

Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2018

Kakovost zraka v Sloveniji

ISSN 1855-0827

Ljubljana, 2019

Izdajatelj: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, Vojkova 1b

Odgovarja:

mag. Lilijana Kozlovič

Generalna direktorica

Avtorji: Mateja Gjerek, Tanja Koleša, dr. Martina Logar, Luka Matavž, Marijana Murovec, Marko Rus, dr. Rahela Žabkar

Pri pripravi poročila so sodelovali:

Damijan Bec, dr. Jana Faganeli Pucer, dr. Janja Turšič

Podatke so posredovali:

Kemijsko analitski laboratorij ARSO

Elektroinštitut Milan Vidmar: EIS TEŠ, EIS TEB, MO Ljubljana, TE-TO Ljubljana, MO Celje, Občina Medvode

Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano Maribor: MO Maribor, Občina Miklavž na Dravskem polju, MO Ptuj, Občina Ruše

Salonit Anhovo

Deskriptorji: Slovenija, kakovost zraka, kakovost padavin, onesnaževala, izpusti, delci, ozon, žveplov dioksid, dušikovi oksidi, ogljikov monoksid, benzen, Hg

Descriptors: Slovenia, air quality, precipitations quality, pollutants, emissions, particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, sulphur dioxide, carbon monoxide, benzene, Hg

©2019, Agencija Republike Slovenije za okolje

Razmnoževanje publikacije ali njenih delov ni dovoljeno. Objava besedila in podatkov v celoti ali deloma je dovoljena le z navedbo vira.

Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2018

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE
Ljubljana, 2019

Kazalo

1	Uvod	1
2	Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka	5
2.1	Meritve na stalnih merilnih mestih	7
2.2	Modeliranje z modelskim sistemom ALADIN-SI/CAMx	13
3	Dodatne meritve	15
3.1	Trbovlje	16
3.2	Kranj	19
3.3	Žerjav	21
3.4	Miklavž na Dravskem polju	26
4	Umerjevalni laboratorij (UL)	29
4.1	Uvod	29
4.2	Merilne metode	29
4.3	Meroslovna sledljivost	30
5	Kemijsko analitski laboratorij	33
5.1	Masna koncentracija delcev PM _{2,5} in PM ₁₀	33
5.2	Glavni ioni	34
5.3	Sladkorji in njihovi derivati	35
5.4	Elementi v sledovih	36
5.5	PAH	37
5.6	OC/EC	39
5.7	Električna prevodnost	40
5.8	pH	40
5.9	Volumen padavin	40
6	Delci PM₁₀ in PM_{2,5}	41
6.1	Izpusti primarnih delcev in predhodnikov	42
6.2	Zahteve za kakovost zraka	45
6.3	Ravni onesnaženosti	45
6.4	Epizode čezmerne onesnaženosti	58

6.5	Kemijska in elementna sestava delcev	60
6.6	Preseganja mejnih vrednosti zaradi naravnih virov	61
6.7	Ravni onesnaženosti v EU	62
7	Onesnaževala v delcih - benzo(a)piren in težke kovine	69
7.1	Benzo(a)piren	69
7.2	Težke kovine	73
8	Ozon	87
8.1	Zahteve za kakovost zraka	87
8.2	Ravni onesnaženosti	88
8.3	Epizode čezmerne onesnaženosti	97
8.4	Analiza ravni onesnaženosti v EU	97
9	Dušikovi oksidi	101
9.1	Izpusti	101
9.2	Zahteve za kakovost zraka	103
9.3	Ravni onesnaženosti	103
10	Žveplov dioksid	111
10.1	Izpusti	111
10.2	Zahteve za kakovost zraka	112
10.3	Ravni onesnaženosti	113
11	Ogljikov monoksid	121
11.1	Izpusti	121
11.2	Zahteve za kakovost zraka	122
11.3	Ravni onesnaženosti	122
12	Benzen	125
12.1	Izpusti	125
12.2	Zahteve za kakovost zraka	127
12.3	Ravni onesnaženosti	127
13	Živo srebro v zraku	131
13.1	Izpusti	131
13.2	Ravni onesnaženosti	133
13.3	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	134
14	Kakovost padavin	135
14.1	Raven vrednosti pH, električne prevodnosti in onesnaženosti padavin z nekaterimi anorganskimi ioni	135
14.2	Raven onesnaženosti padavin s težkimi kovinami	144
14.3	Raven onesnaženosti padavin z živim srebrom	145

