž, EMEP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Trnavský kraj	Topoľníky Aszód, EMEP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Žilinský kraj	Chopok EMEP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Obr. 2.1 Národná monitorovacia sieť kvality ovzdušia - 2014.



Tab. 2.4 Merací program na monitorovacích staniciach ostatných prevádzkovateľov – veľkých zdrojov znečistenia ovzdušia (VZZO).

Vlastník	NUTS	Názov stanice	PM ₁₀	Oxidy dusíka NO, NO ₂ , NO _x	Oxid siričitý SO ₂	Ozón O ₃	Oxid uhoľnatý CO
Slovnaft, a.s. Bratislava	BRATISLAVA	Bratislava, Vičie Hrdlo	X	X	X	X	X
		Bratislava Podunajské Biskupice	X	X	X	X	X
	Bratislavský kraj	Rovinka	X	X	X	X	X
	Spolu	3 stanice	3	3	3	3	3
Duslo, a.s. Šaľa	Nitriansky kraj	Trnovec nad Váhom	X	X	X		
	Spolu	1 stanica	1	1	1		
U.S. Steel, s.r.o., Košice	KOŠICE	Košice Polov	X	X	X		X
	Košický kraj	Veľká Ida	X	X	X		X
	Spolu	2 stanice	2	2	2		2
Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava	Košický kraj	Leles	X	X	X		
	Spolu	1 stanica	1	1	1		

Zhodnotenie monitorovacej siete

Zoznam monitorovacích staníc kvality ovzdušia SHMÚ (NMSKO) ako aj ostatných prevádzkovateľov a ich merací program v roku 2014 je v tab. 2.1 až 2.4 a na obr. 2.1. Podrobný popis staníc (všetky požadované meta údaje) sa nachádza v Prílohe k hodnoteniu.

Monitorovacia sieť kvality ovzdušia SHMÚ (NMSKO) v roku 2014

Zabezpečenie monitorovania kvality ovzdušia v aglomeráciách a zónach SR

Monitorovanie kvality ovzdušia bolo v roku 2014 zabezpečené vo všetkých aglomeráciách a zónach SR.

Monitorovací program

Oxid siričitý SO₂

Minimálny rozsah monitorovania SO₂ (počet a umiestnenie podľa Prílohy č.5 k vyhláške 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia) nebol splnený z dôvodu chýbajúceho merania v aglomerácii Košice. Monitorovanie oxidu siričitého bolo zabezpečené kontinuálne referenčnou metódou na 12 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (85 %) bol dosiahnutý 8 monitorovacích staniciach. Monitorovanie SO₂ prebiehalo na 2 EMEP staniciach v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP.

Oxidy dusíka NO₂ a NO_x

Minimálny rozsah monitorovania NO₂ (počet a umiestnenie podľa Prílohy č.5 k vyhláške 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia.) bol splnený. Monitorovanie oxidov dusíka bolo zabezpečené kontinuálne referenčnou metódou na 15 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (85 %) bol dosiahnutý 13 monitorovacích staniciach. Monitorovanie NO_x prebiehalo na 2 EMEP staniciach v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP.

Častice PM₁₀

Minimálny rozsah monitorovania PM₁₀ (počet a umiestnenie podľa Prílohy č.5 k vyhláške 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia) bol splnený. Monitorovanie PM₁₀ bolo zabezpečené ekvivalentnou, kontinuálnou metódou oscilačnej mikrováhy, prístrojmi TEOM na 32 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (85 %) bol dosiahnutý na 23 monitorovacích staniciach. Na 4 EMEP staniciach bolo realizované meranie TSP/PM₁₀ v súlade s monitorovacou stratégiou EMEP.

Test ekvivalencie s gravimetrickou metódou sa vykonal na viacerých mestských staniciach, v súčasnosti sa výsledky analyzujú a cieľom je celý postup zautomatizovať.

Častice PM_{2,5}

Rozsah monitorovania PM_{2,5} (počet a umiestnenie podľa Prílohy č. 5 k vyhláške 360/ 2010 Z. z. o kvalite ovzdušia) bol splnený. Monitorovanie PM_{2,5} bolo zabezpečené rovnakou metódou ako merania PM₁₀, prístrojmi TEOM na 28 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (85 %) bola dosiahnutá na 16 staniciach.

Oxid uhoľnatý CO

Minimálny rozsah monitorovania CO (počet a umiestnenie podľa Prílohy č. 5 k vyhláške 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia) nebol splnený z dôvodu chýbajúceho merania v aglomerácii Košice. Monitorovanie oxidu uhoľnatého bolo zabezpečené kontinuálne referenčnou metódou na 10 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (85 %) bol dosiahnutý na 9 monitorovacích staniciach.

Ozón O₃

Minimálny rozsah monitorovania O₃ (počet a umiestnenie podľa Prílohy č. 9 k vyhláške 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia) bol splnený. Monitorovanie ozónu bolo zabezpečené kontinuálne referenčnou metódou na 15 staniciach. Požadovaná výťažnosť platných nameraných údajov (90 %) bola dosiahnutá na 9 monitorovacích staniciach. Na 6 staniciach nebola požadovaná výťažnosť dát dosiahnutá (Chopok-EMEP 52,4 %, Humenne-Nám. Slobody 65,5 %, Kojšovská hoľa 86,6 %, Stara Lesná, AÚ SAV-EMEP 89,2 %, Nitra-Janíkovce 89,8 %, Žilina-Obežná 89,9 %).

Benzén

Minimálny rozsah monitorovania benzénu (počet a umiestnenie podľa Prílohy č. 5 k vyhláške 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia) bol splnený. Monitorovanie benzénu bolo zabezpečené kontinuálne referenčnou metódou na 10 staniciach. Požadovaný počet platných nameraných údajov (85 %) bol dosiahnutý na 4 monitorovacích staniciach.

Ťažké kovy (Pb, As, Cd, Ni)

Vzorky na analýzu ťažkých kovov sa odoberajú každý druhý deň počas 24 hodín. V roku 2014 boli vzorky na analýzu ťažkých kovov odoberané na 5 mestských monitorovacích staniciach a 4 staniciach s monitorovacím programom EMEP.

Polyaromatické uhľovodíky – benzo(a)pyrén

Minimálny rozsah monitorovania benzo(a)pyrénu (počet a umiestnenie podľa Prílohy č. 5 k vyhláške 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia) bol splnený. V roku 2014 bol zabezpečený monitoring benzo(a)pyrénu na 7 staniciach. Na týchto monitorovacích staniciach bolo zabezpečené vzorkovanie PM₁₀ na obsah benzo(a)pyrénu 24 hodinovým odberom.

VOC

Prchavé organické zlúčeniny, C₂–C₆ alebo tzv. ľahké uhľovodíky, sa začali odoberať na stanici Starina na jeseň v roku 1994. Starina je jednou z mála európskych staníc, zaradených do siete EMEP, s pravidelným monitorovaním prchavých organických zlúčenín. Vyhodnocujú sa v súlade s metodikou EMEP podľa NILU. Ich koncentrácie sa pohybujú rádovo v desatinách až jednotkách ppb. Analýzy VOC za rok 2014 sú v tabuľke 3.15.

Monitorovacie siete kvality ovzdušia ostatných prevádzkovateľov monitoringu kvality ovzdušia v roku 2014

Z ostatných prevádzkovateľov monitorovacích staníc – VZZO na Slovensku merajúcich na základe rozhodnutia príslušného OUŽP (merajú znečisťujúce látky referenčnými metódami okrem PM₁₀). V roku 2014 bolo takýchto staníc 7 (tab. 3.10). Namerané údaje z predmetných meracích staníc boli použité ako doplnkové pre hodnotenie KO.

3 ZHODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA V AGLOMERÁCIÁCH A ZÓNACH SLOVENSKA NA ZÁKLADE VÝSLEDKOV MERANÍ Z MONITOROVACÍCH STANÍC

3.1 Úvod

Spracovanie a vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt (LH) a limitných hodnôt zvýšených o medzu tolerancie (LH + MT) na ochranu zdravia ľudí je pre jednotlivé monitorovacie stanice a znečisťujúce látky uvedené v tabuľkách 3.4, 3.7 a 3.8. Kvalita ovzdušia je považovaná za dobrú, ak úroveň znečistenia neprekračuje limitné hodnoty. Výskyt a doba trvania znečistenia na úrovni signálov Upozornenie a Regulácia a od roku 2010 Výstražných prahov pre NO₂ a SO₂ za ostatných 5 rokov uvádza tabuľka 3.5. V tabuľkách 3.11 až 3.14 sú vyhodnotené výsledky meraní z vidieckych pozadových staníc (program EMEP) podľa kritických hodnôt na ochranu vegetácie.

Za účelom stanovenia spôsobu hodnotenia kvality ovzdušia v aglomeráciách a zónach Slovenska, bolo spracované 5-ročné obdobie rokov 2010–2014, podľa horných (HMH) a dolných (DMH) medzí pre hodnotenie znečistenia ovzdušia. Výsledky pre jednotlivé znečisťujúce látky (ZL) sú uvedené v tabuľkách 3.6 a 3.9.

3.2 Aglomerácie a zóny pre SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, benzén a CO

3.2.1 Aglomerácia Bratislava

V roku 2014 boli prekročené denné limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí pre PM₁₀ na dopravnej stanici Bratislava-Trnavské mýto. Priemerná ročná koncentrácia NO₂ tu bola 37 µg.m⁻³, čo predstavuje mierny nárast približne o 2 µg.m⁻³ oproti roku 2013. Úroveň ostatných ZL bola pod limitnými hodnotami.

3.2.2 Aglomerácia Košice

V roku 2014 boli priemerné ročné koncentrácie na ochranu zdravia ľudí pre PM₁₀ na staniciach Košice-Štefánikova a Košice-Amurská pod limitnými hodnotami. Denné limitné hodnoty pre PM₁₀ boli prekročené na stanici Košice-Štefánikova. Úroveň znečistenia PM_{2.5} neprekročila cieľovú hodnotu a ani limitnú hodnotu na žiadnej stanici. Ostatné ZL boli tiež pod limitnými hodnotami.

3.2.3 Zóna Banskobystrický kraj

Priemerná ročná koncentrácia PM₁₀ nebola prekročená na žiadnej stanici. Denné limitné hodnoty boli prekročené na stanici Banská Bystrica-Štefánikovo nábregie a Jelšava-Jesenského, Cieľová hodnota pre PM_{2.5} prekročená nebola. Najvýraznejší pokles prekročení PM₁₀ bol pozorovaný na staniciach Hnúšťa-Hlavná, Zvolen-J.Alexyho a Žiar nad Hronom-Jilemnického. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.2.4 Zóna Bratislavský kraj

Výsledky meraní v roku 2014 poukazujú na pokles znečistenia časticami PM₁₀ oproti roku 2013. 24-hodinovú limitnú hodnotu na ochranu zdravia ľudí nebola prekročená vo väčšom počte ako povoľuje limit a priemerná ročná koncentrácia bola tiež pod limitnou hodnotou 40 µg.m⁻³. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.2.5 Zóna Košický kraj

V tejto zóne bola prekročená denná limitná hodnota na ochranu zdravia ľudí pre PM₁₀ na stanici Veľká Ida-Letná. Na monitorovacej stanici dosiahol počet prekročení 24-hodinovej limitnej hodnoty PM₁₀ na ochranu zdravia 97, čo je najväčšia hodnota na Slovensku. Na stanici Krompachy -SNP v roku 2014 klesol počet prekročení na 30 oproti 42 v predchádzajúcom roku.

Ročný priemer namerala $28 \mu\text{g.m}^{-3}$. Na stanici Strážske-Mierová, bol počet prekročení 21 a ročný priemer – $28 \mu\text{g.m}^{-3}$. (sú to podobné hodnoty ako v roku 2013). Naopak na stanici Veľká Ida, počet prekročení PM_{10} stúpol na 97, v roku 2013 to bolo 79. Ročný priemer sa nezmenil. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.2.6 Zóna Nitriansky kraj

V zóne nebola prekročená ročná a ani denná limitná hodnota na ochranu zdravia ľudí pre PM_{10} a rovnako neboli prekročené cieľové hodnoty pre $\text{PM}_{2,5}$. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.2.7 Zóna Prešovský kraj

V roku 2014 pokračovala tendencia poklesu znečistenia časticami PM_{10} v celej zóne z roku 2013. Prekročenie dennej limitnej hodnoty v počte 43 krát bolo zaznamenané len na stanici Prešov-arm. gen. Ľ. Svobodu. Úroveň $\text{PM}_{2,5}$ sa na všetkých staniciach pohybovala pod cieľovou hodnotou $25 \mu\text{g.m}^{-3}$. Priemerná ročná koncentrácia NO_2 bola prekročená len na Prešov-arm. gen. Ľ. Svobodu $46 \mu\text{g.m}^{-3}$. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.2.8 Zóna Trenčiansky kraj

Celkovo sa zachoval klesajúci trend počtu prekročení 24-hodinovej limitnej hodnoty z roku 2012. Úroveň znečistenia PM_{10} prekročila dennú limitnú hodnotu na ochranu zdravia ľudí na stanici Trenčín, Hasičská. Cieľová hodnota pre $\text{PM}_{2,5}$, nebola prekročená na žiadnej stanici. Pre SO_2 bola hodinová limitná hodnota na ochranu zdravia ľudí 1 krát prekročená na monitorovacej stanici Bystričany, Rozvodňa SSE, avšak tento počet je nižší, ako je povolený počet prekročení - 24 krát. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.2.9 Zóna Trnavský kraj

V roku 2014 na žiadnej stanici nebola prekročená denná a ani ročná limitná hodnota na ochranu ľudského zdravia a úroveň znečistenia frakciou $\text{PM}_{2,5}$ bola hlboko pod cieľovou hodnotou $25 \mu\text{g.m}^{-3}$ na všetkých staniciach. Ostatné ZL neprekročili limitné alebo cieľové hodnoty.

3.2.10 Zóna Žilinský kraj

V roku 2014 bola prekročená denná limitná hodnota na ochranu zdravia ľudí pre PM_{10} na staniciach Ružomberok-Riadok a Žilina-Obežná. Obe mali zhodný počet prekročení PM_{10} 51 krát. V porovnaní s rokom 2013 bolo v celej zóne pozorované mierne zníženie ročného priemeru PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$. Ostatné ZL neprekročili limitné hodnoty.

3.3 Aglomerácia a zóna pre Pb, As, Cd, Ni, BaP, Hg a O_3

3.3.1 Aglomerácia Bratislava

Cieľová hodnota ozónu (8 h koncentrácia prízemného ozónu $120 \mu\text{g.m}^{-3}$, povolený počet prekročení je 25 dní v priemere za 3 roky) bola prekročená na monitorovacích staniciach Bratislava-Jeséniova a Bratislava-Mamateyova. V roku 2014 nebol prekročený informačný prah a ani výstražný prah.

3.3.2 Zóna Slovensko

Zóna vymedzuje územie Slovenskej republiky okrem územia hlavného mesta SR Bratislavy.

V zóne Slovensko bola cieľová hodnota ozónu prekročená na 5 staniciach. V roku 2014 nebol prekročený informačný prah a ani výstražný prah pre ozón na žiadnej stanici v zóne Slovensko.

3.4 Zhrnutie

SO₂

V roku 2014 nebola v žiadnej aglomerácii a zóne prekročená úroveň znečistenia pre hodinové a ani pre denné hodnoty. Príslušné limitné hodnoty na ochranu zdravia ľudí neboli prekročené vo väčšom počte, ako stanovuje Vyhláška č. 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia. V roku 2014 sa nevyskytol žiaden prípad prekročenia výstražného prahu (tab. 3.5).

Kritická hodnota na ochranu vegetácie je 20 µg.m⁻³ za kalendárny rok a zimné obdobie. Táto limitná hodnota nebola prekročená v priebehu roku 2014 na žiadnej z EMEP staníc, ani za kalendárny rok, ani za zimné obdobie. Všetky hodnoty boli pod DMH na ochranu vegetácie (tab. 3.11).

NO₂

V roku 2014 bola prekročená ročná limitná hodnota len na monitorovacej stanici Prešov-arm. Gen. L. Svobodu 46 µg.m⁻³. Prekročenie limitnej hodnoty na ochranu ľudského zdravia pre hodinové koncentrácie sa nevyskytlo prekročené na žiadnej monitorovacej stanici vo väčšom počte, ako stanovuje Vyhláška č. 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia. V roku 2014 nenastal žiaden prípad prekročenia výstražného prahu.

Kritická úroveň na ochranu vegetácie (30 µg.m⁻³ za kalendárny rok vyjadrená ako NO_x) nebola v roku 2014 prekročená na žiadnej z EMEP staníc. Hodnoty boli hlboko pod DMH na ochranu vegetácie.

PM₁₀

Najväčší problém kvality ovzdušia na Slovensku, ako aj vo väčšine európskych krajín, predstavuje v súčasnosti znečistenie ovzdušia časticami PM₁₀. V roku 2014 bola prekročená 24h limitná hodnota na 10 mestských staniciach. Ročná limitná hodnota bola prekročená iba na stanici Veľká Ida-Letná. Od roku 2011 došlo k výraznejšiemu poklesu znečistenia časticami PM₁₀. Nasledujúce roky ukážu či ide o klesajúci trend emisií PM₁₀, alebo dôsledok medziročných meteorologických variácií, alebo sa tieto faktory nepodariť presne špecifikovať a kvantifikovať.

PM_{2,5}

Pre častice PM_{2,5} je ustanovený len ročný limit 25 µg.m⁻³, ktorý vstúpi do platnosti 1. 1. 2015. Pre rok 2014 platí limitná hodnota plus medza tolerancie 26 µg.m⁻³ (Commission implementing Decision 2011/850/EU, ANNEX 1, bod 5). V roku 2014 táto hodnota nebola prekročená.

CO

Na žiadnej z monitorovacích staníc nebola prekročená limitná hodnota a úroveň znečistenia ovzdušia za predchádzajúce obdobie rokov 2009–2014 je pod DMH.

Benzén

Najvyššia úroveň benzénu sa v roku 2014 namerala na stanici v Krompachoch 3,2 µg.m⁻³, čo je pod limitnou hodnotou 5 µg.m⁻³.

Pb, As, Ni, Cd

Limitná hodnota pre Pb, ani cieľová hodnota pre As, Cd a Ni neboli v roku 2014 prekročené.

BaP

Cieľová hodnota bola prekročená na staniciach Veľká Ida-Letná, Krompachy-SNP a Prievidza-Malonecpalská.

Tab. 3.1 Limitné hodnoty plus medze tolerancie pre jednotlivé roky a cieľové hodnoty.

	Priemerované obdobie	Limitná hodnota* [µg/m³]	Dátum, ku ktorému treba dosiahnuť limitnú hodnotu	Medza tolerancie	Limitná hodnota + medza tolerancie [µg/m³]														
					Do 31/12/00	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
SO ₂	1h	350 (24)	1.1.2005	150 µg/m³	500	470	440	410	380	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
SO ₂	24h	125 (3)	1.1.2005	-															
SO ₂ ^v	1r, W ¹	20 (-)	1.1.2003	-															
NO ₂	1h	200 (18)	1.1.2010	50 %	300	290	280	270	260	250	240	230	220	210	200	200	200	200	200
NO ₂	1r	40 (-)	1.1.2010	50 %	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	40	40	40	40
NO _x ^v	1r	30 (-)	1.1.2003	-															
PM ₁₀	24h	50 (35)	1.1.2005	50 %	75	70	65	60	55	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
PM ₁₀	1r	40 (-)	1.1.2005	20 %	48	46	45	43	42	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Pb	1r	0.5 (-)	1.1.2005	100 %	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
CO	max. 8 h denná hodnota	10000 (-)	1.1.2005	6000 µg/m³	16000	16000	16000	14000	12000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Benzén	1r	5 (-)	1.1.2010	100 %	10	10	10	10	10	10	9	8	7	6	5	5	5	5	5
PM _{2.5}	1r	25	1.1.2008	5 µg/m³										30	29	28	27	26	26
PM _{2.5} ^{**}	1r	25	1.1.2015	-															

¹ zimné obdobie (1. október – 31. marec)

^v kritické úrovne pre ochranu vegetácie

* povolený počet prekročení je uvedený v zátvorkách

** cieľová hodnota

	Priemerované obdobie	Cieľová hodnota [ng/m³]	Dátum, ku ktorému bolo treba dosiahnuť cieľovú hodnotu
As	1r	6	31.12.2012
Cd	1r	5	31.12.2012
Ni	1r	20	31.12.2012
BaP	1r	1	31.12.2012

Tab. 3.2 Limitné hodnoty, horné a dolné medze na hodnotenie.

	Receptor	Interval priemerovania	Limitná hodnota [µg/m³]	Medza na hodnotenie [µg/m³]	
				Horná*	Dolná*
SO ₂	Ľudské zdravie	1h	350 (24)		
SO ₂	Ľudské zdravie	24h	125 (3)	75 (3)	50 (3)
SO ₂	Vegetácia	1r, 1/2r	20 (-)	12 (-)	8 (-)
NO ₂	Ľudské zdravie	1h	200 (18)	140 (18)	100 (18)
NO ₂	Ľudské zdravie	1r	40 (-)	32 (-)	26 (-)
NO _x	Vegetácia	1r	30 (-)	24 (-)	19,5 (-)
PM ₁₀	Ľudské zdravie	24h	50 (35)	35 (35)	25 (35)
PM ₁₀	Ľudské zdravie	1r	40 (-)	28 (-)	20 (-)
Pb	Ľudské zdravie	1r	0,5 (-)	0,35 (-)	0,25 (-)
CO	Ľudské zdravie	8h (maximálna)	10 000 (-)	7 000 (-)	5 000 (-)
Benzén	Ľudské zdravie	1r	5 (-)	3,5 (-)	2 (-)
PM _{2.5}	Ľudské zdravie	1r	25**	17	12

* povolený počet prekročení je uvedený v zátvorkách ** ako limitná hodnota platí od 1. 1. 2015

Tab. 3.3 Výťažnosť údajov* v % v roku 2014.

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	Benzén
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.			99			
	Bratislava, Trnavské Mýto		98	95		97	93
	Bratislava, Jeséniova		89	94			
	Bratislava, Mamateyova	92	89	58			
KOŠICE	Košice, Štefánikova		57	97	97		75
	Košice, Amurská			52	99		
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánik. nám.	95	98	97	42	98	98
	Banská Bystrica, Zelená		97		95		
	Jelšava, Jesenského			99	95		
	Hnúšťa, Hlavná			100	100		
	Zvolen, J. Alexyho			95	93		
	Žiar nad Hronom, Jilemnického			99	93		
Bratislavský kraj	Malacky, Mierove nám.	95	93	98		92	84
Košický kraj	Veľká Ida, Letná			99	81	95	
	Strážske, Mierová			99	99		
	Krompachy, SNP	99	99	98	98	95	80
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce		100	94	84		
	Nitra, Štúrova	94	81	93	31	100	51
Prešovský kraj	Humenné, Nám. slobody			60	97		
	Prešov, arm. gen. L. Svobodu		86	86	86	73	86
	Vranov nad Top., M.R.Štefánika	81		79	80		
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP			98	97		
	Kolonické sedlo			53	53		
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	100		98	73		
	Bystričany, Rozvodňa SSE	77		28	79		
	Handlová, Morovianska cesta	84		94	97		
	Trenčín, Hasičská	97	98	99	99	90	85
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	77		80	80		
	Trnava, Kollárova		91	81	63	87	78
	Topoľníky, Aszód, EMEP			15	51		
Žilinský kraj	Martin, Jesenského		99	98	99	93	83
	Ružomberok, Riadok	99		97	95		
	Žilina, Obežná		90	90	47		

* Výťažnosť je pomer počtu platných nameraných hodnôt k počtu možných hodnôt za kalendárny rok vyjadrený v percentách.

Označenie výťažnosti: ≥ 85 % platných meraní. Výťažnosť 85 % zaviedlo Nariadenia 2011/850/ES

Tab. 3.4 *Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu ľudského zdravia za rok 2014.*

AGLOMERÁCIA Zóna		Ochrana zdravia									VP ²⁾	
	Znečisťujúca látka	SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		PM _{2,5}	CO	Benzén	SO ₂	NO ₂
	Doba Spriemerovania	1 hod	24 hod	1 hod	1 rok	24 hod	1 rok	1 rok	8 hod ¹⁾	1 rok	3 hod po sebe	3 hod po sebe
	Limitná hodnota [µg.m ⁻³] (počet prekročení)	350 (24)	125 (3)	200 (18)	40	50 (35)	40	25	10000	5	500	400
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.					15	23					
	Bratislava, Trnavské mýto			0	37	41	32		1664	1,9		0
	Bratislava, Jeséniova			0	14	12	25					0
	Bratislava, Mamateyova	0	0	0	23	21	32				0	0
KOŠICE	Košice, Štefánikova			0	33	42	31	21		1,8		0
	Košice, Amurská					15	26	20				
Banskobystrický Kraj	Banská Bystrica, Štefánik.nábr.	0	0	0	29	52	31	22	1649	1,4	0	0
	Banská Bystrica, Zelená			0	6			16				0
	Jelšava, Jesenského					67	32	24				
	Hnúšťa, Hlavná					15	25	19				
	Zvolen, J. Alexyho					4	22	17				
	Žiar n/H, Jilemnického					1	20	15				
Bratislavský kraj	Malacky, Mierové nám.	0	0	0	21	27	27		2237	1,6	0	0
Košický kraj	Veľká Ida, Letná					97	41	25	3478			
	Strážske, Mierová					21	28	21				
	Krompachy, SNP	0	0	0	12	30	28	22	2083	3,2	0	0
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce			0	12	15	26	18				0
	Nitra, Štúrova	0	0	1	39	18	26	21	2453	1,7	0	0
Prešovský kraj	Humenné, Nám. slobody					6	23	21				
	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu			0	46	43	34	23	3764	1,2		0
	Vranov n/T, M. R. Štefánika	0	0			21	27	18			0	
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP ³⁾					0	18	10				
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň ³⁾					0	18	13				
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	0	0			13	25	19			0	
	Bystričany, Rozvodňa SSE	1	0			4	32	20			0	
	Handlová, Morovianska cesta	0	0			12	25	18			0	
	Trenčín, Hasičská	0	0	0	20	67	35	24	1431	0,6	0	0
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	0	0			33	30	21			0	
	Trnava, Kollárova			1	37	35	31	22	1939	2,8		0
	Topoľníky, Aszód, EMEP ³⁾					5	28	22				
Žilinský kraj	Martin, Jesenského			0	23	20	27	17	2038	1,6		0
	Ružomberok, Riadok	0	0			51	34	23			0	
	Žilina, Obežná			0	14	51	33	20				0

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

²⁾ limitné hodnoty pre výstražné prahy

³⁾ stanice indikujú regionálnu požadovú úroveň

Znečisťujúce látky, ktoré prekročili limitnú hodnotu sú zvýraznené hrubým písmom

Označenie výťažnosti: ≥ 85 % platných meraní

Tab. 3.5 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia SO₂ podľa výskytu a trvania prekročenia Výstražnej hodnoty v rokoch 2010 – 2014.

Stanica	Počet prekročení					Dĺžka trvania v hodinách				
	Výstražný prah					Výstražný prah				
	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014
Bystričany, Rozvodna SSE	0	0	0	2	0	0	0	0	7	0

Tab. 3.6 Zaradenie AMS podľa horných (HMH) a dolných medzí (DMH) na hodnotenie pre určenie spôsobu hodnotenia kvality ovzdušia za roky 2010 až 2014.

AGLOMERÁCIA/zóna	Stanica	HMH a DMH s ohľadom na ochranu zdravia ľudí															
		SO ₂		NO ₂				PM ₁₀				PM _{2.5}		CO		Benzén	
		24h priemer		1h priemer		ročný priemer		24h priemer		ročný priemer		ročný priemer		8hod maximum		ročný priemer	
		HMH < DMH	DMH	HMH < DMH	DMH	HMH < DMH	DMH	HMH < DMH	DMH	HMH < DMH	DMH	HMH < DMH	DMH	HMH < DMH	DMH	HMH < DMH	DMH
BRATISLAVA	Bratislava, Kamenné nám.							A			A						
	Bratislava, Trnavské mýto			A		A		A		A					A		A
	Bratislava, Jeséniova				A		A	A		A							
	Bratislava, Mamateyova		A	A			A	A		A							
KOŠICE	Košice, Štefánikova			A		A		A		A		A					A
	Košice, Amurská							A		A		A					
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.		A	A		A		A		A		A			A		A
	Banská Bystrica, Zelená				A		A					A					
	Zvolen, J. Alexyho							A		A		A					
	Jelšava, Jesenského							A		A		A					
	Hnúšťa, Hlavná							A		A		A					
	Žiar nad Hronom, Jilemnického							A		A		A					
Bratislavský kraj	Malacky, Mierove nám.		A		A		A		A		A				A		A
Košický kraj	Veľká Ida, Letná							A		A		A			A		
	Strážske, Mierová							A		A		A					
	Krompachy, SNP		A		A		A	A		A		A			A		A
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce				A		A	A		A		A					
	Nitra, J. Štúra		A		A	A		A		A		A			A		A
Prešovský kraj	Humenné, Nám. slobody							A		A		A					
	Prešov, A. g. L. Svobodu				A	A		A		A		A			A		A
	Vranov nad Topľou, M. R. Štefánika		A					A		A		A					
	Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP							A		A		A		A			
	Kolonické sedlo, Hvezdáreň							A		A		A					
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská		A					A		A		A					
	Bystričany, Rozvodňa SSE	A						A		A		A					
	Handlová, Morovianska cesta		A					A		A		A					
	Trenčín, Hasičská		A	A		A		A		A		A			A		A
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova		A					A		A		A					
	Trnava, Kollárova			A			A	A		A		A			A		A
	Topoľníky, Aszód, EMEP		A					A		A		A					
Žilinský kraj	Martin, Jesenského				A		A	A		A		A			A		A
	Ružomberok, Riadok		A					A		A		A					
	Žilina, Obežná				A		A	A		A		A					

A – áno

Tab. 3.7 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia ťažkými kovmi(As, Cd, Ni a Pb) podľa cieľových a limitných hodnôt na ochranu zdravia ľudí.

AGLOMERÁCIA Zóna	Znečisťujúca látka	As	Cd	Ni	Pb
	Cieľová hodnota [ng.m ⁻³]	6,0	5	20	
	Limitná hodnota [ng.m ⁻³]				500
	Horná medza na hodnotenie [ng.m ⁻³]	3,6	3	14	350
	Dolná medza na hodnotenie [ng.m ⁻³]	2,4	2	10	250
Slovensko	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	1,0	0,4	1,0	10,0
	Veľká Ida, Letná	1,3	0,5	0,7	49,2
	Krompachy, SNP	0,9	2,5	0,4	83,3
	Prievidza, Malonecpalská	4,4	0,2	0,5	7,5
	Ružomberok, Riadok	1,6	0,3	1,0	9,3

Tab. 3.8 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia benzo(a)pyrénom (BaP) podľa cieľovej hodnoty na ochranu zdravia ľudí.

AGLOMERÁCIA Zóna		2012	2013	2014
	Cieľová hodnota [ng.m ⁻³]	1,0	1,0	1,0
	Horná medza na hodnotenie [ng.m ⁻³]	0,6	0,6	0,6
	Dolná medza na hodnotenie [ng.m ⁻³]	0,4	0,4	0,4
BRATISLAVA	Bratislava, Jeséniova	0,8	1,0	0,7
	Bratislava, Trnavské mýto	0,7	1,1	0,6
Slovensko	Veľká Ida, Letná	3,3	5,3	4,1
	Krompachy, SNP	2,9	2,8	2,1
	Prievidza, Malonecpalská	1,7	1,9	1,5
	Trnava, Kollárova	0,9	1,3	0,7

Tab. 3.9 Zaradenie monitorovacích staníc, na ktorých sa monitorovali ťažké kovy a benzo(a)pyrén, podľa horných (HMH) a dolných medzí (DMH) na hodnotenie pre určenie spôsobu hodnotenia kvality ovzdušia za roky 2010 až 2014.

AGLOMERÁCIA Zóna	Stanica	As			Cd			Ni			Pb			BaP		
		>HMH	≤HMH; >DMH	≤DMH	>HMH	≤HMH; >DMH	≤DMH	>HMH	≤HMH; >DMH	≤DMH	>HMH	≤HMH; >DMH	≤DMH	>HMH	≤HMH; >DMH	≤DMH
BRATISLAVA	Bratislava, Jeséniova													A		
	Bratislava, Trnavské mýto													A		
Bratislava	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.		A				A			A			A			
	Veľká Ida, Letná			A			A			A			A	A		
	Krompachy, SNP			A			A			A			A	A		
	Prievidza, Malonecpalská	A					A			A			A	A		
	Trnava, Kollárova													A		
	Ružomberok, Riadok		A				A			A			A			

A – áno

Tab. 3.10 Vyhodnotenie znečistenia ovzdušia podľa limitných hodnôt na ochranu ľudského zdravia za rok 2014 z priemyselných staníc ostatných prevádzkovateľov - VZZO.

AGLOMERÁCIA Zóna		Ochrana zdravia								VHP ²⁾	
	Znečisťujúca látka	SO ₂		NO ₂		PM ₁₀		CO	Ben- zén	SO ₂	NO ₂
	Doba spriemerovania	1 hod	24 hod	1 hod	1 rok	24 hod	1 rok	8 hod ¹⁾	1 rok	3 hod Kľzavý priemer	3 hod Kľzavý priemer
	Limitná hodnota [µg.m ⁻³] (počet prekročení)	350 (24)	125 (3)	200 (18)	40	50 (35)	40	10000	5	500	400
BRATISLAVA	Bratislava, Pod. Biskupice	0	0	0	18,9	15	23	1074		0	0
	Bratislava, Vlčie Hrdlo	0	0	0	19,2	9	24	1028		0	0
KOŠICE	Poľov	0	0	0	14,0	26	38	1900		0	0
Bratislavský kraj	Rovinka	4	0	0	14,5	2	20	1098	1,2	0	0
Košícký kraj	Veľká Ida	0	0	0	31,3	78	41	3235		0	0
	Leles	0	0	0	8,6	70	38			0	0
Nitriansky kraj	Trnovec nad Váhom	0	0	0	12,5	4	20			0	0

¹⁾ maximálna osemhodinová koncentrácia

²⁾ Limitné hodnoty pre výstražné hraničné prahy
Znečisťujúce látky, ktoré prekročili limitnú hodnotu sú zvýraznené hrubým písmom

Tab. 3.11 Priemerné ročné koncentrácie SO_2 v ovzduší [$\mu g \cdot m^{-3}$] na EMEP staniaciach.

	Priemerné ročné koncentrácie SO_2					Priemerné koncentrácie SO_2 v zimnom období				
	2010	2011	2012	2013	2014	zima 2009–2010	zima 2010–2011	zima 2011–2012	zima 2012–2013	zima 2013–2014
Limitná hodnota na ochranu ekosystémov	20					20				
Horná medza na hodnotenie	12					12				
Dolná medza na hodnotenie	8					8				
Chopok , EMEP	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,3
Starina , Vodná nádrž, EMEP	1,4	1,4	1,7	1,5	1,2	2,0	2,3	2,6	2,1	1,5

Tab. 3.12 Priemerné ročné koncentrácie NO_x (vyjadrené ako NO_2) v ovzduší [$\mu g \cdot m^{-3}$] na EMEP staniaciach.

	2010	2011	2012	2013	2014
Limitná hodnota na ochranu ekosystémov	30				
Horná medza na hodnotenie	24				
Dolná medza na hodnotenie	20				
Chopok , EMEP	2,5	3,0	2,7	2,9	3,1
Starina , Vodná nádrž, EMEP	3,7	4,2	4,1	4,3	3,7

Tab. 3.13 Priemerná ročná koncentrácia suspendovaných častíc (PM_{10} a **TSP**) v ovzduší [$\mu g \cdot m^{-3}$] na EMEP staniaciach.

	2010	2011	2012	2013	2014
Chopok , EMEP	4,9	5,8	5,7	3,5	4,8
Topoľníky , Aszód, EMEP	23,8	21,4	20,6	16,4	15,5
Starina , Vodná nádrž, EMEP	15,5	15,7	14,2	11,2	12,6
Stará Lesná , AÚ SAV, EMEP	13,2	15,1	15,2	10,7	13,3

Tab. 3.14 Priemerné ročné koncentrácie ťažkých kovov na EMEP staniaciach [$ng \cdot m^{-3}$].

	Pb	As	Ni	Cd	Cu	Cr	Zn
Chopok , EMEP	0,99	0,10	1,00	0,04	2,26	1,61	3,19
Topoľníky , Aszód, EMEP	8,27	0,71	0,37	0,21	2,94	-	16,03
Starina , Vodná nádrž, EMEP	4,63	0,42	0,38	0,16	2,04	0,39	9,69
Stará Lesná , AÚ SAV, EMEP	4,96	0,36	0,40	0,15	2,46	-	10,85

Tab. 3.15 Priemerné ročné koncentrácie prchavých organických zlúčenín (ppb) – Starina 2014

etán	etén	propán	propén	i-bután	n-bután	acetylén	i-pentán	n-pentán	izoprén	n-hexán	benzén	toluén	o-xylén
2,699	0,712	0,944	0,247	0,206	0,363	0,120	0,174	0,069	0,104	0,089	0,032	0,206	0,211

4 PRÍZEMNÝ OZÓN

Výsledky výskumu z posledných rokov viedli k významným zmenám v interpretácii problematiky troposférického ozónu v Európe. Štúdie jednoznačne dokumentujú uplatnenie veľko-rozmerových procesov (prenos na veľké vzdialenosti, vertikálna výmena, vzťah ozón – klíma a iné) pri formovaní lokálnej úrovne prízemného ozónu. Ozón, resp. jeho prekursorov prenesené horizontálne z mimoeurópskych zdrojov, ďalej ozón prenesený vertikálne z voľnej troposféry a ozón pochádzajúci z prirodzených zdrojov (izoprén a terpény z lesov, ich emisie závisia hlavne od teploty) samotná európska environmentálna politika už ovplyvniť nemôže. Dokladom toho je skutočnosť, že Európa za posledných 20 rokov masívne (o cca 40 %) znížila emisie prekursorov ozónu (NO_x, NMVOC, CO) bez zodpovedajúcej odozvy na úroveň prízemného ozónu. V období 1990–2012 poklesla antropogénna emisia prekursorov ozónu na Slovensku: NMVOC z 136 kt na 61 kt; NO_x z 226 kt na 82 kt a CO z 515 kt na 223 kt.

Formovanie úrovne prízemného ozónu je veľmi zložitý proces. Lokálne efekty, ako titrácia ozónu v mestských centrách a produkcia ozónu v mestských vlečkách sú v interakcii z mezo- a veľkomezoklimatickými procesmi (diaľkový prenos a vertikálne premiešavanie ozónu a jeho prekursorov). Denný chod rýchlosti vetra a vertikálne premiešavanie, slnečné žiarenie, teplota vzduchu, konvekcia, termálna cirkulácia v členitom teréne a depozícia na povrch sú veľmi významné faktory v ozónovom cykle. Výsledky rozsiahleho monitoringu potvrdili existenciu zóny s akumulovaným ozónom v hornej časti hraničnej vrstvy atmosféry nad priemyslovými kontinentmi (napr. projekty EUROTRAC v Európe, NARSTO v USA). Táto regionálna akumulácia často predstavuje hlavnú frakciu koncentrácie prízemného ozónu v dňoch, v ktorých sú prekročené limitné hodnoty.

V rámci projektu EUROTRAC-2 sa prvý krát kvantifikoval prenos ozónu a jeho prekursorov zo Severnej Ameriky. Antropogénne emisie zo Severnej Ameriky prispievajú 4–8 µg.m⁻³ k priemernej koncentrácii prízemného ozónu v Európe (občas až do 20 µg.m⁻³). Počas TOR-2 experimentov sa zistil nový aspekt chémie troposférického ozónu. Merania na observatóriu Jungfraujoch vo Švajčiarsku (3 450 m n.m.) priniesli dôkazy o veľkej, možno dominantnej úlohy in-situ fotochemickej tvorby ozónu v spodnej troposfére nad Alpami, ktorá narastá od zimy k jari. Potvrdzuje to aj marcové maximum ročného chodu ozónu na stanici Lomnický štít (vysokohorská výskumná stanica 2 632 m n.m.).

Biogénne emisie prchavých organických látok (BVOC) a oxidov dusíka z prírodných zdrojov môžu hrať v procese tvorby ozónu v Európe oveľa významnejšiu rolu ako sa pôvodne predpokladalo. Lesy sú dominantným zdrojom BVOC. Ich emisie sú zatiaľ stanovené s veľkou neurčitosťou. Väčšina izoprénu a viac ako polovica terpénov sú emitované v období od mája do augusta, pričom ich emisia rastie exponenciálne s rastúcou teplotou. V teplých slnečných dňoch BVOC významne prispievajú k formovaniu vysokej úrovne prízemného ozónu. Tvorbe ozónu napomáha aj emisia NO_x z pôd (odhaduje sa až na 15 % celkovej emisie oxidov dusíka v Európe). Lesy pokrývajú 41 % plochy Slovenska, pričom priľahlé časti okolitých krajín sú v širokej miere zalesnené.