14.4 Raven onesnaženosti padavin s policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki 147

Seznam kratic

AMP	Avtomatska merilna postaja
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
BF	Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani
DMKP	Državna merilna mreža za spremljanje kakovosti padavin
DMKZ	Državna merilna mreža za spremljanje kakovosti zunanjega zraka
EEA	Evropska okoljska agencija
EIS	Ekološki informacijski sistem
EIMV	Elektroinštitut Milan Vidmar
EU	Evropska unija
IJS	Institut Jožef Stefan
NIJZ	Nacionalni inštitut za javno zdravje
TEB	Termoelektrarna Brestanica
TEŠ	Termoelektrarna Šoštanj
TET	Termoelektrarna Trbovlje
TE-TOL	Termoelektrarna Toplarna Ljubljana
OMS-MOL	Okoljski merilni sistem mestne občine Ljubljana
UL	Umerjevalni laboratorij Agencije RS za okolje
ECMWF	Evropski center za srednjeročne vremenske napovedi
EMEP	Evropski program za spremljanje in ocenjevanje v okviru Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja
NEC	Direktiva o nacionalnih zgornjih mejah emisij za nekatera onesnaževala zraka
US EPA	Agencija za okolje Združenih držav Amerike
WHO	Svetovna zdravstvena organizacija
WMO-GAW	Program Svetovne meteorološke organizacije za globalno spremljanje ozračja
AV	Alarmna vrednost
CV	Ciljna vrednost
MV	Mejna vrednost
OV	Opozorilna vrednost
BaP	Benzo(a)piren
EC/OC	Elementni in organski ogljik

KPI	Kazalnik povprečne izpostavljenosti
NMVOC	Nemetanski lahko-hlapni ogljikovodiki
PAH	Policiklični aromatski ogljikovodiki
PM	Delci v zraku
PM ₁₀	Delci z aerodinamičnim premerom manjšim od 10 μm
PM _{2,5}	Fini delci z aerodinamičnim premerom manjšim od 2,5 μm
CE	Celje
LJ	Ljubljana
MB	Maribor
MO	Mestna občina
MS	Murska Sobota
NG	Nova Gorica

Nagovor

Spoštovani,

Čist zrak je neobhodno potreben za zdravje ljudi. Čeprav se je kakovost zraka v preteklih desetletjih v Sloveniji podobno kot drugod po Evropi izboljšala, predstavlja po analizah Svetovne Zdravstvene Organizacije onesnažen zrak še vedno največje tveganje za zdravje prebivalstva in drugi največji okoljski izziv, takoj za globalnim segrevanjem ozračja.

V Evropi že desetletja potekajo aktivnosti za izboljšanje kakovosti zraka. Direktivi 2008/50/ES in 2004/107/ES določata standarde kakovosti zraka ter državam članicam predpisujeta pripravo in izvajanje načrtov za izboljšanje kakovosti zraka na območjih, kjer standardi niso doseženi. Obenem NEC Direktiva od držav članic zahteva pripravo nacionalnih programov nadzora nad onesnaževanjem zraka za izpolnitev svojih obveznosti glede zmanjšanja emisij. Evropska komisija je proti več državam članicam, med drugim tudi proti Sloveniji, sprožila postopke zaradi kršenja standardov kakovosti zraka. Hkrati zadnje projekcije kažejo, da Sloveniji do leta 2030 tudi pri optimalnem izvajanju sprejetih načrtov za izboljšanje kakovosti zraka ne bo uspelo doseči zahtevanega zmanjšanja emisij. Nujno je torej, da se na podlagi poznavanja virov onesnaženja ter razumevanja transporta in pretvorb onesnaževal v ozračju, prične pospešeno izvajati učinkovite aktivnosti za zmanjšanje onesnaženosti zraka in negativnega vpliva na zdravje.