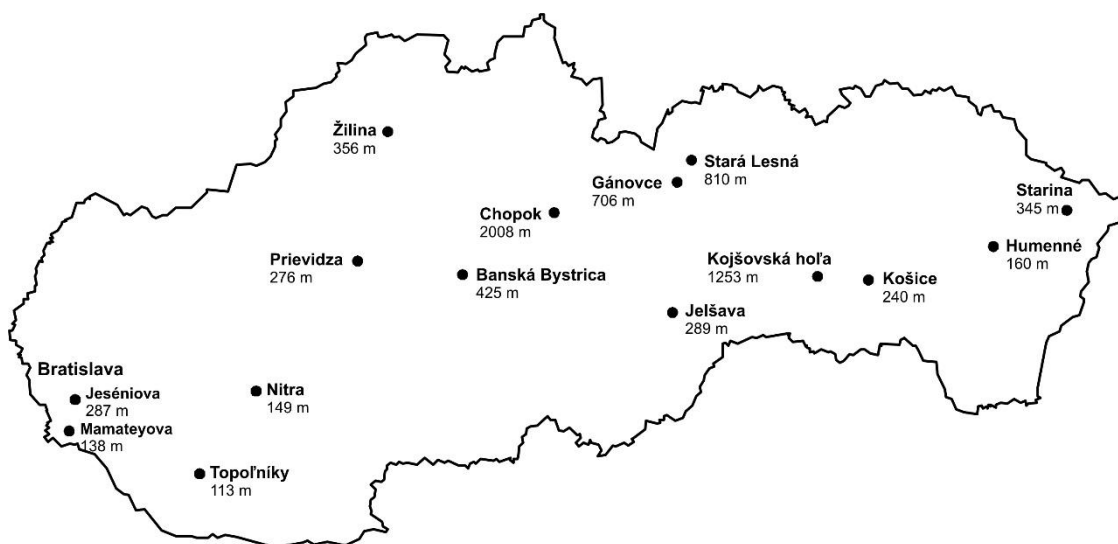
Popis denného režimu vertikálneho transportu ozónu schematicky rozoznáva tri vrstvy (prízemnú, medzivrstvu a subsynoptickú). Prízemná vrstva siaha od povrchu do výšky asi 200 m, medzivrstva je daná hrúbkou vrstvy premiešavania počas dňa (v priemere asi 1000 m) a subsynoptická vrstva, ktorá prechádza do voľnej troposféry. V prízemnej vrstve dominujú lokálne hydrodynamické procesy, ovplyvnené drsnosťou a nerovnomerným ohrevom povrchu. Medzivrstva je čiastočne ovplyvňovaná lokálnymi efektmi, čiastočne konvekciou a čiastočne procesmi synoptického meradla. V dôsledku vertikálneho gradientu vetra sú vzduchové hmoty v jednotlivých vrstvách horizontálne prenášané rôznymi smermi. V dôsledku denného cyklu premiešavania sú cez deň všetky tri vrstvy vo vzájomnej interakcii. Ozón a jeho prekursorov majú tendenciu sa premiešať cez všetky tri vrstvy. Počas noci je táto interakcia slabá. V noci absen-tuje fotochemická produkcia ozónu. Ozón v spodnej vrstve sa rozkladá na povrchu (depozícia), alebo reakciou s NO, vyššie koncentrácie ozónu zostávajú izolované v medzivrstve (nočnej reziduálnej časti hraničnej vrstvy s nízkou koncentráciou NO). Vrstva s akumulovaným ozónom je prenášaná vetrom a má potenciál premiešať sa nadol v priebehu nasledujúceho dňa. Druhý významný proces v meteorológii medzivrstvy predstavuje termálna cirkulácia v horských oblastiach. Ozón a jeho prekursorov zo vzdialených zdrojov (transportované synoptickou cirkuláciou) môžu splynúť s údolnou cirkuláciou a významne prispieť k lokálnej úrovni koncentrácií.

4.1 Vyhodnotenie výsledkov meraní

Národná monitorovacia sieť staníc znečistenia ovzdušia SHMÚ (obr. 4.1) sa buduje od roku 1992. V rámci tejto siete postupne narastal počet analyzátorov ozónu. Merania ozónu prebiehajú aj na 4 vidieckych pozad'ových staniciach (EMEP). Na všetkých staniciach sa používajú automatické analyzátory, ktoré pracujú na princípe absorpcie UV žiarenia (referenčná metóda podľa EN 14625). Národný ozónový kalibračný štandard SHMÚ je pravidelne každý rok nadviazaný na primárny NIST štandard č. 17 v ČHMÚ Praha.

Počet chýbajúcich meraní bol v roku 2014 na väčšine staníc menší ako 10 %, najvyššia poruchovosť bola na staniciach Chopok a Humenné (tab. 4.1).

Obr. 4.1 Sieť monitorovacích staníc prízemného ozónu SHMÚ (stav v r. 2014)



Tab. 4.1 Počet chýbajúcich meraní 1h koncentrácií prízemného ozónu [%].

Stanica	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bratislava, Jeséniova	2,2	5,8	16,8	0,6	1,64	0,1	0,2	1,3	1,6	0,3	8,3
Bratislava, Mamateyova	2,7	6,3	2,3	0,8	1,07	7,2	6,2	4,9	3,9	21,3	9,0
Košice, Ďumbierska	0,5	8,6	44,4	1,1	0,14	2,1	0,4	0,1	3,3	3,9	0,8
Banská Bystrica, Zelená						42,5	0,03	0,1	0,6	8,8	4,0
Jelšava, Jesenského	0	0,3	8,2	5,0	0,13	3,0	2,8	61,6	73,1	31,8	5,6
Kojšovská hoľa	1,1	9,9	6,3	0,7	1,98	0,1	14,2	2,5	4,2	1,5	13,4
Nitra, Janíkovce						13,7	22,5	63,3	11,8	26,7	10,2
Humenné, Nám. slobody	0,3	0,3	10,3	9,5	0,47	0,1	3,8	7,5	0,7	0,3	34,5
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	0,5	0,3	10,9	0,2	0,31	0,6	0,4	2,2	3,2	0,8	10,8
Gánovce, Meteo. st.	24,9	15,9	7,8	0,01	1,71	0,1	0,4	0,2	2,4	16,1	0,3
Starina, Vodná nádrž, EMEP	17,3	7,1	24,8	6,6	2,56	0,8	0,1	0,2	1,6	5,0	0,7
Prievidza, Malonecpalská				1,9	0,40	3,4	0,5	4,6	1,9	11,3	0,8
Topoľníky, Aszód, EMEP	3,6	6,6	1,7	1,4	0,59	0,6	2,9	-	18,9	30,1	0,1
Chopok, EMEP	9,6	1,9	29,0	1,0	1,67	0,3	2,6	2,2	3,4	22,0	47,6
Žilina, Obežná	0,3	0,5	0,5	1,0	0,05	1,5	0,1	0,4	3,1	25,4	10,1

-dlhodobá porucha

Tab. 4.2 Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] v rokoch 2003, 2005–2014.

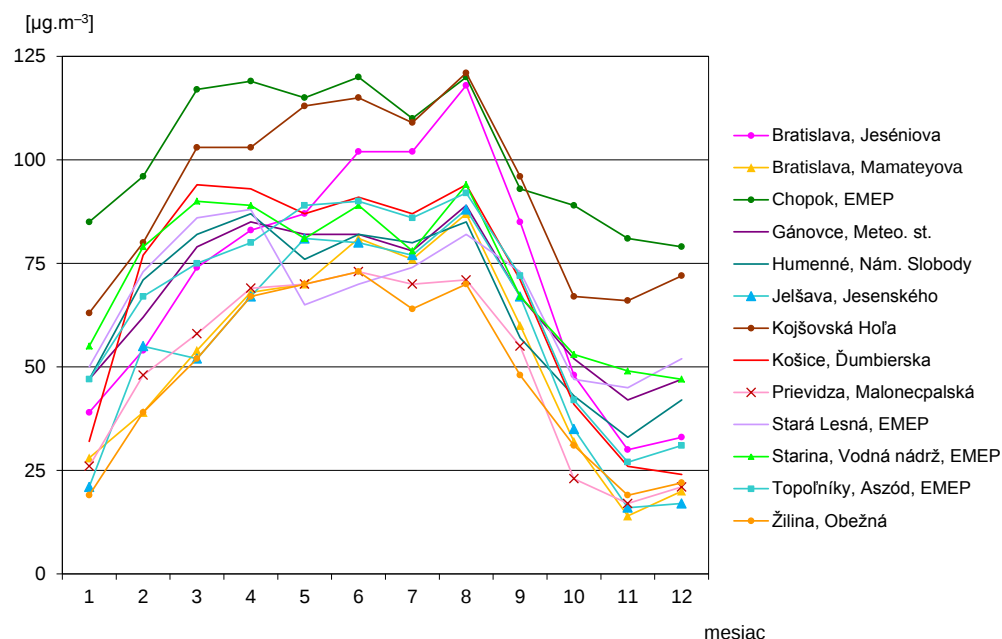
Stanica	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bratislava, Jeséniova	71	68 ^a	66	59	59	60	61	63	65	62	60
Bratislava, Mamateyova	53	53	50	49	48	48	46	51	53 ^a	48	46
Košice, Ďumbierska	68	67 ^b	49	57	56	81	63	73	62	61	55
Banská Bystrica, Zelená						^b 53	56	60	66	66	58
Jelšava, Jesenského	55	52	55	56	51	49	44 ^c	- ^c	- ^b	41	36
Kojšovská hoľa	91	86	84	79	76	85 ^a	90	87	83	78 ^a	75
Nitra, Janíkovce						^a 74	^a 53 ^c	- ^a	62 ^b	58 ^a	52
Humenné, Nám. slobody	66	60 ^a	62	56	55	59	53	53	55	60 ^b	40
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	67	70 ^a	73	68	74	61	67	65	63	71 ^a	56
Gánovce, Meteo. st.	68 ^a	67	68	60	65	62	63	64	66 ^a	67	58
Starina, Vodná nádrž, EMEP	73	66 ^b	62	62	59	58	51	59	60	64	55
Prievidza, Malonecpalská				48	53	50	49	51	52 ^a	50	53
Topoľníky, Aszód, EMEP	67	60	60	58	60	59	55	- ^a	59 ^b	64	51
Chopok, EMEP	^b 109	95 ^b	96	91	92	90	87	96	93 ^a	96 ^b	52
Žilina, Obežná	48	41	44	44	46	48	47	48	49 ^b	53 ^a	42
Priemer	65	61	60	62	61	62	59	61	63	63	53

^a viac ako 90 %, ^b 75–90 %, ^c 50–75 %, ^d menej ako 50 % platných meraní

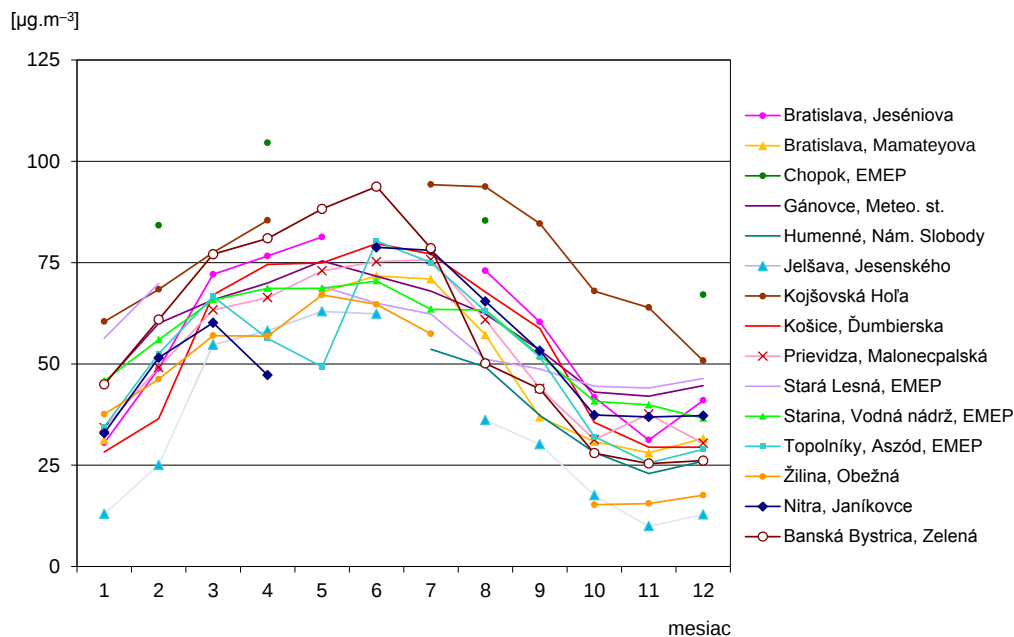
V tabuľke 4.2 sú zhrnuté priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu zo všetkých staníc NMSKO za obdobie 2003, 2005 až 2013. Celosieťový priemer z roku 2003 je najvyšší za celé toto obdobie. Ročné priemery nenaznačujú žiaden dlhodobý trend. Referenčná hodnota ročného priemeru pre ochranu materiálov $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ bola v posledných 3 rokoch prekročená na celom území Slovenska. Koncentrácie ozónu na Slovensku narastajú s nadmorskou výškou. V letnom období cez deň sa výšková závislosť do značnej miery stráca. Koncentrácie sa v čase najväčšej vertikálnej výmeny v spodnej atmosfére (popoludní) v celom profile prakticky vyrovnávajú.

Obrázok 4.2 ilustruje variabilitu mesačných priemerov koncentrácie ozónu zo všetkých staníc v roku 2003. Najvyššie figurujú pozadové horské stanice (Chopok, Kojšovská hoľa), po nich nasledujú regionálne, predmestské a nakoniec mestské stanice. Podobný priebeh priemerných mesačných koncentrácií ako v roku 2003, ktorý bol extrémne teplý, sa pozoroval aj v roku 2014 (obr. 4.3).

Obr. 4.2 Priemerné mesačné koncentrácie prízemného ozónu na Slovensku v roku 2003.



Obr. 4.3 Priemerné mesačné koncentrácie prízemného ozónu na Slovensku v roku 2014.



Tabuľka 4.3 uvádza počty dní, v ktorých bola prekročená priemerná 8h koncentrácia prízemného ozónu $120 \mu\text{g.m}^{-3}$ za obdobie 2012–2014, vrátane 3-ročného priemeru. Podľa legislatívy SR (EÚ) sa táto charakteristika vyhodnocuje v priemere za 3 roky. Povolený počet 25 dní v priemere za tri roky bol prekročený na siedmich staniciach, najviac na vysokohorskej stanici Chopok (60 dní). Počet prekročení informačného prahu (IP) pre signál „Upozornenie“ (1 h koncentrácie $180 \mu\text{g.m}^{-3}$) a výstražného prahu (VP) pre signál „Výstraha“ (1 h koncentrácie $240 \mu\text{g.m}^{-3}$) uvádza tabuľka 4.4. Prahová koncentrácia pre varovanie obyvateľstva v roku 2014 nebola prekročená. V roku 2014, v porovnaní s predchádzajúcimi rokmi sa nevyskytli prekročenia prahovej koncentrácie pre informáciu obyvateľstva.

Tab. 4.3 Počet dní s prekročením cieľovej hodnoty na ochranu zdravia ľudí (8h koncentrácia prízemného ozónu $120 \mu\text{g.m}^{-3}$). Cieľová hodnota povoleného počtu prekročení je 25 dní v priemere za 3 roky.

Stanica	2012	2013	2014	Priemer 2012–14
Bratislava, Jeséniova	48	38	20	35
Bratislava, Mamateyova	36	^a *19	16	26
Košice, Ďumbierska	27	17	11	18
Banská Bystrica, Zelená	54	36	30	40
Jelšava, Jesenského	^c *	^b * 6	0	0
Kojšovská hoľa	38	20	^a *3	29
Nitra, Janíkovce	^a 44	^b 26	^a 11	27
Humenné, Nám. slobody	10	20	^b *0	15
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	14	27	^a 0	14
Gánovce, Meteo. st.	12	^a *11	5	9
Starina, Vodná nádrž, EMEP	8	21	3	11
Prievidza, Malonecpalská	14	^a *10	12	13
Topoľníky, Aszód, EMEP	^a 34	^b 32	16	27
Chopok, EMEP	74	^a 46	^b *7	60
Žilina, Obežná	34	^b *26	^a 8	21

^a viac ako 90 %, ^a 75–90 %, ^b 50–75 %, ^c menej ako 50 % platných meraní
 * rok sa nezapočítal do priemeru, z dôvodu nedostatku údajov v letnom období
 - dlhodobá porucha analyzátoru

Tab. 4.4 Počet prekročení (v hodinách) informačného prahu (IP) a výstražného prahu (VP) prízemného ozónu pre upozornenie a varovanie obyvateľstva.

Stanica	IP _{1h} = 180 $\mu\text{g. m}^{-3}$			VP _{1h} = 240 $\mu\text{g. m}^{-3}$		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Bratislava, Jeséniova	0	3	0	0	0	0
Bratislava, Mamateyova	0	^a 0	0	0	^a 0	0
Košice, Ďumbierska	0	0	0	0	0	0
Banská Bystrica, Zelená	0	0	0	0	0	0
Jelšava, Jesenského	^c 0	^b 0	0	^c 0	^b 0	0
Kojšovská hoľa	0	3	^a 0	0	0	^a 0
Nitra, Janíkovce	^a 0	^b 0	^a 0	^a 0	^b 0	^a 0
Humenné, Nám. slobody	0	0	^b 0	0	0	^b 0
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	0	0	^a 0	0	0	^a 0
Gánovce, Meteo. st.	0	^a 0	0	0	^a 0	0
Starina, Vodná nádrž, EMEP	0	0	0	0	0	0
Prievidza, Malonecpalská	0	^a 0	0	0	^a 0	0
Topoľníky, Aszód, EMEP	^a 0	^b 0	0	^a 0	^b 0	0
Chopok, EMEP	0	^a 0	^b 0	0	^b 0	^b 0
Žilina, Obežná	0	^b 0	^a 0	0	^a 0	^a 0

^a viac ako 90 %, ^a 75–90 %, ^b 50–75 %, ^c menej ako 50 % platných meraní

Hodnoty AOT40 na ochranu vegetácie sa nachádzajú v tabuľke 4.5. AOT40 je suma prekročení úrovne $80 \mu\text{g.m}^{-3}$ z 1h koncentrácií počas dňa (od 8 00 do 20 00 h SEČ) od 1. mája do 31. júla. Cieľová hodnota je $18\,000 \mu\text{g.m}^{-3}.\text{h}$ (priemer za 5 rokov). Táto hodnota bola v priemere za roky 2010–2014 prekročená na štyroch staniciach.

Hodnoty AOT40 na ochranu lesov uvádza tabuľka 4.6. Táto charakteristika sa počíta rovnako ako AOT40 na ochranu vegetácie, avšak za obdobie od 1. apríla do 30. septembra. Referenčná úroveň pre spravodajstvo do EK je $20\,000 \mu\text{g.m}^{-3}.\text{h}$. Táto hodnota platí len pre predmestské, vidiecke a poľnohospodárske stanice. Na týchto staniciach na celom Slovensku hodnoty AOT40 pre ochranu lesov pravidelne prekračujú referenčnú úroveň, na niektorých staniciach vo fotochemicky aktívnych rokoch dokonca viac ako dvojnásobne.

V spolupráci s Holandskom sa pomocou modelu LOTOS-EUROS rekalkulovali koncentrácie prízemného ozónu nad Európou pre roky 1999 a 2003, a to v oboch rokoch pre dva varianty – so slovenskými a bez slovenských emisií antropogénnych prekursorov ozónu. Výsledky potvrdili veľmi malý vplyv emisií Slovenska na stredoeurópsku úroveň koncentrácií ozónu a tým aj veľmi malé možnosti jej ovplyvnenia národnými opatreniami. Lokálna produkcia ozónu na Slovensku je veľmi malá (podľa modelu LOTOS-EUROS, na základe výsledkov meraní zo staníc umiestnených v rôznych nadmorských výškach a pozadovej úrovne koncentrácií NO₂). Ročný priemer slovenské emisie prakticky neovplyvňujú, maximálne hodnoty v lete zvyšujú o niekoľko percent a v zime o približne rovnakú hodnotu znižujú.

Tab. 4.5 Hodnoty AOT40 na ochranu vegetácie (máj – júl).
Cieľová hodnota AOT je 18 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ v priemere za 5 rokov.

Stanica	2012	2013	2014	Priemer 2010–14
Bratislava, Jeséniova	24433	19886	*23690	20863
Bratislava, Mamateyova	19352	*15274	17336	17046
Košice, Ďumbierska	18651	12305	15591	17871
Banská Bystrica, Zelená	27585	19904	26688	21869
Jelšava, Jesenského	–	*6748	*8974	8635
Kojšovská hoľa	20363	12935	*16676	20589
Nitra, Janíkovce	*25400	18852	*22478	15981
Humenné, Nám. slobody	13348	14790	*6116	14069
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	12737	14132	6880	12446
Gánovce, Meteo. st.	11959	*14697	13600	14419
Starina, Vodná nádrž, EMEP	9429	12552	11568	9799
Prievidza, Malonecpalská	16158	*9528	17785	15007
Topoľníky, Aszód, EMEP	14984	21587	18024	17875
Chopok, EMEP	30899	*24263	*22647	27143
Žilina, Obežná	20280	*37306	14965	17357

- dlhodobá porucha analyzátora

Tab. 4.6 Hodnoty AOT40 na ochranu lesov (apríl – september).
Referenčná úroveň pre ročné spravodajstvo do EK je 20 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$.

Stanica	2011	2012	2013	2014
Bratislava, Jeséniova	33233	41829	35963	30491
Bratislava, Mamateyova	29413	33997	30840	23193
Košice, Ďumbierska	57247	33768	27304	24908
Banská Bystrica, Zelená	38949	48313	46448	35473
Jelšava, Jesenského	49827	–	18180	11139
Kojšovská hoľa	48875	40477	26524	26550
Nitra, Janíkovce	–	46508	36198	26282
Humenné, Nám. slobody	29418	25804	32442	6608
Stará Lesná, AÚ SAV, EMEP	27976	25211	33529	10417
Gánovce, Meteo. st.	35139	23981	31949	21515
Starina, Vodná nádrž, EMEP	19987	20217	28658	20116
Prievidza, Malonecpalská	26243	28288	22395	25434
Topoľníky, Aszód, EMEP	–	31389	39501	26684
Chopok, EMEP	53169	57357	48233	30632
Žilina, Obežná	32787	35382	41515	25001

- dlhodobá porucha analyzátora

4.2 Záver

Slovensko je malá krajina v strede Európy. Prízemný ozón na jeho území má prevažne advektívny pôvod. Dominuje prenos smerom k povrchu z vrstvy akumulácie ozónu nad európskym kontinentom a horizontálny (cezhraničný) prenos, hlavne z južných smerov. Potenciál národných opatrení na zníženie úrovne koncentrácií prízemného ozónu na území Slovenska je veľmi malý. Potvrdzujú to nasledujúce skutočnosti:

1. Masívne zníženie národných emisií prekurzorov ozónu za posledné roky neprinieslo zníženie úrovne koncentrácií prízemného ozónu na území Slovenska. Niektoré charakteristiky koncentrácií prízemného ozónu v 2014 zotrvali na relatívne vysokej úrovni z predchádzajúcich rokov.
2. Výsledky meraní z monitorovacích staníc umiestnených v rôznych nadmorských výškach umožnili kvantifikovať prenos ozónu smerom k povrchu ako dominantný vplyv a odhadnúť význam lokálnej produkcie ozónu na Slovensku na menej ako 10 %. Zodpovedá tomu aj úroveň vidieckych pozadových koncentrácií NO_2 .
3. Výsledky výpočtov pomocou holandského modelu LOTOS-EUROS pre roky 1999 a 2003 (vždy pre dva varianty – so slovenskými a bez slovenských antropogénnych emisií prekurzorov ozónu) poukázali na veľmi malý vplyv Slovenska na stredoeurópsku úroveň koncentrácií prízemného ozónu.
4. Veľmi sporadické prekročovanie informačného ($180 \mu\text{g.m}^{-3}$) a výstražného ($240 \mu\text{g.m}^{-3}$) prahu pre verejnosť (hlavne na juhozápadnom Slovensku) malo vždy advektívny (cezhraničný) charakter. Lokálne regulačné opatrenia (napr. obmedzovanie autodopravy v Bratislave) by spôsobili len zníženie titračného účinku oxidov dusíka a tým zvýšenie koncentrácií ozónu v centre mesta. Pozadová úroveň koncentrácií by sa nezmenila.

5 VÝSLEDKY MODELOVANIA USKUTOČNENÉ K 31.12.2014

5.1 Použité metódy a ich stručný popis

Matematické modely, v zmysle slovenskej aj európskej legislatívy ochrany ovzdušia, patria medzi základné nástroje na hodnotenie kvality ovzdušia. Modely umožňujú (v rôznych priestorových meradlách) najmä plošné vyjadrenie požadovaných charakteristík znečistenia ovzdušia, analýzu podielu významných zdrojov na znečistení a výpočet očakávaného znečistenia ovzdušia pre rôzne scenáre vývoja emisií. Podľa legislatívy EÚ je samostatná aplikácia modelu možná len pre koncentrácie znečisťujúcich látok pod dolnou medzou na hodnotenie kvality ovzdušia. Pri vyšších úrovniach sa musí kombinovať modelovanie s monitoringom. Proces harmonizácie disperzných modelov v EÚ ešte nie je ukončený. V členských štátoch sa zatiaľ odporúča aplikácia národných modelov. Európska regionálna (požadová) úroveň znečistenia ovzdušia, vrátane transhraničných prenosov sa hodnotí pomocou modelov (aj meraní) programom EMEP, a to pre acidifikáciu, eutrofizáciu, prízemný ozón, ťažké kovy a v súčasnosti sú už prvé výsledky aj pre POPs (Persistent Organic Pollutants – perzistentné organické látky).

Zákon o ochrane ovzdušia č. 137/2010 Z. z. stanovuje postup pre hodnotenie a kritériá kvality ovzdušia v plnom súlade so smernicami EÚ a umožňuje využiť okrem meraní imisií aj matematické modelovanie na hodnotenie kvality ovzdušia. Základným východiskom pre hodnotenie kvality ovzdušia na Slovensku sú výsledky meraní koncentrácií znečisťujúcich látok v ovzduší, ktoré realizuje SHMÚ na stanicích NMSKO. V nadväznosti na merania sa pre plošné hodnotenie kvality ovzdušia využívajú metódy matematického modelovania. Aplikácia modelov však má svoje limity. Legislatíva predpisuje neurčitost' modelovania pre jednotlivé znečisťujúce látky. Tieto v požadovanom rozsahu, resp. priestorovom a časovom členení spravidla nie sú k dispozícii. Platí to najmä pre sofistikovanejšie typy modelov. Modelovanie znečistenia ovzdušia na Slovensku komplikuje mimoriadna členitosť územia a nedostatočná hustota monitorovacej siete.

SHMÚ v súčasnosti pracuje s 2 typmi modelov

- **CEMOD**– modelovanie základných znečisťujúcich látok (SO_2 , NO_x , NO_2 , benzén a CO) na celom území Slovenska.
- **IDWA**– priestorová interpolácia koncentrácií vybraných látok (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, ťažké kovy a ozón) na celom území Slovenska.

Modely CEMOD a IDWA slúžia pre hodnotenie znečistenia ovzdušia na území celého štátu. Model CEMOD môže byť využitý aj pre riešenie lokálnych problémov ochrany ovzdušia (priemyselný zdroj, mesto, ulica a pod.).

Uvedené modely pre hodnotenie kvality ovzdušia boli vyvinuté na SHMÚ. Cieľom bolo získať účinné nástroje pre celoplošné hodnotenie znečistenia ovzdušia požadované našou legislatívou a smernicami EÚ pre riadenie kvality ovzdušia v zónach (všetky kraje Slovenska) a aglomeráciách (Bratislava a Košice) Slovenska. Pomocou týchto modelov je možné v kombinácii s výsledkami z monitorovacích staníc NMSKO hodnotiť kvalitu ovzdušia na celom území Slovenska, a to všetkých požadovaných indikátorov. Samozrejme v rámci prípustnej neurčitosti modelových výpočtov.

Model pre celoplošné hodnotenie koncentrácií plynných znečisťujúcich látok na Slovensku (CEMOD)

CEMOD pracuje na báze metodiky US EPA-ISC pre výpočet znečistenia ovzdušia od stacionárnych zdrojov a metodiky US EPA-CALINE pre líniové (mobilné) zdroje, a to do vzdialenosti 30 km od zdrojov. Pre väčšie vzdialenosti používa sektorový prístup, pričom uhol sektoru narastá so vzdialenosťou od zdroja. Komplexný terén sa zohľadňuje v súlade s metodikou ISC. Metodika zahrňuje korekčný faktor pre pokles koncentrácie s nadmorskou výškou, stanovený na základe meraní regionálnych pozad'ových staníc. Modelové výpočty pre líniové zdroje obsahujú algoritmy, pomocou ktorých sa zohľadňuje vplyv hustoty a štruktúry zástavby (drsnosť povrchu) na rozptyl znečisťujúcich látok v mestskej aglomerácii. Model neobsahuje chemický modul (pre rýchle reakcie). CEMOD sa v súčasnosti aplikuje len pre oxidy dusíka (NO_x), oxid dusičitý (NO_2), oxid uhoľnatý (CO), benzén a oxid siričitý (SO_2). Chemická transformácia NO na NO_2 pre všetky stacionárne zdroje v mimomestskom prostredí a v mestskom prostredí pre zdroje s efektívnou výškou zdrojov viac ako dvojnásobok výšky priemernej zástavby sa počíta v súlade s metodikou TA-Luft 2002. Citovaná metodika je doplnená korekčným koeficientom pre zohľadnenie hustoty a štruktúry zástavby (drsnosti povrchu) v mestskom prostredí pre mobilné zdroje a stacionárne zdroje s efektívnou výškou zdrojov menšou ako je dvojnásobok výšky priemernej výšky zástavby. CEMOD vyžaduje sekvenčné meteorologické aj emisné vstupné údaje (po hodinách). Vypočítaný rad hodinových koncentrácií (8760 hodnôt ročne pre každý uzlový bod) umožňuje stanoviť 8h, 24h a ročné koncentrácie a percentily ich prekročenia.

Funkčnosť modelu CEMOD sa overila pre uvedené znečisťujúce látky pre rok 2000. Výpočty sa vykonali pre všetkých osem zón a dve aglomerácie SR. Zo sekvenčných vstupných hodnôt pre každý referenčný, resp. uzlový bod boli vypočítané všetky charakteristiky znečistenia ovzdušia požadované v smerniciach EÚ, resp. zákonom o ovzduší. Príslušné smernice pre uvedené znečisťujúce látky vyžadujú presnosť odhadu pre ročný priemer 30 %, denný priemer 50 % a pre hodinový priemer 50 až 60 %. Predbežne sa výsledky modelových výpočtov a odvodené parametre porovnali s nameranými hodnotami z automatických monitorovacích staníc (AMS) pre oxid siričitý. Pre ostávajúce znečisťujúce látky sa porovnali výsledky modelových výpočtov len s hodnotami zo staníc AMS v dvoch aglomeráciách, nakoľko pre ostávajúce mestá nie sú k dispozícii dostatočné informácie o intenzite automobilovej dopravy.

Štruktúra programu:

- Riadiaci modul zabezpečujúci koordináciu behu programu na základe definovaných požiadaviek na modelovú simuláciu, vstupné údaje, formy a rozsah výstupov.
- Moduly na predspracovanie emisných a meteorologických dát podľa požiadaviek pre model.
- Moduly disperzného modelu.
- Modul pre výpočet požadovaných štatistických výstupov z vypočítaných údajov.
- Modul pre zabezpečenie výstupov v tabuľkovej a grafickej forme.

Vstupné údaje pre model:

- **Geografické údaje**, t.j. nadmorské výšky, súradnice uzlových a referenčných bodov, štruktúra zástavby mestských častí, geometrické charakteristiky vybratých ulíc.
- **Emisné údaje** predstavujú výstupy z inventarizačného systému NEIS (REZZO), intenzita dopravy od firmy AUREX alebo Slovenskej správy ciest, skladba vozidiel a špecifické emisie podľa kategorizácie EHK, údaje o rýchlosti v dopravných úsekoch a typy ciest.
- **Meteorologické údaje** predstavujú sekvenčné meteorologické vstupné údaje, ktoré sa získajú z meteorologických staníc (databáza KMIS) a mezometeorologického modelu.
- **Pozad'ové koncentrácie** z diaľkového (transhraničného) prenosu sa získajú zo staníc NMSKO s monitorovacím programom EMEP.

Výstupy z modelu:

- Pomocou modelu sa vypočítajú koncentrácie pre všetky zvolené referenčné, resp. uzlové body. Z vypočítaných hodnôt pre každý referenčný bod sa odvodí všetky charakteristiky znečistenia ovzdušia požadované zákonom o ovzduší (maximálne hodinové a priemerné denné koncentrácie, prekročenie imisných limitov a ročné koncentrácie, počet prekročenia medzných hodnôt, resp. príslušné percentily a priemerné ročné koncentrácie).
- Pri dostatočnej hustote uzlových bodov možno jednoducho spracovať mapy izočiari vypočítaných charakteristík (GIS).
- Výsledky výpočtov pre referenčné alebo sieťové body sú k dispozícii aj vo forme tabuľkových výstupov, ako možné vstupy tabuľkových editorov. Ako tabuľkový formát si možno zvolit' EXCEL, resp. výstupy v binárnom alebo ASCII kóde.

Anizotropná vážená inverzná distančná interpolácia pre celoplošné hodnotenie kvality ovzdušia v SR (IDW-A)

Aplikácia disperzných modelov pre znečisťujúce látky s dlhším zotrvaním v atmosfére, pre ktoré chýbajú emisné údaje v požadovanej disagregovanej forme, pre ktoré je typické vysoké regionálne pozadie a významne sa uplatňuje diaľkový prenos, prípadne prírodné zdroje (PM₁₀, PM_{2,5}, olovo, benzo(a)pyrén (BaP), atď.), je často obmedzená. V takýchto prípadoch môžu byť veľmi úspešné interpolačné metódy. Na SHMÚ bola navrhnutá interpolačná metóda **IDW-A**, v ktorej miera vplyvu monitorovacích staníc na koncentrácie v uzlových bodoch siete je nepriamo závislá od ich vzájomnej vzdialenosti.

Interpolačný model bol napr. použitý pre celoslovenské hodnotenie úrovne koncentrácií PM₁₀. Jeho aplikácia vyplynula z vysokého stupňa neurčitosti vstupných emisných údajov (suspensia a resuspensia minerálnych častíc, elementárny a organický uhlík, sekundárne častice, častice biologického pôvodu a fugitívne emisie). V interpolačnej schéme sa aplikoval faktor anizotropie prostredia, ktorý zohľadňuje vplyv orografie na šírenie znečisťujúcich látok v danej lokalite. Ako vstupné hodnoty pre výpočet slúžili namerané údaje, alebo z nich odvodené hodnoty (napr. priemery, percentily). Na základe signifikantných atribútov prostredia boli pre každú vstupnú hodnotu definované: vyhladzovacie parametre (smoothing) a exponent horizontálnej reprezentatívnosti. Zaviedla sa aj regionalizácia (priestorová reprezentatívnosť) meraní (vstupných hodnôt). Vstupné hodnoty sa transformovali na referenčnú hladinu na základe empiricky odvodených výškových závislostí z meraní staníc NMSKO s programom EMEP. Interpolačná schéma umožňuje na základe nameraných údajov určiť aj priestorové rozloženie (3D) jednotlivých odvodených charakteristík znečistenia ovzdušia.

Vstupné údaje pre výpočet:

- Namerané alebo odvodené údaje z monitorovacích staníc kvality ovzdušia.
- Faktory anizotropie prostredia, ktoré zohľadňujú vplyv orografie na šírenie znečisťujúcich látok v danej lokalite.
- Atribúty v závislosti od charakteru prostredia pre každý merací bod (prítomnosť a významnosť zdrojov – váhy, geografická integrita – výber podmnožiny, rozmer zastavanej plochy, mesta – vyhladzovací parameter).

Výstupy z modelových výpočtov:

- Vypočítané hodnoty ľubovoľne zadanej charakteristiky kvality ovzdušia pre sieť uzlových bodov na následné mapové spracovanie (priemery, prekročovanie limitov, ...).
- Vypočítané hodnoty ľubovoľne zadanej charakteristiky kvality ovzdušia pre zvolené referenčné body na následné tabuľkové spracovanie (priemery, prekročovanie limitov,).

5.2 Výsledky a výstupy

Výsledky modelových výpočtov

Modelové výpočty pre hodnotenie kvality ovzdušia boli uskutočnené aplikáciou hore uvedených modelov CEMOD a IDW-A. Pre znečisťujúce látky SO₂, NO₂, NO_x, CO a benzén bol použitý model CEMOD. Nakoľko vstupné údaje pre rok 2014 budú k dispozícii až v poslednom štvrtroku 2015, modelové výpočty budú vždy uvedené s ročným sklzom. V prípade prízemného ozónu (O₃), suspendovaných častíc PM₁₀ bola pre modelový výpočet použitá interpolácia IDW-A. Pre výpočet koncentrácií použitím IDW-A sú potrebné len namerané údaje zo siete NMSKO, preto výsledky sú uvedené už za rok 2014.

Oxid siričitý – SO₂

Výpočet plošného rozloženia všetkých charakteristík úrovne koncentrácií SO₂ v zónach, aglomeráciách, oblastiach riadenia kvality ovzdušia a na celom území štátu sa používa model **CEMOD**. Tento model vyžaduje vstupné meteorologické aj emisné údaje v sekvenčnej forme (t.j. v postupnosti po hodinách). Prípravy meteorologických vstupov z celého územia Slovenska za každý rok (úprava údajov z meteorologických staníc, výstupy z meteorologického modelu) sú veľmi náročné. Emisné vstupné údaje sú z databázy NEIS (Národný emisný informačný systém), pre ktoré bol určený ročný chod emisných tokov, a to na základe charakteru a typu zdroja (celoročná, sezónna prevádzka, energetika, atď.). Ako doplnkové údaje pre priestorové hodnotenie územia sa používajú namerané údaje koncentrácií oxidu siričitého z vidieckych pozadových staníc NMSKO s programom EMEP. Výsledky meraní z NMSKO slúžia na validáciu modelových výpočtov.

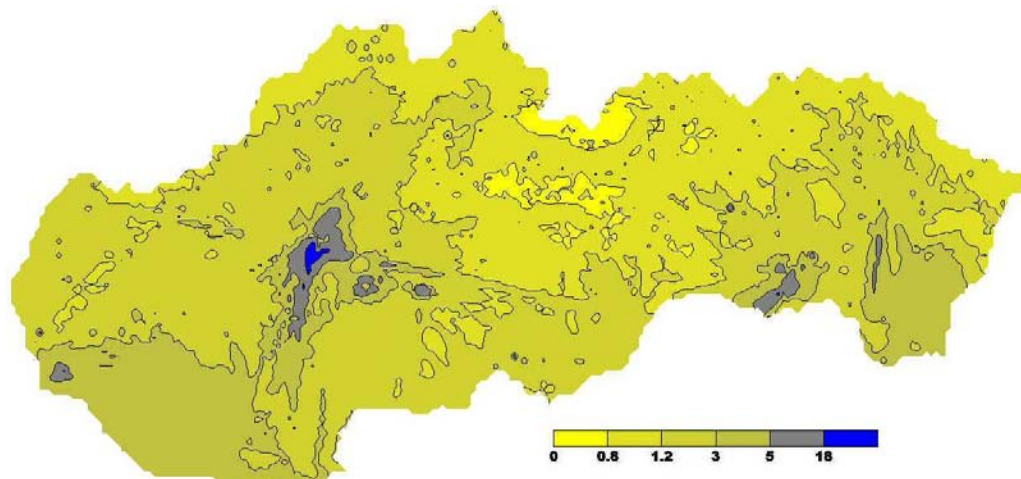
Emisie – Zo zdrojov znečisťovania ovzdušia oxidom siričitým, ktoré patria do skupiny veľkých a stredných zdrojov bolo do modelových výpočtov zaradených 251 komínov (výduchov) z celkového počtu takmer 4 811 (v roku 2004 okolo 8 000) evidovaných v databázovom systéme NEIS. Z celkového počtu komínov len v prípade 265 (v roku 2006 to bolo 898) je celoročná emisia je nad 1 t. Z uvedeného je zrejmé, že aj v roku 2013 (obdobne ako v roku 2012) je výrazný podiel komínov (výduchov), ktoré majú malý ročný emisný tok. V roku 2013 pozorujeme mierny pokles emisií oxidu siričitého (53 tis. t, z toho takmer 50 tis. t. veľké a stredné zdroje) v porovnaní s rokom 2012 (58 tis. t, z toho 55 tis. t veľké a stredné zdroje). Emisie z 251 komínov vstupujúcich do modelového výpočtu reprezentujú až 99,6 % (49 747) emisií z veľkých a stredných zdrojov (49 958 t) v roku 2013. Z tohto množstva štyri dominantné zdroje predstavujú okolo 83,2 % podiel – ENO (Elektrárne Nováky) 62,8 %, U.S. Steel Košice 15,2 %, Slovnaft Bratislava 3,1 % a Slovalco, a.s., Žiar nad Hronom 2,8 %. Okrem zdroja znečisťovania ovzdušia U.S. Steel Košice v roku 2013 bol zaznamenaný mierny nárast a u ostatných dominantných zdrojoch celkovej emisie oxidu siričitého v porovnaní s rokom 2012. V roku 2013 u zdroja znečisťovania ovzdušia CM European power Slovakia bol zaznamenaný výrazný pokles emisie oxidu siričitého v porovnaní s rokom 2012 (z 2,9 % pod 1 %). Malé zdroje znečisťovania (hlavne domáce vykurovacie systémy) sa podieľali na celkovej emisii oxidu siričitého v roku 2013 cca 5 % (3 196 t). V modelových výpočtoch boli malé zdroje ako aj stredné a veľké zdroje s malými emisnými tokmi reprezentované 29 plošnými zdrojmi.