Na Agenciji RS za okolje imamo dolgoletne izkušnje na področju zagotavljanja zanesljivih meritev ter spremljanja, ocenjevanja in napovedovanja kakovosti zunanjega zraka. Naše analize kažejo, da smo za onesnaženost zraka z delci PM_{10} , ki je v Sloveniji najbolj pereča, v veliki meri odgovorni posamezniki sami. Do visokih ravni delcev PM_{10} namreč ob neugodnih vremenskih razmerah prihaja predvsem zaradi emisij iz gospodinjstev, bodisi zaradi uporabe neprimernih goriv za ogrevanje, napačnega kurjenja ali uporabe tehnično zastarelih peči in kotlov. Dodatno k onesnaženosti zraka prispevajo emisije prometa, še posebej v bližini večjih prometnic. Za izboljšanje kakovosti zraka v Sloveniji lahko torej največ naredimo posamezniki sami z uporabo okolju prijaznih oblik ogrevanja in prevoza.

Naj poročilo, ki je pred vami ne le pripomore k boljši obveščeni in ozavešeni o kakovosti zraka, pač pa tudi nagovori k večji skrbi za zrak, ki ga dihamo.

mag. Lilijana Kozlovič
Generalna direktorica

Povzetek

Onesnaženost zraka z **delci PM₁₀** je bila v letu 2018 v povprečju nižja kot leta 2017. Ravni delcev so močno odvisne od vremenskih razmer, ki so bile v letu 2018 zelo ugodne. Odsotnost dolgotrajnih temperaturnih obratov v zimskem obdobju omogoča razredčevanje izpustov iz malih kurilnih naprav in prometa, ki sta največja vira delcev PM₁₀. Vsota prekoračitev v letu 2018 je na šestih merilnih mestih (Zagorje (55), Ljubljana Center (51), Murska Sobota Cankarjeva (46), Celje Mariborska (45), CE Gaji (43) in Trbovlje (37)) preseгла število 35, ki je dovoljeno za celo leto. V letu 2017 je bilo takih merilnih mest deset. Do večine vseh preseganj je prišlo v zimskih mesecih. Letna mejna vrednost za delce PM₁₀ ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Priporočilo Svetovne zdravstvene organizacije (WHO) za letno povprečje PM₁₀ znaša 20 µg/m³ in je bilo preseženo skoraj na vseh merilnih mestih po Sloveniji. Trendi onesnaženosti v obdobju med 2002 in 2018 kažejo, da so zadnja leta izmerjene zelo podobne ravni delcev PM₁₀. Medletna nihanja ravni PM₁₀ so predvsem posledica različnih meteoroloških razmer v posameznem letu. Kljub temu je v obdobju od leta 2005 naprej, predvsem na urbanih lokacijah, opazen trend zmanjševanja ravni delcev. Ocenjujemo, da je to predvsem posledica zmanjševanja izpustov industrije. Na kmetijsko podeželskih merilnih mest ni opaznega večjega trenda v zmanjševanju. V tem okolju se za ogrevanje pretežno uporablja lesno biomaso, kar prispeva k večjim izpustom.