Imisie – Modelový výpočet (CEMOD) potvrdil obmedzenie plochy prekročení krátkodobých koncentrácií len na územie okresu Prievidza. Prekročenie 1 hodinovej limitnej hodnoty bolo zaznamenané na stanici Prievidza (3-krát) a Bystričany (20-krát), je však z pohľadu prípustnosti prekročenia tejto limitnej hodnoty (prípustné 24 prekročenia) tolerované. Prekročenie 24 hodinovej limitnej hodnoty bolo zaznamenané na stanici Bystričany (2-krát). Obdobne, ako v prípade 1 hodinovej limitnej hodnoty, aj v tomto prípade je počet prekročení (prípustné 3 prekročenia) tolerovaný. Je potrebné poznamenať, že na stanici v Prievidzi, na Malonecpalskej bolo v roku 2013 iba 77 % planých meraní. Rok 2013 bol z pohľadu rozptylových podmienok

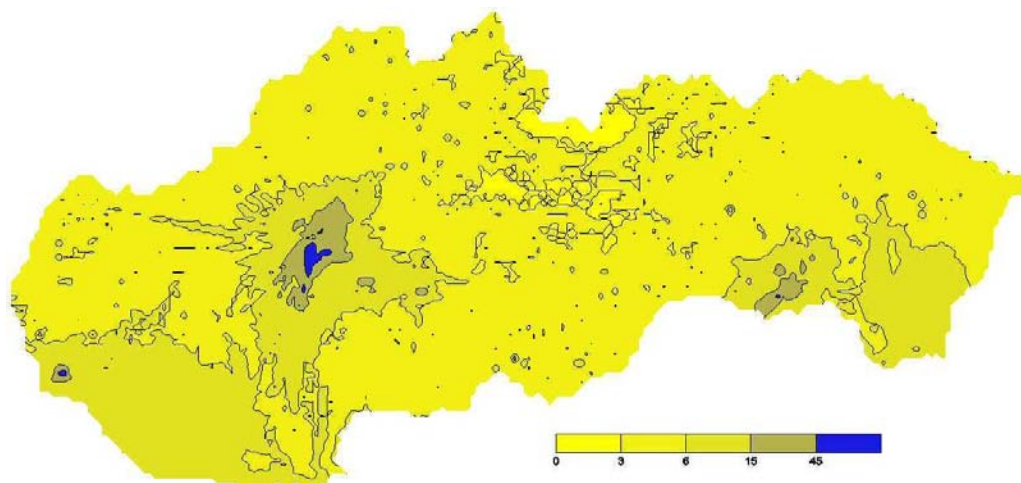
znečisťujúcich látok v ovzduší mierne priaznivejší rok ako rok 2012, čo sa prejavilo aj na celoplošnom znížení hodnôt priemerných ročných koncentrácií.

Z obrázkov 5.1 až 5.3 je zjavné, že najviac zaťažené oblasti čo do rozlohy v súlade s emisiami sú lokality najvýznamnejších (najvýdatnejších) zdrojov znečisťovania oxidom siričitým. V ostatných (osídlených) lokalitách v prípade priemerných hodinových koncentrácií (25. najvyššia hodnota, čiže 99,7 percentil) predstavujú výstupy z modelu zväčša od 7 do 19 % limitnej hodnoty a na dvoch lokalitách dokonca pod 4 %. Hodnota nad 50 % limitnej hodnoty bola nameraná len na jednej stanici (Bystričany). Priemerné ročné koncentrácie oxidu siričitého sa môžu v dôsledku lokálnych podmienok pre rozptýl, resp. výskytu dominantného zdroja znečisťovania ovzdušia v niektorých miestach priblížiť hodnote $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, čo je limitná hodnota pre ochranu ekosystémov. Rozloha plôch so zvýšenými hodnotami sa od roku 2010 podľa modelových výpočtov z roka na rok výrazne zmenšovala. V roku 2013 pozorujeme pokles plôch so zvýšenými hodnotami aj v okrese Prievidza v porovnaní s rokom 2012. Lokalizácia dominantných zdrojov znečisťovania ovzdušia touto znečisťujúcou látkou (ENO, U.S. Steel a Slovnaft) a niektorých zdrojov znečisťovania ovzdušia s obmedzeným dosahom na obrázkoch je zjavná.

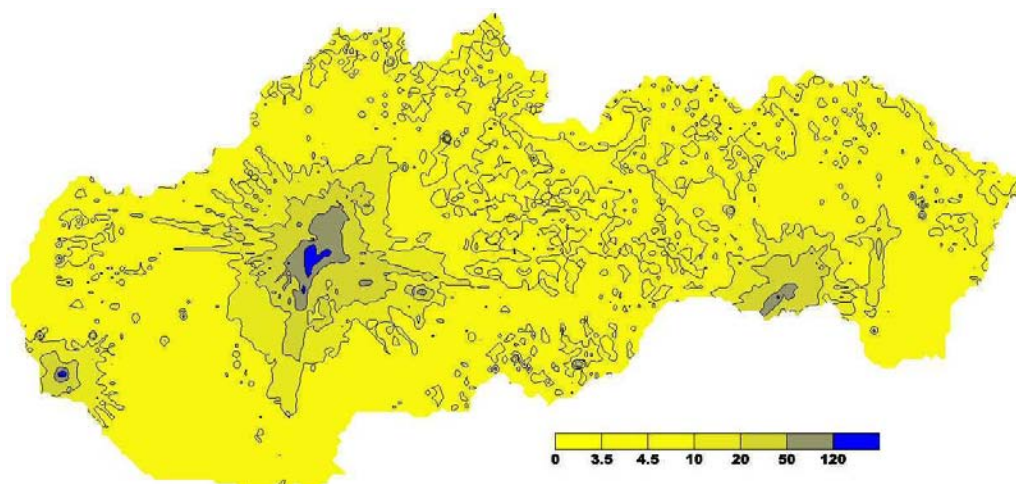
Obr. 5.1 Priemerná ročná koncentrácia SO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], rok 2013.



Obr. 5.2 99,2 percentil priemernej dennej koncentrácie SO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], rok 2013.



Obr. 5.3 99,7 percentil priemernej hodinovej koncentrácie SO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], rok 2013.



Tab. 5.1 Namerané (AMS) a vypočítané (CEMOD) indikátory kvality ovzdušia pre oxid siričitý (SO_2) v sieti NMSKO SR za rok 2013 a ich percentuálny rozdiel [%].

AGLOMERÁCIA/ Zóna	Stanica	(SO _x) – priemerná ročná koncentrácia [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]			99,2-percentil z 24 hodinových údajov oxidu siričitého			99,7-percentil z 1 hodinových údajov oxidu siričitého		
		AMS	CEMOD	%	AMS	CEMOD	%	AMS	CEMOD	%
BRATISLAVA	Bratislava, Mamateyova	3,7	3,9	5	13,7	11	-20	21,9	29	32
Bratislavský kraj	Malacky, Sasinkova	4,0	4,8	21	7,1	9	27	13,2	19	44
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	3,2	3,2	1	6,8	6	-11	10,4	10	-4
Košický kraj	Krompachy, SNP	8,3	10,1	21	54,1	30	-45	64,8	63	-3
Nitriansky kraj	Nitra, Štúrova	10,5	11	5	21,8	20	-8	41,2	31	-25
Prešovský kraj	Vranov nad Topľou, M. R. Štefánika	5,4	5	-7	12,1	12	-1	23,9	18	-25
Trenčiansky kraj	Prievidza, Malonecpalská	10,7	11,7	9	39,9	35	-12	148,0	86	-42
	Bystričany, Rozvodňa SSE	17,4	20	15	60,3	62	3	305,0	150	-51
	Handlová, Morovianska cesta	8,3	7,9	-4	19,8	22	11	49,2	55	12
	Trenčín, Hasičská	5,1	5,9	15	22,7	11	-51	33,0	21	-36
Trnavský kraj	Senica, Hviezdoslavova	7,0	7,2	3	21,4	14	-35	28,7	26	-9
Žilinský kraj	Ružomberok, Riadok	7,8	8,2	5	19,5	18	-8	32,1	37	15

Tabuľka 5.1 obsahuje vypočítané a namerané indikátory pre hodnotenie kvality ovzdušia. Z tabuľky vyplýva aj skutočnosť, že prezentovať úspešnosť modelových výpočtov v porovnaní s nameranými hodnotami je tým obtiažnejšie, čím je táto hodnota menšia. Platí to hlavne v prípade priemerných ročných koncentrácií, keď absolútny rozdiel $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ predstavuje percentuálny podiel až 15 % (čo je bežná tolerancia pre meracie prístroje). Pričom predpísaná úspešnosť pre modelový odhad je 30 %! Absolútna hodnota rozdielov v prípade denných a hodinových percentilov medzi nameranými a namodelovanými koncentraciami je relatívne malá. Výnimku tvoria podľa očakávania dve najproblematickejšie lokality v prípade znečisťovania ovzdušia oxidom siričitým. Prvá je lokalita Krompachy, kde fosilné palivá pre rodinné vykurovacie systémy tvoria významný podiel. Túto skutočnosť potvrdzuje hodnota absolútneho rozdielu nameranej a namodelovanej hodnoty denného percentilu. Modelová hodnota je výrazne menšia nakoľko informácie pre modelový výpočet nie sú komplexné, resp. je veľmi obtiažne modelovo simulovať všetky miestne špecifiká. V oblasti lokalít Prievidza, Bystričany, na rozdiel od lokality Krompachy, nie sú dominantné miestne vykurovacie systémy, ale Elektrárne Nováky. Absolútne rozdiely v hodinových percentiloch poukazujú na zrážanie dymovej vložky z komínov zdroja do údolia. Modelovo simulovať tento mechanizmus šírenia dymovej vložky bez relevantných meteorologických informácií z vyšších hladín ovzdušia, resp. z údolnodolinných cirkulácií je veľmi obtiažne, resp. nemožné.

Priemerná ročná požadovaná koncentrácia nameraná v roku 2013 mala na vidieckych požadových staniciach NMSKO s programom EMEP hodnotu menej ako $1,54 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, čo predstavuje podiel do 7,7 % z limitnej hodnoty. Táto hodnota mierne poklesla v porovnaní s rokom 2012. V roku 2013 úroveň znečistenia ovzdušia oxidom siričitým v porovnaní s rokom 2012 celoplošne významne poklesla až o 17 %.

Oxid dusičitý, oxidy dusíka – NO₂, NO_x

Pre plošné hodnotenie úrovne koncentrácií NO₂ sa tiež používa model CEMOD. Postup je rovnaký ako pri SO₂. Model však zohľadňuje transformácie NO na NO₂ a je náročnejší na vstupy, najmä týkajúce sa mobilných zdrojov, vrátane hustoty (štruktúry) zástavby v okolí ciest. Model pracuje s informáciou, ktorá je obdobná ako využitie pôdy („land use“) - parameter používaný aj v chemicko-transportných modeloch. Emisné vstupné údaje pre stacionárne zdroje sú z databázy NEIS. Bol určený ročný chod emisných tokov zo stacionárnych zdrojov rôznych typov (celoročná, sezónna prevádzka, energetika atď.). Ďalej sa použili výsledky sčítania dopravy z roku 2005 a 2010 (vykonáva sa každých 5 rokov) uverejnené Slovenskou správou ciest, resp. odborné odhady parametrov dopravy na úsekoch bez spočítania dopravy na základe intenzít z predchádzajúcich rokov. Pre mobilné zdroje sa používa pre každý rok tzv. medziročný koeficient nárastu intenzity dopravy a zohľadnenie predpokladaného zníženia priemerného veku reprezentatívneho vozidla pre stanovenie emisného faktora. Ako doplnkové údaje pri priestorovom hodnotení územia slúžia výsledky meraní oxidu dusičitého z požadových staníc NMSKO s programom EMEP. Výsledky meraní automatických monitorovacích staníc sa využívajú pri validácii modelových výpočtov.

Emisie – Emisie z mobilných zdrojov (delené na osobné a nákladné automobily) boli modelované pre 3 258 cestných úsekov na území SR o celkovej dĺžke 10 401 km. Zo stacionárnych zdrojov znečisťovania ovzdušia oxidom dusičitým spadajúcich do skupiny veľké a stredné zdroje bolo do modelových výpočtov zaradených 779 komínov (výduchov) z celkového počtu takmer 9 212 v roku 2013. Tento zredukovaný počet reprezentuje až 93,9 % (28 244 t) z celkového množstva 30 077 t. Z tohto celkového množstva dva dominantné zdroje predstavujú asi 31,3 % podiel (ENO 11 %, U.S. Steel 21,5 %). Tepláreň Košice a.s. a Holcim Slovensko, a.s. mali emisie SO₂ v roku 2013 po približne 5 %, menej ako 3 % prispievajú kompresorové stanice plynárenského priemyslu, ktoré ale v roku 2012 zaznamenali výrazný medziročný pokles emisií a emisie v roku 2013 boli na úrovni roku 2012. Emisie oxidov dusíka nie sú až tak výrazne záležitosťou niekoľkých dominantných zdrojov ako v prípade oxidu siričitého. Dokazuje to aj počet komínov (výduchov) zaradených do modelových výpočtov. Väčšiu časť zvyšného podielu predstavujú lokálne vykurovacie systémy. Malé zdroje znečisťovania (hlavne domáce vykurovacie systémy) sa podieľali na celkovej emisii oxidu dusičitého zo všetkých stacionárnych zdrojov cca 10 %. V modelových výpočtoch pre kalibráciu modelu boli malé, stredné a veľké zdroje s malými emisnými tokmi reprezentované plošnými zdrojmi, obdobne aj vplyv automobilovej dopravy pre lokality s nekompletnou informáciou o intenzite dopravy a blízkych parkovísk.

Imisie – Limitná hodnota priemernej ročnej koncentrácie pre oxid dusičitý nebola v roku 2013 prekročená na žiadnej stanici NMSKO. V roku 2013 sme zaznamenali výrazný pokles priemernej ročnej koncentrácie pod limitnú hodnotu na stanici Banská Bystrica, Štefánikova nábrežie v porovnaní s rokom 2012. Významný pokles bol zaznamenaný aj na staniciach Bratislava, Jeséniova a Žilina, Obežná. V roku 2013 bol zaznamenaný významný nárast na staniciach Bratislava, Mamateyova a Martin, Jesenského v porovnaní s rokom 2012. Tento nárast možno pripísať k miestnym, lokálnym vplyvom dočasných hospodárskych aktivít v nadväznosti na automobilovú dopravu. Takýto stav ani pred rokom 2012 a na základe doterajších meraní ani v roku 2014 nenastal. V roku 2013 bolo zaznamenaných v prípade priemerných hodinových koncentrácií prekročenia limitnej hodnoty len na stanici Bratislava, Mamateyova (2-krát), ktoré sú však z pohľadu prípustnosti prekročenia tejto limitnej hodnoty (prípustných je 18 prekročení) tolerované. V prípade hodinových koncentrácií po zohľadnení prípustných prekročení bola

prekročená horná medza na hodnotenie kvality ovzdušia len na dvoch staniciach (Bratislava, Mamateyova a Martin, Jesenského) a dolná medza na ôsmich staniciach. V prípade priemerných ročných koncentrácií bola prekročená dolná a horná medza na hodnotenie kvality ovzdušia rovnako na ôsmich staniciach. V roku 2013 pozorujeme na staniciach NMSKO celoplošne nevýznamný nárast priemernej ročnej koncentrácie len o 4 % v porovnaní s rokom 2012. (Je však potrebné poznamenať, že v roku 2013 bolo na stanici Banská Bystrica, Štefánikova nábrežie 88 % platných meraní, na stanici Bratislava, Mamateyova iba 78%, Žilina, Obežná 62 % a v Martine iba 67 % platných meraní). Keďže táto znečisťujúca látka nemá na spomínaných staniciach spravidla výrazný ročný chod, možno pri istom priblížení považovať priemerné ročné hodnoty z koncentrácií nameraných na týchto staniciach za použiteľné.

Modelové výpočty pre priemernú ročnú koncentráciu boli okrem oxidu dusičitého (NO_2) vykonané aj pre oxidy dusíka (NO_x), ktoré sú ako znečisťujúca látka hlavným ukazovateľom pre ochranu vegetácie. Obdobne ako pre priemernú ročnú koncentráciu SO_2 , má to len informatívnu hodnotu, nakoľko táto hodnota ako limitná platí len pre vegetáciu. Modelové výpočty, ako aj ich mapové zobrazovanie sú len informatívne a slúžia len pre overenie funkčnosti modelu CEMOD. Namerané údaje pre NO_x neuvádzame, nakoľko automatické stanice NMSKO nie sú určené pre účely ochrany vegetácie.

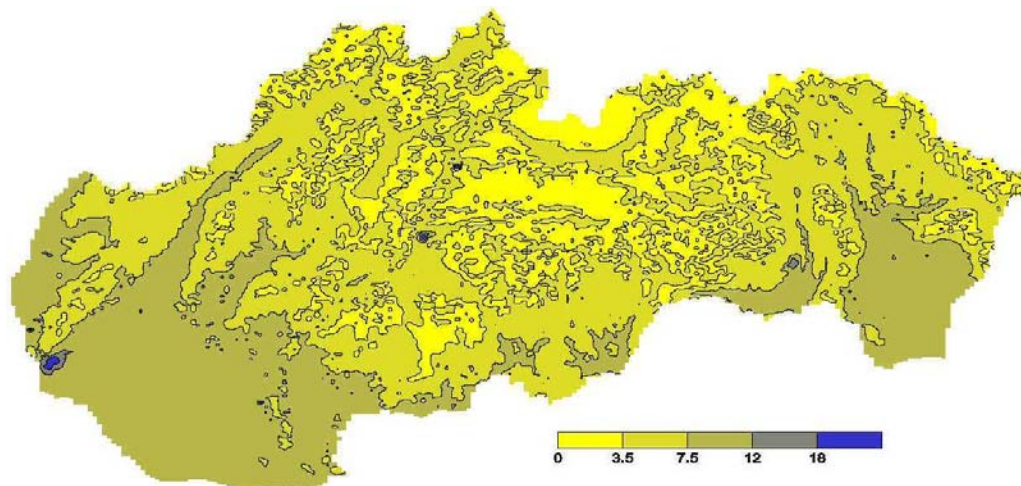
Tab. 5.2 *Namerané (AMS) a vypočítané (CEMOD) indikátory kvality ovzdušia pre oxid dusičitý (NO_2) v NMSKO SR za rok 2013 a ich percentuálny rozdiel [%].*

AGLOMERÁCIA/ Zóna	Stanica	(NO ₂) – priemerná ročná koncentrácia [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]			99,8-percentil z 1 hodinových údajov NO ₂		
		AMS	CEMOD	%	AMS	CEMOD	%
BRATISLAVA	Bratislava, Trnavské mýto	35,0	34,9	0	104,8	161	54
	Bratislava, Jeséniova	12,7	11,5	-10	55,4	53	-4
	Bratislava, Mamateyova	35,5	31,4	-11	153,8	133	-14
KOŠICE	Košice, Štefánikova	34,1	30,3	-11	118,1	117	-1
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	34,0	31,4	-8	114,8	166	45
	Banská Bystrica, Zelená	6,6	8,0	21	37,3	37	-1
Bratislavský kraj	Malacky, Sasinkova	22,1	19,4	-12	71,2	77	8
Košický kraj	Krompachy, SNP	17,0	20,3	19	65,7	98	49
Nitriansky kraj	Nitra, Janíkovce	13,0	12,5	-4	50,4	45	-11
	Nitra, Štúrova	35,9	29,9	-17	143,8	131	-9
Prešovský kraj	Prešov, Arm. gen. L. Svobodu	35,0	27,4	-22	89,0	108	21
Trenčiansky kraj	Trenčín, Hasičská	33,0	31,0	-6	133,6	105	-21
Trnavský kraj	Trnava, Kollárova	26,0	23,3	-10	114,4	108	-6
Žilinský kraj	Martin, Jesenského	38,0	31,5	-17	151,4	97	-36
	Žilina, Obežná	16,8	16,4	-2	59,8	73	22

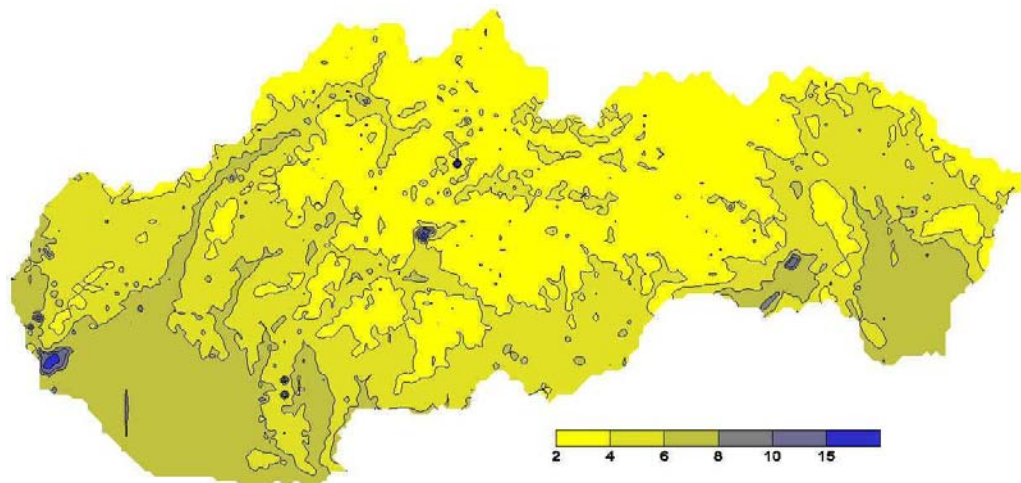
Na obrázkoch 5.4 až 5.6 je uvedené celoplošné rozloženie priemerných ročných koncentrácií oxidu dusičitého, ako aj oxidov dusíka. V prípade oxidu dusičitého vplyv mobilných zdrojov (cestná sieť) celoplošne vidieť len nevýrazne v dôsledku postupnej transformácie emitovaného oxidu dusnatého na oxid dusičitý, čo je funkciou času, resp. v dôsledku rozptylu a prúdenia vzduchu funkciou vzdialenosti. V prípade oxidov dusíka (NO_x) tento obraz je výraznejší (predpoklad okamžitej transformácie - okamžitá hodnota). V oboch prípadoch sa prejavuje aj vplyv stacionárnych zdrojov a pozadia. 1 km krok siete uzlových bodov neumožňuje detailnejšie znázornenie. Obdobne to platí aj pre priemerné hodinové koncentrácie oxidu dusičitého.

Priemerná ročná pozadňová koncentrácia nameraná v roku 2013 mala hodnotu na staniciach NMSKO s programom EMEP do $4,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, čo predstavuje podiel 14,3 % z limitnej hodnoty pre ochranu vegetácie.

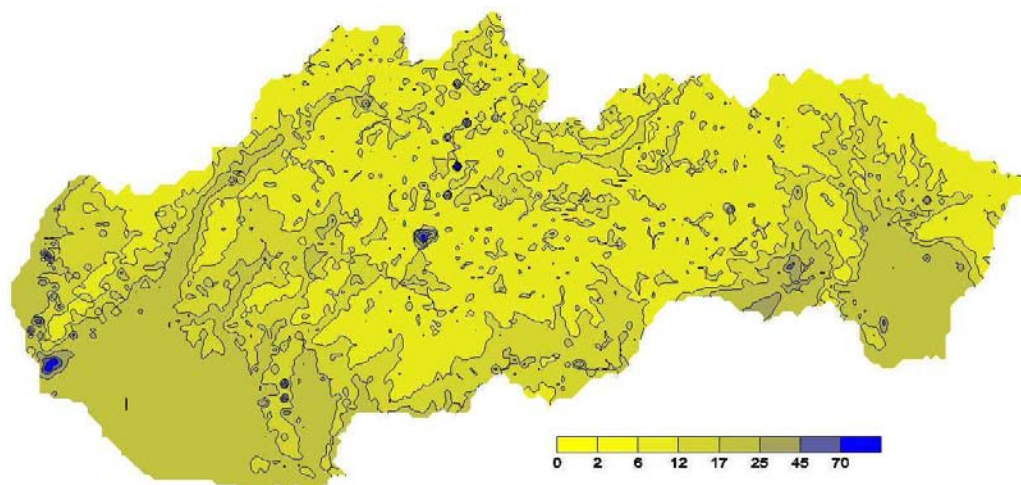
Obr. 5.4 Priemerná ročná koncentrácia NO_x [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], rok 2013.



Obr. 5.5 Priemerná ročná koncentrácia NO_2 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), rok 2013 na území Slovenskej republiky.



Obr. 5.6 99,8 percentil hodinovej koncentrácie NO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$], rok 2013.



Oxid uhoľnatý – CO

Pre plošné hodnotenie úrovne koncentrácií CO sa tiež používa model CEMOD obdobne ako pre oxidy dusíka. Postup je rovnaký, ako sme to opísali v kapitole pre NO₂. Model však počíta ide maximálne 8 hodinové kľzavé priemery za deň v priebehu celého roka. Vstupné informácie o parametroch mobilných, ako aj stacionárnych zdrojov vstupujúcich do modelového výpočtu sú totožné ako v prípade oxidu dusičitého.

Emisie – Emisie z mobilných zdrojov (delené na osobné a nákladné automobily) boli modelované pre 3 258 cestných úsekov na území SR o celkovej dĺžke 10 401 km obdobne ako pre oxid dusičitý. Pri modelovom výpočte uvažujeme o tzv. štandardnom vozidle. Emisné faktory sú dané pre celú škálu automobilov delených podľa hmotnosti a splnení EURO I-VI noriem. My sme zvolili v prípade nákladných automobilov mierne pesimistickejšiu kombináciu emisných faktorov poznajúc technický stav našich vozidiel voči európskemu štandardu. Na druhej strane emisie oxidu uhoľnatého sú výraznejšie závislé na pracovnom režime motora, t.j. priemernej rýchlosti vozidla ako v prípade oxidu dusičitého. Nehovoriac o studenom štarte, resp. jazde so studeným motorom v mestách (jazda na krátke vzdialenosti).

V modelových výpočtoch pre kalibráciu modelu boli malé, stredné a veľké zdroje s malými emisnými tokmi reprezentované plošnými zdrojmi, obdobne aj vplyv automobilovej dopravy pre lokality s nekompletnou informáciou o intenzite dopravy a blízkych parkovísk. V modelových výpočtoch boli fugitívne emisie a známe lokálne vplyvy reprezentované 28 plošnými zdrojmi.

Celkové emisie oxidu uhoľnatého z veľkých a stredných stacionárnych zdrojov v roku 2013 použité pre modelový výpočet boli 135706 t. Zo stacionárnych zdrojov znečisťovania ovzdušia oxidom uhoľnatým, ktoré spadajú do skupiny veľké a stredné zdroje, bolo do modelových výpočtov zaradených 173 komínov (výduchov) z celkového počtu až 8966. Tento zredukovaný počet reprezentuje takmer 96,8 % z celkového emitovaného množstva v roku 2013. Z množstva pre modelový výpočet dva dominantné zdroje predstavujú takmer 83,2 % – podiel U.S. Steel s.r.o. Košice, 73,4 % a Slovalco a.s., Žiar nad Hronom 9,8 %. Ďalšími významnejšími prispievateľom je metalurgia a výroba cementu a vápna.

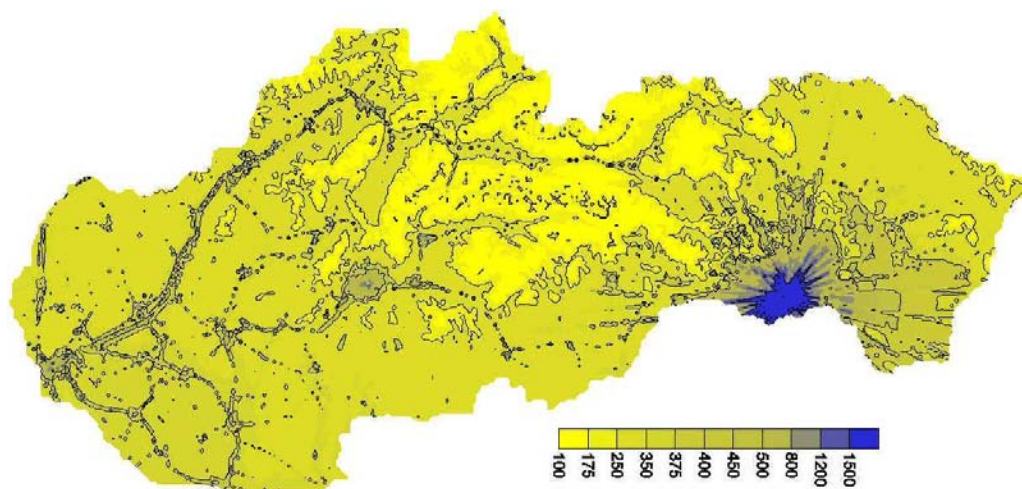
Tab. 5.3 *Namerané (AMS) a vypočítané (CEMOD) indikátory kvality ovzdušia pre oxid uhoľnatý (CO) v sieti NMSKO SR za rok 2013 a ich percentuálny rozdiel [%].*

		(CO) – 8-hodinový kľzavý priemer [µg.m ⁻³]					(CO) – 8-hodinový kľzavý priemer [µg.m ⁻³]		
AGLOMERÁCIA zóna	Stanica	AMS	CEMOD	%	AGLOMERÁCIA zóna	Stanica	AMS	CEMOD	%
BRATISLAVA	Bratislava, Trnavské myto	1834	2036	10	Nitriansky kraj	Nitra, Štúrova	1986	1798	-9
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	1735	1399	-19	Prešovský kraj	Prešov, Arm. Gen. L. Svobodu	2798	2252	-20
Bratislavský kraj	Malacký, Sasinkova	3549	3238	-9	Trenčiansky kraj	Trenčín, Hasičská	4217	3218	-24
Košický kraj	Veľká Ida, Letná	2281	3197	40	Trnavský kraj	Trnava, Kollárova	3812	2626	-31
	Kropachy, SNP	2497	2963	19	Žilinský kraj	Martin, Jesenského	1958	2518	29

Imisie – Pre oxid uhoľnatý v roku 2013 nebola prekročená ani limitná hodnota (10 000 µg.m⁻³), ani dolná medza na hodnotenie (5 000 µg.m⁻³). (Je potrebné poznamenať, že v roku 2013 bolo na monitorovacej stanici v Trnave 65 %, v Trenčíne 50 %, Malackách 88 % a vo Veľkej Ide iba 40% platných meraní, na základe dostupných informácií možno však na usudzovať, že priemerná ročná hodnota koncentrácie CO sa nepribližuje ani k dolnej medzi pre hodnotenie). Už roky sa javí táto znečisťujúca látka ako neproblematická. Na obrázku 5.7 je uvedené celoplošné rozloženie maximálnych 8-hodinových kľzavých priemerov. Bol zaznamenaný celoplošný medziročný pokles týchto hodnôt na území Slovenska takmer o 16 %. Na väčšine území zjavne

vidieť cestnú sieť ako líniový zdroj vzhľadom na dominantnosť mobilných zdrojov. Vzhľadom na premenlivosť intenzity dopravy a už spomínaný 1 km krok pre výpočet je veľmi obtiažne to výstižnejšie zobrazit'. Zvýšený vplyv automobilovej dopravy na úroveň znečistenia ovzdušia oxidom uhoľnatým bol zaznamenaný na staniciach v Trnave, v Trenčíne a v Malackách, kde sa výraznejšie prejavuje lokálny charakter automobilovej dopravy vrátane lokálnych problémov s plynulosťou dopravy a s parkovaním. V oblasti lokality zdroja U.S. Steel, Košice vidieť prevládajúcu dominantnosť tohto zdroja nad mobilnými a vidieť vplyv tohto zdroja aj na väčšie vzdialenosti. Napriek mohutnosti zdroja U.S. Steel vplyv na kvalitu ovzdušia lokality je miernejší ako vplyv automobilovej dopravy v väčšine lokalít iných meracích staníc zriadených ako dopravné. Priemerná ročná požadovaná koncentrácia odhadovaná pre rok 2013 mala hodnotu asi 150 až 350 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

Obr. 5.7 Maximálne denné 8-hodinové kľzavé priemerné koncentrácie [$\mu\text{g.m}^{-3}$] oxidu uhoľnatého (CO), rok 2013.



Benzén

Pre benzén v roku 2013 bola prekročená dolná medza na hodnotenie ($2 \mu\text{g.m}^{-3}$) kvality ovzdušia na troch staniciach (Krompachy, Malacky, Trnava). Horná medza na hodnotenie ($3,5 \mu\text{g.m}^{-3}$) bola prekročená na jednej stanici (Krompachy). V roku 2013 v činnosti bolo 10 analyzátorov BTX, čo v porovnaní s rokom 2005 (4 analyzátory) znamená výrazný nárast. Vzhľadom na vysokú potenciálnu nebezpečnosť tejto látky na ľudské zdravie je potrebné venovať problematike benzénu zvýšenú pozornosť. Obsah benzénu v pohonnej látke poznáme len približne a určiť emisný faktor pre reprezentatívny automobil je problematické, resp. dá sa určiť len s vysokou mierou neurčitosti. Preto sme sa rozhodli v tomto štádiu vývoja využiť poznatky zo zahraničia (Nemecko, Česká republika). Bolo zistené, že existuje významná štatistická závislosť medzi koncentraciami benzénu a oxidu uhoľnatého meraných súbežne. Tesná väzba medzi koncentraciami oboch znečisťujúcich látok odzrkadľuje podobnosť podmienok pri ich emitovaní do ovzdušia. Do roku 2003 sme použili ako modelovací nástroj interpolačný model IDW-A využívajúc uvedené poznatky. Po rozšírení modelu CEMOD, pre celoplošné hodnotenie kvality ovzdušia je od roku 2004 použitý už len model CEMOD aj pre túto znečisťujúcu látku.

Emisie – V roku 2013 evidované stacionárne zdroje emitovali benzén do ovzdušia v celkovom množstve 77,2 t (predstavuje nárast 18% v porovnaní s rokom 2012). Z tohto množstva 98% emitovali len dva zdroje a to Slovnaft a.s., Bratislava (67,6%) a U.S. Steel Košice s.r.o., Košice (30,8 %). Toto množstvo sa zdá málo významné, ak uvedieme, že benzín obsahuje objemovo asi 1 % benzénu. Množstvo vzniknutých emisií benzénu z predaného množstva benzínu na území Slovenska v roku 2013 je asi stokrát vyššie ako množstvo emisií z evidovaných stacionárnych zdrojov. Produkty zo spaľovania benzínu sú emitované priamo v dýchacej zóne človeka

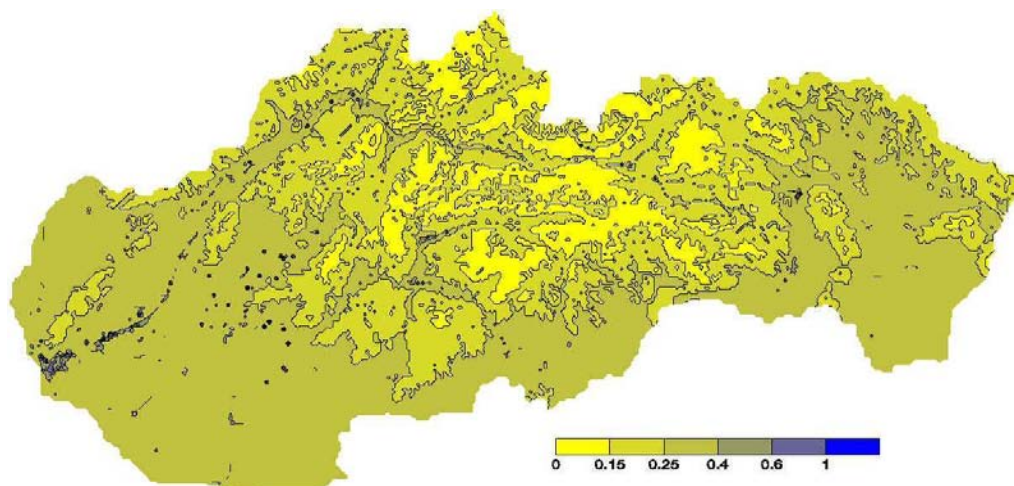
a v čase maximálnej aktivity. Vzhľadom na vysoké potenciálne nebezpečenstvo, ktoré predstavuje táto látka pre ľudské zdravie je zrejmé, že je potrebné venovať problematike benzénu zvýšenú pozornosť. Hlavnými zdrojmi emisií týchto látok je doprava a spaľovacie procesy, a to najmä neúplné spaľovanie fosílnych palív a pohonných hmôt. Emisie z mobilných zdrojov (delené na osobné a nákladné automobily) boli modelované pre 3 258 cestných úsekov na území SR o celkovej dĺžke 10 401 km obdobne ako pre oxid uhoľnatý. Pre modelový výpočet, okrem pravidelnej cestnej siete, sme použili plošné zdroje ako vplyv automobilovej dopravy mimo hlavnej cestnej siete, blízkyh parkovísk a čerpacích staníc pohonných hmôt pre kalibráciu modelu na základe nameraných hodnôt. V modelových výpočtoch boli fugitívne emisie a známe lokálne vplyvy reprezentované 48 plošnými zdrojmi.

Imisie – Na obrázku 5.8 sú znázornené výsledky výpočtov pre benzén. Vzhľadom na skutočnosť, že ide o priemerné ročné údaje a celoplošné modelové výpočty robené s krokom 1 km, na obrázku vidíme len fragmenty cestnej siete. V blízkosti ciest príspevok cestnej dopravy v prípade benzénu mimo mesta predstavuje len do $0,1 \mu\text{g.m}^{-3}$ v ročnom priemere. Obrázok aj napriek tomu dáva dobrú predstavu o plošnom rozložení priemernej ročnej koncentrácie tejto znečisťujúcej látky, ak si uvedomíme, že emisie z dopravy sú rádovo väčšie ako zo stacionárnych zdrojov. V aglomerácii Bratislava sa napriek intenzívnej automobilovej doprave prejavuje vplyv dominantných stacionárnych zdrojov (Slovnaft). Pozad'ová koncentrácia na základe meraní v roku 2013 predstavuje podiel okolo 9,7 % limitnej hodnoty. Je to pokles okolo 2 % v porovnaní s ostatnými rokmi. Zdá sa, že je to celoeurópsky trend. Na pozad'ových staniciach bol za ostatné roky zaznamenaný pokles o 20 až 30 %.

Tab. 5.4 Namerané (AMS) a vypočítané (CEMOD) indikátory kvality ovzdušia pre benzén v sieti NMSKO SR za rok 2013 a ich percentuálny rozdiel [%].

		Benzén – priemerná ročná koncentrácia [$\mu\text{g.m}^{-3}$]					Benzén – priemerná ročná koncentrácia [$\mu\text{g.m}^{-3}$]		
AGLOMERÁCIA zóna	Stanica	AMS	CEMOD	%	AGLOMERÁCIA zóna	Stanica	AMS	CEMOD	%
BRATISLAVA	Bratislava, Trnavské mýto	0.7	0.8	10	Nitriansky kraj	Nitra, Štúrova	0.8	0.7	-18
KOŠICE	Košice, Štefánikova	1.5	1.2	-22	Prešovský kraj	Prešov, Arm. Gen. L. Svobodu	1.7	1.6	-8
Banskobystrický kraj	Banská Bystrica, Štefánikovo nábr.	1.4	1.5	10	Trenčiansky kraj	Trenčín, Hasičská	1.2	1.1	-7
Bratislavský kraj	Malacky, Sasinkova	2.9	2.3	-21	Trnavský kraj	Trnava, Kollárova	2.5	2.2	-11
Košický kraj	Krompachy, SNP	4.4	3.5	-21	Žilinský kraj	Martin, Jesenského	0.5	0.5	8

Obr. 5.8 Priemerná ročná koncentrácia benzénu [$\mu\text{g.m}^{-3}$], rok 2013.



Podľa modelových výsledkov v roku 2013 nebola prekročená limitná hodnota pre benzén na území Slovenska, čo je v súlade s meraniami. Najvyššia nameraná hodnota bola $4,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na stanici v Krompachoch čo predstavuje až 88% limitnej hodnoty. Monitorovacie stanice v Krompachoch a v Prešove boli premiestnené do exponovanejších lokalít v porovnaní s rokom 2009. Na stanici v Krompachoch (bola premiestnená, v roku 2013 má iba 67% platných meraní) má zjavný podiel na zvýšení priemernej ročnej koncentrácií aj vyšší vekový priemer domácich vozidiel, ako aj státie starších vozidiel medzi obytnými domami neďaleko meracej stanice. Na stanici v Prešove má zrejme vplyv neďaleká čerpacia stanica pohonných hmôt. Na stanici v Bratislave, vzhľadom na intenzitu automobilovej dopravy a blízkosť významného stacionárneho zdroja, nameraná hodnota je relatívne malá. Obdobne, aj na monitorovacej stanici v Banskej Bystrici bola nameraná priemerná ročná koncentrácia nižšia, ako sa očakávalo. Čiastočne to možno pripísať aj skutočnosti, že vekový priemer vozidiel je v týchto mestách priaznivejší ako celoštátny priemer. Zrejme tomu napomáhala aj zvýšená plynulosť dopravy, resp. obmedzenie na státie vozidiel v blízkosti meracích staníc. Na druhej strane, predpokladanou príčinu významnejšieho nárastu imisií, ktorý bol zaznamenaný na stanicích v Krompachoch, Malackách a v Trnave je práve zvýšenie parkovanie vozidiel v blízkosti meracích staníc. Zvýšený nárast vyšších teplôt v priebehu dňa pozorovaný v ostatných rokoch tiež významne podporuje únik benzénu v prípade zaparkovaných vozidiel. Vo všeobecnosti, namerané priemerné ročné koncentrácie na stanicích NMSKO v roku 2013 vykazujú mierny nárast oproti roku 2012 (okolo 10 %). Za ostatné roky má úroveň znečistenia ovzdušia benzénom celoplošne (na území Slovenska) miernu medziročnú klesajúcu tendenciu s výnimkou roku 2013.