Ravni **delcev PM_{2,5}** spremljamo od leta 2018 na štirih merilnih mestih – Maribor Vrbanski plato, Ljubljana Bežigrad, Nova Gorica ter Iskrba in na nobenem ni bila presežena letna mejna vrednost 25 µg/m³. Glede na smernice WHO (10 µg/m³) je bila povprečna letna raven delcev PM_{2,5} presežena na vseh merilnih mestih. Kazalnik povprečne izpostavljenosti za PM_{2,5} je znašal leta 2018 za merilna mesta v neizpostavljenem mestnem okolju v Ljubljani 21 µg/m³ (Ljubljana Biotehniška fakulteta/Ljubljana Bežigrad) in v Mariboru 18 µg/m³ (Maribor Vrbanski plato). Obveznost glede stopnje izpostavljenosti znaša za leto 2018 20 µg/m³ in je bila v letu 2018 presežena v Ljubljani.

Povprečna letna raven **benzo(a)pirena** je bila v letu 2018 najvišja na merilnem mestu Ljubljana Bežigrad, kjer je dosegla ciljno vrednost. Nekoliko nižje povprečne letne ravni so bile izmerjene na merilnih mestih v Mariboru in Novi Gorici, na Iskrbi pa je bila povprečna letna vrednost benzo(a)pirena po pričakovanjih najnižja. Primerjava ravni benzo(a)pirena v obdobju od 2009 do 2018 kaže, da onesnaženost ostaja približno na istem nivoju.

Povprečne letne ravni **niklja, arzena, kadmija in svinca** so bile v letu 2018 na vseh merilnih mestih nižje od zahtev za kakovost zraka. Najvišje ravni svinca, kadmija in arzena so bile izmerjene v Žerjavu, kjer so povišani nivoji težkih kovin povezani z delovanjem okoliške industrije. Obenem ni mogoče izključiti resuspenzije svinca iz kontaminirane zemlje. Primerjava ravni težkih kovin v

obdobju od 2009 do 2018 kaže, da obremenjenost ostaja približno na istem nivoju.

Ravni **benzena** so bile v Ljubljani v letu 2018 bistveno nižje od predpisane mejne vrednosti, kakor tudi v vseh drugih letih v nizu meritev. V Mariboru je bil večino leta 2018 merilnik benzena v okvari, zato za to merilno mesto ni podatka o povprečni letni ravni. Na prometnem merilnem mestu Ljubljana Center je povprečna letna raven benzena v letu 2018 dosegla polovico predpisane mejne vrednosti.

Poletje 2018 je bilo med toplejšimi, ravni **ozona** so bile temu primerno višje, vendar niso dosegle rekordnih vrednosti. Najvišje urne vrednosti so bile izmerjene v Novi Gorici ($211 \mu\text{g}/\text{m}^3$), na Otlici ($209 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in v Kopru ($185 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na drugih merilnih mestih ni bilo preseganja opozorilne vrednosti. Alarmne vrednosti ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) niso bile presežene v Sloveniji že več kot deset let. Ciljna vrednost za varovanje zdravja je bila presežena na Primorskem, na merilnem mestu Ljubljana Bežigrad ter Krvavec. Glede na smernice WHO je bila ta vrednost presežena tudi v Murski Soboti in na merilnem mestu Maribor Vrbanški plato. Dolgoročna ciljna vrednost za varovanje zdravja je bila presežena na vseh merilnih mestih. Ciljna vrednost za varovanje rastlin (AOT40) je bila v letu 2018 na vseh merilnih mestih višja od vrednosti $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$, ki je sicer določena za petletno povprečje. Kot zanimivost za leto 2018 lahko omenimo, da so bile izmerjene zelo visoke ravni ozona v severnem delu Evrope. Povprečne letne ravni ozona sicer ne kažejo opaznih trendov v zadnjih letih. Razlike med posameznimi leti so predvsem posledica vremenskih razmer, posebej tistih poletij, ko so pogoji za nastanek ozona ugodnejši.

V letu 2018 na nobeni merilni postaji ni bilo preseganja letne in urne mejne vrednosti za **dušikov dioksid**. Tudi letna kritična vrednost za zaščito vegetacije ni bila presežena na nobenem ruralnem merilnem mestu.