Prízemný ozón – O_3

Je známe, že koncentrácie prízemného ozónu v Európe v súvislosti s rastom antropogénnych emisií prekursorov ozónu (NO_x , VOC, CO) rástli až do roku 1990 približne o $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ročne. Tento nárast sa zdá, že nepokračuje a po extrémne teplom roku 2003 indikátory úrovne prízemného ozónu sa vrátili do rámca bežných predošlých hodnôt. Aj keď sa už vyskytli na území Slovenska prekročenia výstražného hraničného prahu, Slovensko nemá lokálny potenciál ovplyvniť tieto zvýšené hodnoty koncentrácií prízemného ozónu.

Na skutočné modelovanie ozónu existujú veľmi sofistikované a mohutné modely, ale využitie takýchto modelov pre celoplošné hodnotenie nášho územia je nereálne vzhľadom na náročnosť z pohľadu ľudských zdrojov, ako aj vstupných údajov. Preto pre vizualizáciu rozloženia indikátorov úrovne prízemného ozónu na území Slovenska sme využili interpolačný model IDW-A. Základné vstupné údaje pre výpočet predstavujú výsledky meraní zo siete NMSKO a stanovené parametre v zmysle metodiky pre IDW-A. Na obrázkoch 5.9 až 5.11 sú znázornené priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu za rok 2014, počet dní, v ktorých bola prekročená priemerná osemhodinová koncentrácia prízemného O_3 $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (cieľová hodnota pre ochranu ľudského zdravia) a hodnoty AOT40 korigované na chýbajúce merania (podľa Vyhlášky MPŽPaRR SR 360/2010 Z. z. o kvalite ovzdušia).

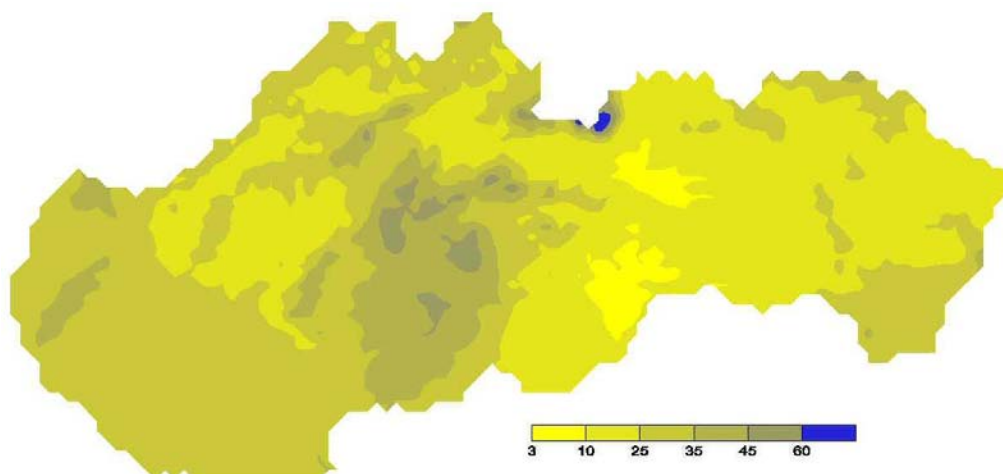
Priemerné ročné koncentrácie prízemného ozónu narastajú s nadmorskou výškou. V roku 2014 obdobne ako v predchádzajúcich rokoch boli najvyššie na najvyššie položených miestach a najnižšie na stanicích v centrách miest. Rok 2014 možno podľa priemerných hodnôt za vegetačné obdobie zaradiť medzi fotochemicky mierne aktívne roky. Priemerné ročné koncentrácie v roku 2014 celoplošne sú až o 16 % menšie ako hodnoty v roku 2013. Na vyššie položených stanicích v roku 2014 bol pozorovaný významnejší pokles priemerných ročných koncentrácií v porovnaní s rokom 2013.

Cieľové hodnoty pre ochranu ľudského zdravia sa prekračujú na celom území Slovenska. Na siedmich stanicích zo šiestnástich bol tento limit (priemer za roky 2012–2014) prekročený vo viac ako povolených 25 dňoch. Po výraznom poklese v počte prekročení v roku 2014 pozorujeme za roky 2012–2014 znovu pokles počtu prekročení v porovnaní s obdobím 2011–2013. Pokles prekročení za hodnotené obdobie bol pozorovaný na všetkých monitorovacích stanicích. Na stanicích Jelšava, Humenné a Stará Lesná v roku 2014 nebolo zaznamenané prekročenie

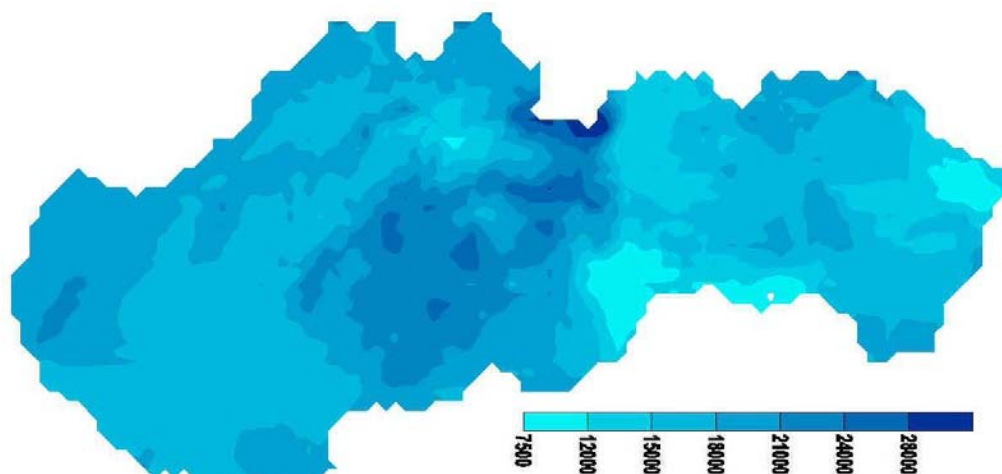
limitnej hodnoty. Hodnoty AOT40 na ochranu vegetácie (máj–júl) (priemer za roky 2010–2014) prekročili cieľovú hodnotu pre ochranu vegetácie z 15 pozorovacích staníc len na štyroch staniciach (pokles o štyri stanice). Pozorované mierne nárasty hodnoty AOT40 na štyroch staniciach za toto obdobie sú nevýznamné z hľadiska celkového hodnotenia. V hodnotenom období hodnoty AOT40 na ochranu vegetácie (máj–júl) (priemer za roky 2010–2014) pozorujeme celkový mierny pokles v porovnaní s predošlým obdobím (o 6,4 %). Najvýznamnejšie poklesy boli zaznamenané na staniciach Košice, Nitra, Žilina a Topoľníky. Na týchto staniciach hodnoty AOT40 sa dostali pod limitnú hodnotu.

Hodnoty globálneho žiarenia na Slovensku v rokoch 2013 a 2014 na základe meraní slnečného žiarenia na staniciach Bratislava, Hurbanovo, Milhostov a Gánovce vykazovali celkovo nižšie hodnoty ako v roku 2012. Od roku 2012 pozorujeme každým rokom postupný pokles hodnôt všetkých hodnotených ukazovateľov v celoplošnom meradle pre ozón. Pokles globálneho žiarenia je zrejme jeden z príčin celoplošného poklesu znečistenia ovzdušia ozónom na Slovensku.

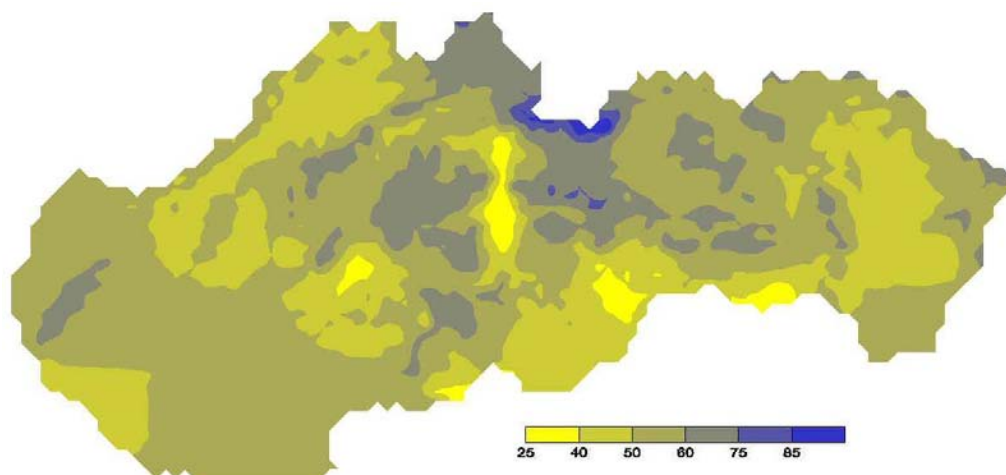
Obr. 5.9 Počet dní, v ktorých bola prekročená cieľová hodnota ozónu pre ochranu ľudského zdravia ($120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) počas rokov 2012–2014.



Obr. 5.10 Priemerné hodnoty AOT40 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$] za obdobie piatich rokov (2010–2014) pre ochranu vegetácie korigované na chýbajúce obdobie.



Obr. 5.11 Priemerné ročné koncentrácie [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] prízemného ozónu (O_3), rok 2014.

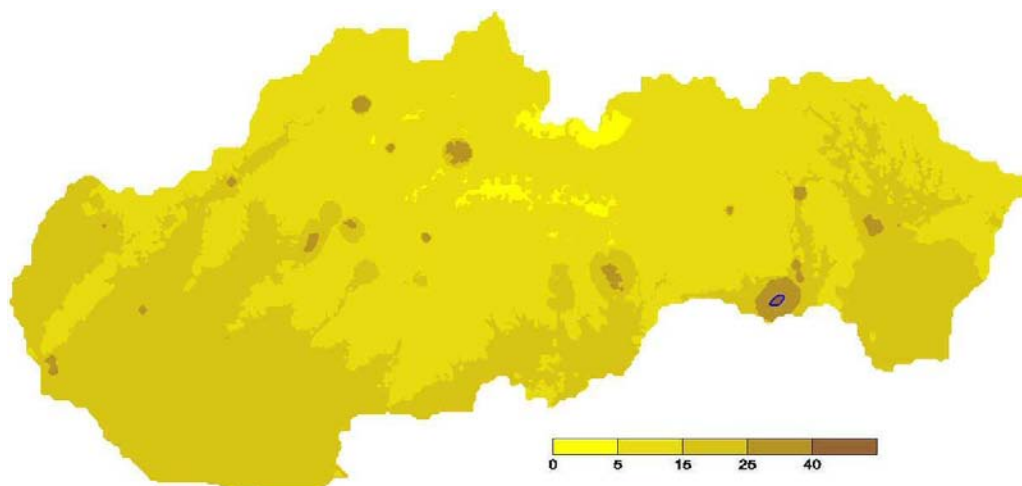


Jemné suspendované častice – PM_{10} a $\text{PM}_{2.5}$

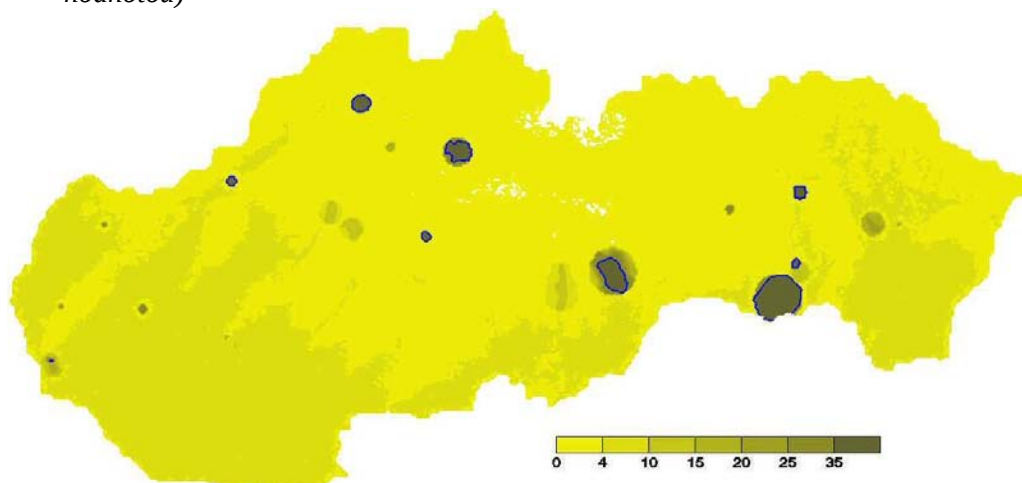
Pre priestorové hodnotenie lokalít s prekročením limitných hodnôt sme použili model (interpoláčnú schému) IDW-A. Táto metodika bola zvolená na hodnotenie zaťaženia územia časticami PM_{10} a $\text{PM}_{2.5}$ práve pre vysoký stupeň neurčitosti vstupných emisných údajov (suspenzia a resuspenzia minerálnych častíc, elementárny a organický uhlík, sekundárne častice, častice biologického pôvodu a fugitívne emisie) použili sme uvedenú interpoláčnú schému. Základné vstupné údaje pre výpočet predstavujú výsledky meraní PM_{10} a $\text{PM}_{2.5}$ z NMSKO získané kontinuálnym meraním. Meranie koncentrácie $\text{PM}_{2.5}$ sa začalo v roku 2005 na troch staniciach. V roku 2014 tento počet je už 25, okrem meracích staníc s programom EMEP a okrem staníc s odbermi pre gravimetrické stanovenie a porovnávacie merania. Ako doplnkové údaje pri priestorovom hodnotení územia slúžia výsledky meraní PM_{10} (priame alebo odvodené z TSP) zo staníc s programom EMEP získané manuálnym vzorkovaním. V roku 2014 v oblasti Bratislavy nebola monitorovaná $\text{PM}_{2.5}$ kontinuálnym meraním. Preto sme použili pomer koncentrácií $\text{PM}_{2.5} / \text{PM}_{10}$ pre jednotlivé typy monitorovacích staníc ako doplnkové údaje pre túto oblasť. Tento postup je v súlade s nameranými výsledkami z týchto staníc, výsledkami porovnávacích modelových výstupov a informáciami zo zodpovedajúcich odborných publikácií. Pomery $\text{PM}_{2.5} / \text{PM}_{10}$ boli určené pre regionálne, mestské pozadové, priemyselné a dopravné stanice koeficientmi takto: 0.85, 0.7, 0.6 a 0.5). Výsledky merania PM_{10} zo staníc AMS z tejto oblasti boli konvertované na $\text{PM}_{2.5}$ týmito koeficientmi a následne použité ako vstupné údaje pre model IDW-A.

Emisie – V roku 2014 v porovnaní s rokom 2013 sme zaznamenali mierny pokles emisií TZL z veľkých a stredných zdrojov znečisťovania ovzdušia o 4,1 %. Medziročné zmeny v emisiách od roku 2009 sa výraznejšie nemenia (v rokoch 2005 až 2009 bol zaznamenaný najvýraznejší pokles, a to až o 70 %). V roku 2014 z emisií veľkých a stredných zdrojov znečisťovania ovzdušia 51,5 % emitoval U.S. Steel Košice, s.r.o.. Ostatné zdroje nepresahovali emisiu TZL 278 t/rok. Nad hranicou 100 t/rok emitovali (okrem U.S. Steel, s.r.o.) len siedmi znečisťovatelia (Elektrárne Nováky, FORTISCHEM a.s., MONDI SCP, a.s., BUKOCEL, a.s., Dolvap, s.r.o., Slovalco, a.s., a Duslo a.s.). Celkové emisie tuhých znečisťujúcich látok (TZL) zo stredných a veľkých zdrojov (NEIS) boli v roku 2014 približne 6447 t. Celkové emisie frakcie PM_{10} zo stredných a veľkých zdrojov (NEIS) predstavovali v roku 2014 približne 2770 t a $\text{PM}_{2.5}$ približne 1873 t. Zdroje znečisťovania ovzdušia zaradené do kategórie malé zdroje emitujú celkovo viac ako veľké a stredné stacionárne zdroje. Je na zamyslenie tá skutočnosť, že podiel spaľovanie drevnej hmoty predstavuje najväčšiu časť emisií tuhých častíc z malých zdrojov. Emisie z mobilných zdrojov (aj abrazívne) činia v roku 2014 z celkového evidovaného množstva emisií tuhých látok menej ako štvrtinu.

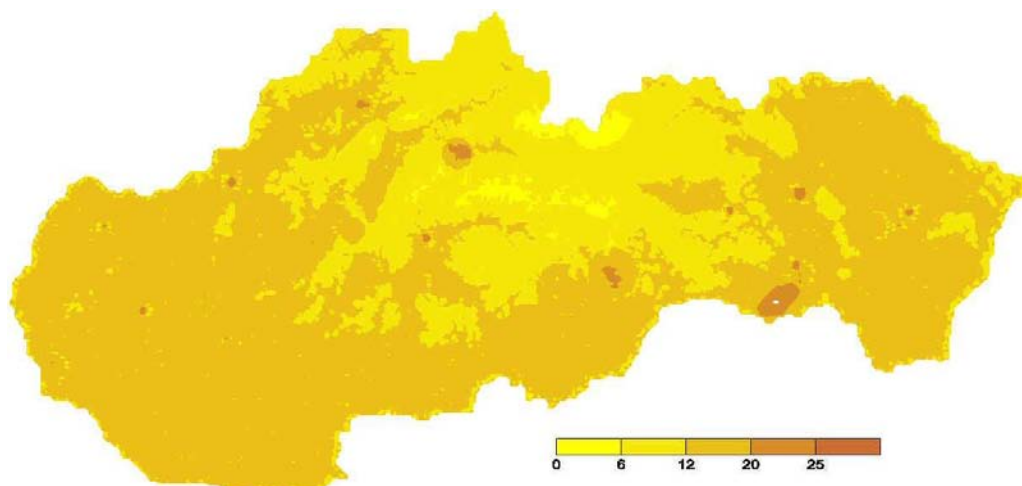
Obr. 5.12 Priemerná ročná koncentrácia PM_{10} [$\mu g \cdot m^{-3}$], rok 2014.



Obr. 5.13 Počet dní s prekročením limitnej hodnoty pre 24-hodinovú koncentráciu PM_{10} ($50 \mu g \cdot m^{-3}$) v roku 2014. (modrá čiara ohraničuje územie s prekročenou limitnou hodnotou)



Obr. 5.14 Priemerná ročná koncentrácia $PM_{2,5}$ [$\mu g \cdot m^{-3}$], rok 2014. (modrá čiara ohraničuje územie s prekročenou limitnou hodnotou platnou pre rok 2014, biela čiara je prekročenie cieľovej limitnej hodnoty)



Imisie (PM₁₀) – Najväčší problém na Slovensku, ale aj vo väčšine európskych krajín predstavuje v súčasnosti znečistenie PM₁₀. Úroveň znečistenia ovzdušia PM₁₀ môžeme charakterizovať ako závažnú. Hoci limitná hodnota priemernej ročnej koncentrácie v roku 2014 bola prekročená len na jednej stanici NMSKO (Veľká Ida, Letná - o 1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), v blízkosti najdominantnejšieho zdroja TZL - U.S. Steel, Košice, s.r.o., počet prekročení limitnej hodnoty pre 24 hodinové priemerné koncentrácie bol nad povolenou limitnou hodnotou na 7 meracích staniciach. Je to významný pokles s porovnaním so situáciou v roku 2012 (48 %). Je však potrebné zobrať do úvahy skutočnosť, že na viacerých staniciach nebol dosiahnutý požadovaný počet platných meraní (pozri tab. 3.3). Najväčší nárast prekročení bol zaznamenaný na staniciach Jelšava (16), Veľká Ida (18) a Trenčín (38).