Povprečna raven **žveplovega dioksida** je že več let na vseh merilnih mestih pod mejnimi in kritičnimi vrednostmi za varovanje zdravja in rastlin. Dnevna vrednost $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ki jo priporoča WHO, je bila presežena na večjih lokacijah okrog termoelektrarne Šoštanj, kjer občasno še vedno izmerimo visoke urne vrednosti.

Ravni **ogljikovega monoksida** so bile na vseh merilnih mestih precej pod mejno vrednostjo in so nižje tudi od priporočil WHO.

Raven onesnaženosti zraka z **živim srebrom** ostaja od leta 2008 zelo nizka. V letu 2018 je bila za spoznanje višja kot v preteklem letu, vendar kljub temu še vedno ostaja med najnižjimi v Evropi.

Povprečna letna vrednost pH **padavin** se je v Sloveniji v letu 2018 gibala med 5,2 in 5,5. Najbolj kisle so bile v hladnem delu leta to je v januarju in februarju ter v decembru. Mokre depozicije amonijevih ionov so bile višje v času med majem in septembrom, kar povezujemo s povečanimi aktivnostmi v kmetijstvu. Depozicije nitratnih ionov so bile na večini merilnih mest višje v maju, juniju in juliju, depozicije sulfatnih ionov pa so bile na večini mest najvišje med aprilom in avgustom. V primerjavi z Evropo so bile padavine v Sloveniji med manj kislimi, podobno pa so bile tudi koncentracije nitratnih, sulfaftnih in amonijevih ionov v spodnjem delu EMEP ocenjevalne lestvice. Raven onesnaženosti s težkimi kovinami ostaja na primerljivem nivoju kot v preteklem letu, za spoznanje višji sta le depoziciji cinka in bakra. Depozicije PAH so bile podobno kot v preteklih letih zaradi kurjenja najvišje v zimskih mesecih, na letnem nivoju pa so ostale podobne kot v preteklih letih.

Summary

Air pollution with **PM₁₀** was on average lower in 2018 than in 2017. Particle levels are strongly dependent on local weather conditions, which were very favorable in 2018. The absence of long-term temperature inversions in the winter allows the dilution of emissions from small combustion plants and traffic, which are the main sources of PM₁₀ particles emissions in Slovenia. The total number of exceedances in 2018, surpassed allowed number of exceedances (35) at six monitoring sites (Zagorje (55), Ljubljana Center (51), Murska Sobota Cankarjeva (46), Celje Mariborska (45), CE Gaji (43) and Trbovlje (37)), while in 2017, there were ten such monitoring sites. Most of exceedances occurred during winter. The annual limit value for PM₁₀ 40 µg/m³ was not exceeded at any monitoring site. The World Health Organization (WHO) recommendation for the annual average of PM₁₀ is 20 µg/m³ and was exceeded at almost every monitoring site across Slovenia. Pollution trend from 2002 to 2018 show that PM₁₀ particle levels measured in recent years are very similar. The year-on-year fluctuations of PM₁₀ levels are mainly due to different weather conditions in each year. Nevertheless, since 2005, especially at urban monitoring site, there has been a trend of decreasing particulate matter levels. We estimate that this is mainly due to the reduction of emissions in industry. There is no significant downward trend at agro-rural monitoring sites. In this environment, wood biomass is mostly used for heating, which contributes to higher emissions.

In 2018, levels of **PM_{2,5}** have been monitored at four monitoring sites - Maribor Vrbanski plato, Ljubljana Bežigrad, Nova Gorica and Iskrba, with none exceeding the annual average limit value of 25 µg/m³. However, according to the WHO guidelines (10 µg/m³), the average annual level of PM_{2,5} was exceeded at all monitoring sites. In 2018, average exposure index (AEI) of PM_{2,5} at urban background stations, was 21 µg/m³ at monitoring site Ljubljana Biotehniška fakulteta, and 18 µg/m³ at monitoring site Maribor Vrbanski plato. Limit value of average exposure index (AEI) for 2018 is 20 µg/m³ and was exceeded only in Ljubljana.

The average annual level of **benzo(a)pyrene** in 2018 was highest at Ljubljana Bežigrad monitoring site, where it reached its target value. Slightly lower average annual levels were measured at monitoring sites in Maribor and Nova Gorica, while at Iskrba the average annual value of benzo(a)pyrene was expectably the lowest. A comparison of benzo(a)pyrene level during the period 2009 to 2018 indicates, that the pollution remains mainly unchanged.

The average annual levels of **nickel, arsenic, cadmium** and **lead** were at all monitoring sites lower than the requirements for air quality in 2018. The highest levels of lead, cadmium and arsenic were measured in Žerjav, where elevated levels of heavy metals are due to the surrounding industry. Furthermore, the resuspension of lead from the contaminated soil cannot be excluded.

A comparison of the heavy metals levels during the period 2009 to 2018 shows that the pollution remains roughly at the same level.

The level of **benzene** at monitoring site Ljubljana Bežigrad was in 2018, as well as in all other years in the series of measurements, significantly lower than the prescribed limit value. At monitoring site Maribor, the benzene measuring device was defective during most of the year 2018, therefore, the average annual level data is not available for this monitoring site. At the traffic monitoring station Ljubljana Center, the average annual level of benzene in 2018 reached 50 % of the prescribed limit value.

The summer of 2018 was among the warmest, so **ozone** levels were consequently very high, but they did not reach a record high. The highest hourly values were measured in Nova Gorica ($211 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Otlica ($209 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and Koper ($185 \mu\text{g}/\text{m}^3$). There were no exceedance of the information threshold ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) at other measuring sites. Alarm threshold ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) has not been exceeded for more than ten years at any monitoring site. The target value for health protection has been exceeded in Primorska region and at the monitoring stations Ljubljana Bežigrad and Krvavec. According to the WHO guidelines, this value was also exceeded in Murska Sobota and at monitoring station Maribor Vrbanški Plato. The long-term target value for health was exceeded at all monitoring sites. In addition, the target value for vegetation protection (AOT40) in 2018 was higher than $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$, which is otherwise set as a limit value for the five-year average. An interesting thing for year 2018, is that very high ozone levels have been measured in the northern Europe. The average annual ozone levels do not show noticeable trends in recent years. Differences between each year are mainly due to weather conditions, especially in the summer, when the conditions for ozone formation are more favourable.

In 2018, annual and hourly limit value for **nitrogen dioxide** was not exceeded at any monitoring site. Also, the critical value for protecting vegetation was not exceeded at any rural monitoring site.

The average level of **sulphur dioxide** has been for many years below the limit and critical values for the protection of health and vegetation at all monitoring sites. The daily value of $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ recommended by the WHO was exceeded at individual locations around thermal power plant Šoštanj, where occasionally higher hourly values are still measured.

Levels of **carbon monoxide** have been well below the threshold at all monitoring sites and are even lower than the WHO recommendations.

The level of air pollution with **mercury** remains very low since 2008. In 2018 it was higher than in the previous year, but still remains among the lowest in Europe.

The average annual value of **precipitations** pH in Slovenia ranged between 5,2 and 5,5 in 2018. They were the most acidic in the cold part of the year, in January, February and in December. Wet depositions of ammonium ions were higher in the period between May and September, which is associated with the increased activities in agriculture. Depositions of nitrate ions were higher in May, June and July, while depositions of sulfate ions were higher in the period between April and August. In comparison with Europe, precipitations in Slovenia were less acidic. Also, concentrations of nitrate, sulphate and ammonium ions were in the lower part of the EMEP assessment scale. The level of precipitation pollution with heavy metals remains at a comparable level to that of the previous year, only zinc and copper depositions were at slightly higher level. As in previous years,

PAH deposition was the highest in winter months due to wood burning, but remained at the annual level similar to the previous years.