Priaznivý vývoj znečistenia ovzdušia PM₁₀ v roku 2014 po rokoch 2012 a 2013 trvá aj naďalej. Kým za priaznivým vývojom znečistenia ovzdušia PM₁₀ v rokoch 2012 a 2013 sú priaznivejšie podmienky pre rozptyl znečisťujúcich látok v ovzduší, zatiaľ v roku 2014 je mierny pokles emisií TZL a vplyv klimatických pomerov na podmienky vzniku emisií z vykurovacích systémov. V roku 2014 sa celoplošné teplotné a snehové pomery na Slovensku v porovnaní s rokom 2013 priaznivo prejavili na znížených požiadavkách na vykurovanie a na prakticky nulovej potrebe uplatnenia zimného posypu ciest mimo vysokohorských polohách. Napr. na stanici Bratislava, Trnavské mýto sa priaznivo prejavila na počte prekročení takmer nulová aplikácia zimného posypu. Priaznivý dopad znížených emisií z vykurovacích systémov na kvalitu ovzdušia je zrejmý z výsledkov merania na staniciach mimo priemyselných oblastí. Túto analýzu potvrdzuje aj pokles prekročovaní hodinovej limitnej hodnoty oxidu siričitého v roku 2014 s porovnaním s rokom 2013 na stanici Prievidza (z 3 na 0). Z uvedených skutočností je zrejmé, že na znečistení ovzdušia PM₁₀ sa výrazne podieľajú vykurovacie systémy spaľujúce drevnú hmotu a fosílnu palivá. Na druhej strane však pozorujeme nárast imisií v priemyselných oblastiach, resp. v polohách s vysokou hospodárskou aktivitou. V týchto oblastiach zvýšené príspevky k emisiám z resuspenzie, resp. zvrátenia tuhých častíc môžeme pripísať aj na vrub menšieho zrážkového úhrnu ako v roku 2013 (Bratislava, Košice až o 16 %).

Imisie (PM_{2,5}) – Úroveň znečistenia ovzdušia PM_{2,5} môžeme charakterizovať tiež ako závažnú. Celoplošná zaťaženosť znečistenia ovzdušia PM_{2,5} predstavuje až 79 % vo vyjadrení ročnej limitnej hodnoty (v prípade PM₁₀ je to menej – 70 %). Keď vezmeme do úvahy pomer medzi koncentraciou PM₁₀ a PM_{2,5} na jednotlivých typoch staníc, môžeme očakávať obdobné zaťaženie životného prostredia aj v meste Bratislava. V prípade tejto znečisťujúcej látky je stanovená len limitná hodnota pre priemernú ročnú koncentráciu. V roku 2014 bola ešte v platnosti medza tolerancie, takže limitná hodnota + medza tolerancie pre rok 2014 je 26 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V roku 2014 bola limitná hodnota priemernej ročnej koncentrácie 25 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dosiahnutá len na jednej stanici NMSKO (Veľká Ida, Letná), pozri tab. 3.4. V časovom trende koncentrácií PM_{2,5} bol na rozdiel od PM₁₀ zaznamenaný mierny nárast v celoplošnom vývoji znečistenia ovzdušia v roku 2014 v porovnaní s rokom 2013, a to o 4 %. Bola zaznamenaná významná závislosť medzi priemernou ročnou koncentraciou PM_{2,5} a počtom prekročení dennej limitnej hodnoty PM₁₀. Týka sa to hlavne meracích staníc lokalizovaných v priemyselných oblastiach, resp. v lokalitách so zvýšenou hospodárskou aktivitou (Veľká Ida, Jelšava, Ružomberok, Trenčín a Prešov). Vzhľadom na menší aerodynamický priemer táto znečisťujúca látka sa chová ako plynná znečisťujúca látka, resp. v porovnaní s PM₁₀ potrebuje viac energie na resuspenziu. Z uvedeného dôvodu resuspenzia častíc (zimný posyp) a rôzne epizódy majú výrazný menší význam v prípade PM_{2,5}.

Podiel zdrojov – Pomocou modelových výpočtov sme zisťovali podiel jednotlivých typov zdrojov znečisťovania ovzdušia na celkovej koncentrácii PM₁₀. Bolo zistené, že podiel veľkých a stredných zdrojov na nameraných priemerných ročných koncentráciách v sieti NMSKO je menší ako 2 % s výnimkou okolia USSteel, a.s., Košice (Veľká Ida okolo 30 % a mesto Košice do 2 %). V prípade mobilných zdrojov tento podiel v aglomeráciách Bratislava a Košice predstavujú podiel 10 až 20 %, v ostatných mestách 5 až 10 %. Do týchto výpočtov boli zahrnuté aj príspevky od mobilných zdrojov, ktoré reprezentujú príspevok okrem emitovaných jemných častíc aj príspevky z opotrebovania brzd, pneumatík a povrchu vozovky (asfalt) ako aj resus-

penziu. Ako príspevok regionálneho pozadia boli započítané namerané údaje z vidieckych pozadových staníc NMSKO s programom EMEP. Modelové výpočty poukázali aj na tzv. podiel od neznámych zdrojov, ktoré predstavujú neevidované zdroje (fugitívne) a zdroje určované len bilančne.

V súčasnosti sú na Slovensku rozhodujúcimi lokálnymi zdrojmi prašného znečistenia ovzdušia v mestách:

- Cestná doprava - abrázia (oter pneumatík, brzdových obložení a povrchov ciest...), resuspenzia tuhých častíc z povrchov ciest (znečistené automobily, posypový materiál, prach, špina na krajnici ciest, ...), výfukové emisie.
- Minerálny prach zo stavebnej činnosti.
- Veterná erózia z nespevnených povrchov.
- Lokálne vykurovacie systémy na tuhé palivá.
- Malé a stredné lokálne priemyselné zdroje bez náležitej odlučovanej techniky.

Na tieto zdroje by sa mali orientovať lokálne opatrenia na znižovanie úrovne PM_{10} (zmeny v organizácii dopravy, pešie zóny, rozširovanie zelene, spevňovanie povrchov, znižovanie spotreby tuhých palív v lokálnom vykurovaní, kontrola technického stavu a znečistenia pneumatík vozidiel, čistenie ulíc a chodníkov miest, protierózne opatrenia na staveniskách, skládkach sypkých materiálov, skládkach odpadov, prísna kontrola lokálnych priemyselných zdrojov). Často je koncentrácia $50 \mu g \cdot m^{-3}$ prekročená už na návetří miest, a to pri prúdení z juhu a východu (epizodicky) alebo pri niektorých poľnohospodárskych prácach, napr. suchej orbe, žatve alebo repnej kampani.

Možnosti lokálnych opatrení na redukcii úrovne PM_{10} sú s ohľadom na vysoké pozadie veľmi obmedzené. Kým pre ostatné hodnotené znečisťujúce látky úroveň pozadovej koncentrácie predstavuje podiel do 20 % z limitnej hodnoty, pre PM_{10} je to až do 70 % a v prípade $PM_{2,5}$ je to ešte väčšie percento, čo znamená prekračovanie hornej medze na hodnotenie kvality ovzdušia už samotným pozadím. Mestské pozadie PM_{10} väčších miest na Slovensku (nad 50 000 obyvateľov) sa predpokladá medzi $20-30 \mu g \cdot m^{-3}$. Vo všetkých týchto mestách narastá pravdepodobnosť dosiahnutia, resp. prekračovania priemernej ročnej koncentrácie $40 \mu g \cdot m^{-3}$ a najmä priemerných denných koncentrácií $50 \mu g \cdot m^{-3}$ v blízkosti ciest, ako aj v prípade väčšej rozostavanosti vo väčšom počte ako v 35 dňoch.

Zimný posyp

Určenie pôvodu, resp. podielu jednotlivých zdrojov znečisťovania ovzdušia k celkovej úrovni znečistenia ovzdušia s PM_{10} patrí k najproblematickejším úlohám. Jedným z najzávažnejších prispievateľov je automobilová doprava. Vplyv zimného posypu na kvalitu ovzdušia v mestách je v zimnom období významný. V tejto oblasti sú faktory, ktoré v krátkom časovom horizonte prakticky nemožno ovplyvniť. K týmto patria priame emisie zo spaľovania, opotrebovanie bŕzd a pneumatík, ako aj oter povrchu vozovky. Základným problémom pre vyhodnotenie vplyvu zimného posypu je veľká neurčitost' vstupných informácií pre zimný posyp, resp. z toho plynúcich potrebných vstupných údajov pre výpočet. Z informácií o aplikovanom množstve posypového materiálu je základným poznatkom, že množstvá porovnané s dostupnými údajmi odpovedajú potrebe a aplikované množstvo na jednotku plochy komunikácie závisí od klimatických podmienok jednotlivých zón – na východe a severe republiky sa aplikuje 2 až 3-krát viac ako v juhozápadnej časti. Množstvo posypového materiálu na jednotku plochy závisí od rôznych faktorov. Vstupné údaje majú veľkú neurčitost'. Význam odpočítavania príspevku zimného posypu od priemernej ročnej koncentrácie, resp. od počtu prekročenia priemerných denných koncentrácií PM_{10} za rok spočíva v posúdení, či by došlo k prekročeniu limitnej hodnoty bez príspevku od zimného posypu. Na toto posúdenie vzhľadom na vysokú neistotu vstupov a na základe modelových výpočtov a analýz, ktoré boli urobené za rok 2009 postačí kvalitatívny odborný odhad. V roku 2014 bola vykonaná analýza snehových, teplotných a rozptylových pomerov prvého a posledného štvrt'roku a podiely jednotlivých typov zdrojov na celkovom znečistení ovzdušia PM_{10} namerané na tej - ktorej meracej stanici. Bolo zistené, že v roku 2014

celoplošné teplotné a snehové pomery na Slovensku podporovali priaznivý vývoj znečisťovania ovzdušia s PM₁₀ a PM_{2,5} v porovnaní s rokom 2013. Tieto pomery sa priaznivo prejavili na znížených požiadavkách na vykurovanie a na prakticky nulovej potrebe uplatnenia zimného posypu ciest mimo niektorých vysokohorských polôh. To potvrdzuje aj celoplošný pokles počtu prekročení 24 hodinovej limitnej hodnoty ako aj priemerných ročných koncentrácií PM₁₀. Najvýraznejšie sa prejavilo zníženie potreby zimného posypu na stanici Bratislava, Trnavské Mýto, kde v roku 2013 bolo zaznamenaných až 60 prekročení, kým v roku 2014 až o 19 menej. Prvý štvrtrok v roku 2013 bol zrážkovo silne nadnormálny. Podľa odborného odhadu nemožno predpokladať, že v roku 2014 nastalo zvýšenie počtu prekročení limitnej hodnoty z dôvodu zimného posypu.

V prípade prekračovania nad tolerovaný počet priemernej dennej limitnej hodnoty na staniciach NMSKO dopravného typu tieto prekročenia nie sú ovplyvnené zimným posypom. Priemerná ročná koncentrácia PM₁₀ prekročila limitnú hodnotu v roku 2014 len na stanici Veľká Ida, Letná, ktorá nie je dopravnou stanicou. Odpočet prípadných prekročení významne neovplyvní hodnotenie vplyvu koncentrácií na ľudské zdravie z pohľadu limitnej hodnoty v prípade neprekročenia priemerných ročných koncentrácií.

5.3 Záver

Slovenská legislatíva v oblasti ochrany ovzdušia, ktorá je v plnom súlade s legislatívou EÚ, vyžaduje odhad úrovni indikátorov znečisťujúcich látok pre jednotlivé zóny a aglomerácie v mapej forme, t.j. celoplošné hodnotenie územia. Splnenie tejto úlohy nie je možné len pomocou meraní. Preto je nevyhnutná kombinácia meraní s modelovými výpočtami. EÚ pre jednotlivé znečisťujúce látky predpisuje len neurčitost' modelových výpočtov, samotné modelovanie (výber, vývoj, validáciu aj aplikáciu modelov) odporúča riešiť na národnej úrovni. Na SHMÚ boli vyvinuté dva modely (CEMOD a IDW-A) pre hodnotenie úrovne kvality ovzdušia na celom území štátu. Pomocou týchto modelov je možné v kombinácii s výsledkami automatických monitorovacích staníc a regionálnych požadových staníc hodnotiť kvalitu ovzdušia na celom území Slovenska, a to všetkých požadovaných indikátorov. Samozrejme v rámci prípustnej neurčitosti modelových výpočtov.

Pri hodnotení kvality ovzdušia rozhodujú výsledky meraní. Samotné merania, resp. ich vypočítaná schopnosť má však svoje obmedzenia. Vymenujme len niektoré rozhodujúce:

1. Prakticky nie je možné zabezpečiť merania s dostatočnou hustotou meracích staníc.
2. Namerané hodnoty koncentrácií sami osebe nič nehovoria o ich pôvode (zdroje, mechanizmus šírenia).
3. Územnú reprezentatívnosť nameranej hodnoty je takmer nemožné odhadnúť bez hustej meracej siete.
4. Dopad zmien v štruktúre a parametroch zdrojov znečisťovania nie je možné namerať (zajtrašiu hodnotu nenameriame).

Uvedené problémové okruhy sú riešiteľné len použitím vhodne zvolených matematických modelov. Ich aplikáciou možno objektívne zhodnotiť plošné, resp. priestorové rozloženie koncentrácií znečisťujúcej látky nad danou oblasťou, zistiť jej pôvod, odhadnúť podiel jednotlivých zdrojov a posúdiť mechanizmy šírenia znečistenia.

Modely sú nezastupiteľné pri prognózach očakávaného znečistenia ovzdušia pre rôzne emisné scenáre. Hlavným problémom pri aplikácii modelov je spravidla neúplnosť a nepresnosť vstupných údajov. Modelové výpočty poskytujú informáciu, ktorá hovorí o tom, akú úroveň koncentrácií pre dané vstupné údaje (emisie, meteorológia) možno s veľkou pravdepodobnosťou očakávať. V prípade väčších odchýlok medzi nameranými a vypočítanými hodnotami je potrebné in situ hľadať príčiny zistených rozdielov. Môže to byť nevidovaný zdroj, podcenenie, resp. precenenie významu niektorých zdrojov, resp. skupín zdrojov, nedostatočné zhodnotenie lokálnych rozptylových podmienok a pod.

Predložené výsledky modelových výpočtov dokumentujú úroveň znečistenia ovzdušia Slovenska v roku 2013, resp. 2014. Dosiahnuté výsledky preukázali schopnosť matematických modelov v rámci predpísanej neurčitosti poskytnúť všetky informácie o kvalite ovzdušia požadované zákonom o ovzduší a ich mapové vyjadrenie pre celé územie Slovenska. Cieľom SHMÚ pre budúce obdobie je ďalšie zdokonaľovanie existujúcich modelových nástrojov, ich doplnenie o nové modely, upresňovanie vstupných údajov, znižovanie neurčitostí modelových výpočtov a modelovanie koncentrácií ďalších znečisťujúcich látok v ovzduší.

6 HODNOTENIE KVALITY OVZDUŠIA – ZÁVER

6.1 Návrh na zaradenie zón a aglomerácií do skupín

SHMÚ, v zmysle § 7 zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov, na základe výsledkov hodnotenia kvality ovzdušia SR v roku 2014 navrhuje nasledujúce zaradenie zón a aglomerácií do skupín:

1. skupina - V prvej skupine sú aglomerácie a zóny, v ktorých je úroveň znečistenia ovzdušia jednou látkou alebo viacerými znečisťujúcimi látkami vyššia ako limitná hodnota, prípadne limitná hodnota zvýšená o medzu tolerancie, ak je určená. V prípade ozónu zóny a aglomerácie, v ktorých je koncentrácia ozónu vyššia ako cieľová hodnota pre ozón.

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka, pre ktorú je daná zóna, resp. aglomerácia zaradená v 1. skupine
AGLOMERÁCIE	
BRATISLAVA	PM ₁₀
KOŠICE	PM ₁₀
Zóny	
Banskobystrický kraj	PM ₁₀
Košický kraj	PM ₁₀
Nitriansky kraj	
Prešovský kraj	NO ₂ , PM ₁₀
Trenčiansky kraj	PM ₁₀
Žilinský kraj	PM ₁₀

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka, pre ktorú je daná zóna, resp. aglomerácia zaradená v 1. Skupine
AGLOMERÁCIE	
BRATISLAVA	Ozón, BaP
AGLOMERÁCIE	
SLOVENSKO	
Celé územie	Ozón
Veľká Ida	BaP
Krompachy	BaP
Prievidza	BaP
Trnava	BaP

2. skupina – V druhej skupine sú aglomerácie a zóny, v ktorých je úroveň znečistenia ovzdušia jednou látkou alebo viacerými znečisťujúcimi látkami medzi limitnou hodnotou a limitnou hodnotou zvýšenou o medzu tolerancie. Ak ide o znečistenie ovzdušia ozónom, v druhej skupine sú aglomerácie a zóny, v ktorých je koncentrácia ozónu vyššia ako dlhodobý cieľ pre ozón, ale nižšia alebo rovná sa cieľovej hodnote pre ozón.

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka, pre ktorú je daná zóna, resp. aglomerácia zaradená v 2. skupine
AGLOMERÁCIE	
BRATISLAVA	
AGLOMERÁCIE	
SLOVENSKO	

3. skupina – Zóny a aglomerácie, v ktorých je úroveň znečistenia ovzdušia pod limitnými resp. cieľovými hodnotami. V prípade ozónu zóny a aglomerácie, v ktorých je koncentrácia ozónu nižšia ako dlhodobá cieľová hodnota pre ozón.

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka, pre ktorú je daná zóna, resp. aglomerácia zaradená v 3. skupine
AGLOMERÁCIE	
BRATISLAVA	oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén
KOŠICE	PM _{2,5} , oxid dusičitý, benzén
Zóny	
Banskobystrický kraj	PM _{2,5} , oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén
Bratislavský kraj	PM ₁₀ , oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén
Košický kraj	oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén
Nitriansky kraj	PM ₁₀ , PM _{2,5} , oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén
Prešovský kraj	PM _{2,5} , oxid siričitý, oxid uhoľnatý, benzén
Trenčiansky kraj	PM _{2,5} , oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén
Trnavský kraj	PM ₁₀ , PM _{2,5} , oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén
Žilinský kraj	PM _{2,5} , oxid siričitý, oxid dusičitý, oxid uhoľnatý, benzén

AGLOMERÁCIA / Zóna	Znečisťujúca látka, pre ktorú je daná zóna, resp. aglomerácia zaradená v 3. skupine
AGLOMERÁCIE	
BRATISLAVA	
AGLOMERÁCIE SLOVENSKO	
Celé územie okrem oblastí zaradených do 1. skupiny	BaP

6.2 Vymedzenie oblastí riadenia kvality ovzdušia

SHMÚ na základe hodnotenia kvality ovzdušia v zónach a aglomeráciách v roku 2014 podľa § 9 ods. 3 zákona č. 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov navrhuje nasledujúce vymedzenie oblastí riadenia kvality ovzdušia SR na rok 2015. Znečisťujúca látka bude vyňatá z oblasti riadenia kvality ovzdušia až, keď bude 3 roky pod limitnou hodnotou pri hodnotení nasledujúci rok.

	Vymedzená oblasť riadenia kvality ovzdušia	Znečisťujúca látka
BRATISLAVA	územie hl. mesta SR Bratislava	PM ₁₀ , NO ₂ , BaP
KOŠICE Košický kraj	územie mesta Košice a obcí Bočiar, Haniska, Sokoľany, Veľká Ida	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP
Banskobystrický kraj	územie mesta Banská Bystrica	PM ₁₀ , PM _{2,5}
	územie mesta Hnúšťa a miestnych častí Brádno, Hačava, Likier, Polom, mesta, Tisovec a miestnej časti Rimavské Brezovo a obce Rimavská Píla	PM ₁₀
	územie mesta Jelšava a obcí Lubeník, Chyžné, Magnezitovce, Mokrý Lúka, Revúcka Lehota	PM ₁₀ , PM _{2,5}
Bratislavský kraj	územie mesta Malacky	PM ₁₀
Košický kraj	územie mesta Krompachy	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP
	územie mesta Strážske	PM ₁₀
Nitriansky kraj	územie mesta Nitra	PM ₁₀ , PM _{2,5}
Prešovský kraj	územie mesta Prešov a obce Ľubotice	NO ₂ PM ₁₀ , PM _{2,5}
	územie mesta Vranov nad Topľou a obce Hencovce, Kučín, Majerovce, Nižný Hrabovec a Kladzany	PM ₁₀ , PM _{2,5}
Trenčiansky kraj	územie okresu Prievidza	PM ₁₀ , PM _{2,5} , BaP
	územie mesta Trenčín	PM ₁₀ , PM _{2,5}

	Vymedzená oblasť riadenia kvality ovzdušia	Znečisťujúca látka
Trnavský kraj	územie mesta Senica	PM ₁₀
	územie mesta Trnava	PM ₁₀ , BaP
Žilinský kraj	územie mesta Martin a Vrútky	PM ₁₀ , PM _{2,5}
	územie mesta Ružomberok a obce Likavka	PM ₁₀ , PM _{2,5}
	územie mesta Žilina	PM ₁₀ , PM _{2,5}

6.3 Záver

Všetky úlohy odboru Monitoring emisií a kvality ovzdušia SHMÚ v oblasti monitorovania a hodnotenia kvality ovzdušia riešené v roku 2014 vyplývajú zo zákona 137/2010 Z. z. o ovzduší v znení neskorších predpisov a jeho vykonávacích predpisov, legislatívy ochrany ovzdušia EÚ a CLRTAP. SHMÚ túto činnosť zabezpečuje na základe uvedeného zákona a poverenia MŽP SR. Výsledky hodnotenia sú každoročne zasielané do Európskej komisie prostredníctvom záväzných reportov o kvalite ovzdušia.

Obr. 1.1 Oblasti riadenia kvality ovzdušia v roku 2015.