Tabela A: Tabela prikazuje povprečne letne ravni onesnaževal zraka (C_p), število preseganj mejnih (>MV) oziroma ciljnih (>CV) in opozorilnih vrednosti (>OV) v letu 2018. Prikazana je maksimalna povprečna 8-urna vrednost (C_{max}) za ogljikov monoksid. Rdeča barva predstavlja presežene mejne ali ciljne vrednosti. Ravni PM_{10} , $PM_{2,5}$, ozona, NO_2 , NO_x , SO_2 in benzena so podane v enotah $\mu g/m^3$, CO v mg/m^3 , ravni benzo(a)pirena, arzena, kadmija, niklja in svinca pa v ng/m^3 .

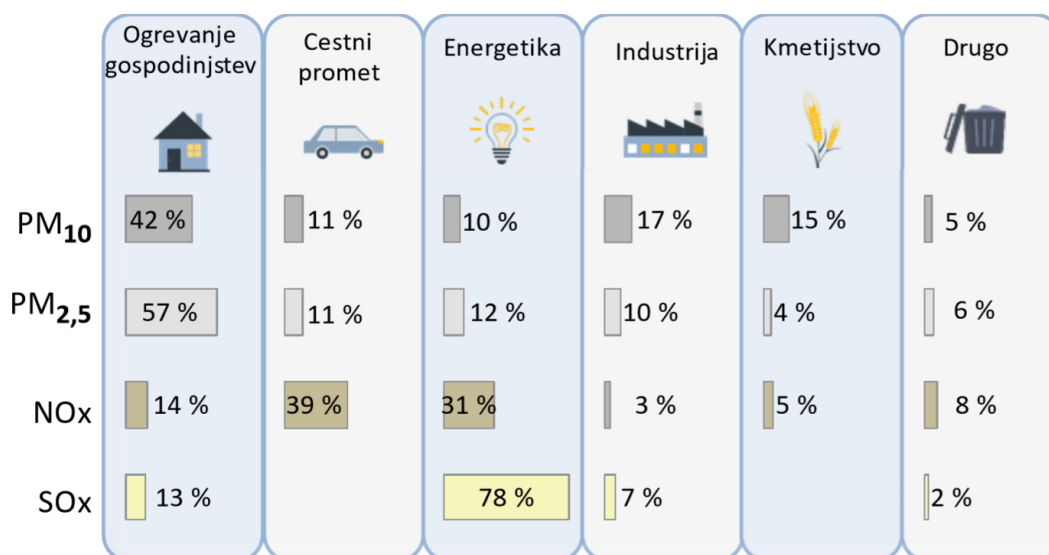
	PM_{10}		$PM_{2,5}$		ozon		NO_2		SO_2				CO	benzen	B(a)P	As	Cd	Ni	Pb
	leto	24 ur	leto		1 ura	8 ur	leto	1 ura	leto	zima	1 ura	24 ur	8 ur	leto	leto	leto	leto	leto	leto
	C_p	>MV	C_p	C_p	>OV	>CV	C_p	>MV	C_p	C_p	>MV	>MV	C_{max}	C_p	C_p	C_p	C_p	C_p	C_p
DMKZ																			
LJ Bežigrad	27	28	19	45	0	22	26	0	4	5	0	0	1,9	1,4	1,0	0,42	0,25	3,6	12,7
LJ Biotehniška	21	16																	
LJ Gospodarsko Maribor	24	20					22	0					1,6	0,9	0,83	0,49	0,19	1,7	8,4
MB Vrbanski			17	55	0	30													
Celje	28	35		44	0	14	26	0	7	8	0	0				0,48	0,39	1,5	7,4
CE Mariborska	31	45																	
MS Rakičan	26	34		55	0	30	12	0											
MS Cankarjeva	30	46																	
Nova Gorica	20	6	14	50	9	42	25	0							0,93				
NG Grčna	24	5																	
Trbovlje	27	37		42	0	10	16	0	4	5	0	0	2,8						
Zagorje	32	55		37	0	2	20	0	4	2	0	0							
Hrastnik	22	11		47	0	13			4	4	0	0							
Koper	18	4		69	1	54	18	0											
Iskrba	14	2	11	51	0	17	2	0	0,9	1,1	0	0			0,17	0,26	0,08	0,96	2,1
Žerjav	23	5														1,7	1,9	1,3	400
Kranj	22	13																	
Novo mesto	26	31																	
Velenje	19	2																	
Otlica				83	3	55													
Krvavec				95	0	67							0,4						
Dopolnilna merilna mreža																			
TEŠ																			
Pesje	19	3							6	7	0	0							
Škale	17	3					7	0	5	9	0	0							
Šoštanj	21	4					12	0	3	3	0	0							
Zavodnje				49	0	44	5	0	4	4	0	0							
Velenje				44	0	1			4	4	0	0							
Topolšica									4	5	0	0							
Veliki vrh									7	6	0	0							
Graška gora									5	6	0	0							
OMS-MOL																			
LJ Center	35	51					48*	0	1	1	0	0		2,4					
Občina Medvode																			
Medvode	20	7												1,4					
MO Celje																			
CE Gaji	29	43					17	0	6	9	0	0							
EIS TEB																			
Sv. Mohor				68	0	30	7	0	5	3	0	0							
MO Maribor																			
MB Vrbanski	21	12					15	0											
Pohorje				77	0	19													
EIS Anhovo																			
Morsko	15	3																	
Gorenje Polje	17	3																	
Občina Miklavž na Dravskem polju																			
Miklavž	28	35																	
MO Ptuj																			
Ptuj	25	25																	
Občina Ruše																			
Ruše	22	15																	

* Podatki so zaradi prevelikega izpada podatkov informativnega značaja.

1. Uvod

Onesnaženost zraka zaradi vpliva na zdravje ljudi in ekosisteme predstavlja globalni problem. Trenutno velja po mnenju Svetovne zdravstvene organizacije (WHO) onesnaženost zraka za največje okoljsko tveganje za zdravje ljudi. V Sloveniji je kakovost zraka kljub zmanjšanju emisij v preteklosti pogosto še vedno slaba in se zadnja leta bistveno ne spreminja. Največji problem pri nas predstavlja prekomerna onesnaženost zraka z delci PM_{10} v zimskem obdobju, ki je posledica čezmernih izpustov in specifičnih geografskih pogojev, s katerimi so povezane neugodne vremenske razmere za redčenje onesnaženja. Analize kažejo, da v Sloveniji najbolj problematičen prispevek delcev PM_{10} predstavljajo individualna kurišča, podobno velja tudi za Evropsko unijo (Slika 1.1).

Vpliv onesnaženega zraka na zdravje se običajno vrednoti z ocenjevanjem povečane smrtnosti in obolevnosti prebivalstva ter se izrazi bodisi kot izgubljena leta življenja ali kot število prezgodnjih smrti. Ocene se pripravljajo na osnovi podatkov o onesnaženosti zraka, demografskih podatkov in povezav med izpostavljenostjo onesnaženemu zraku in obolevnostjo. Po oceni vpliva z delci onesnaženega zraka na število prezgodnjih smrti in izgubljena leta življenja, je v Sloveniji stanje nekoliko slabše glede na evropsko povprečje (Slika 1.2). Obenem je na področju onesnaženosti zraka z dušikovimi oksidi v Sloveniji situacija boljša kot v večini evropskih držav [1].



Slika 1.1: Viri onesnaževal zraka v državah članicah EU. Povzeto po [2].

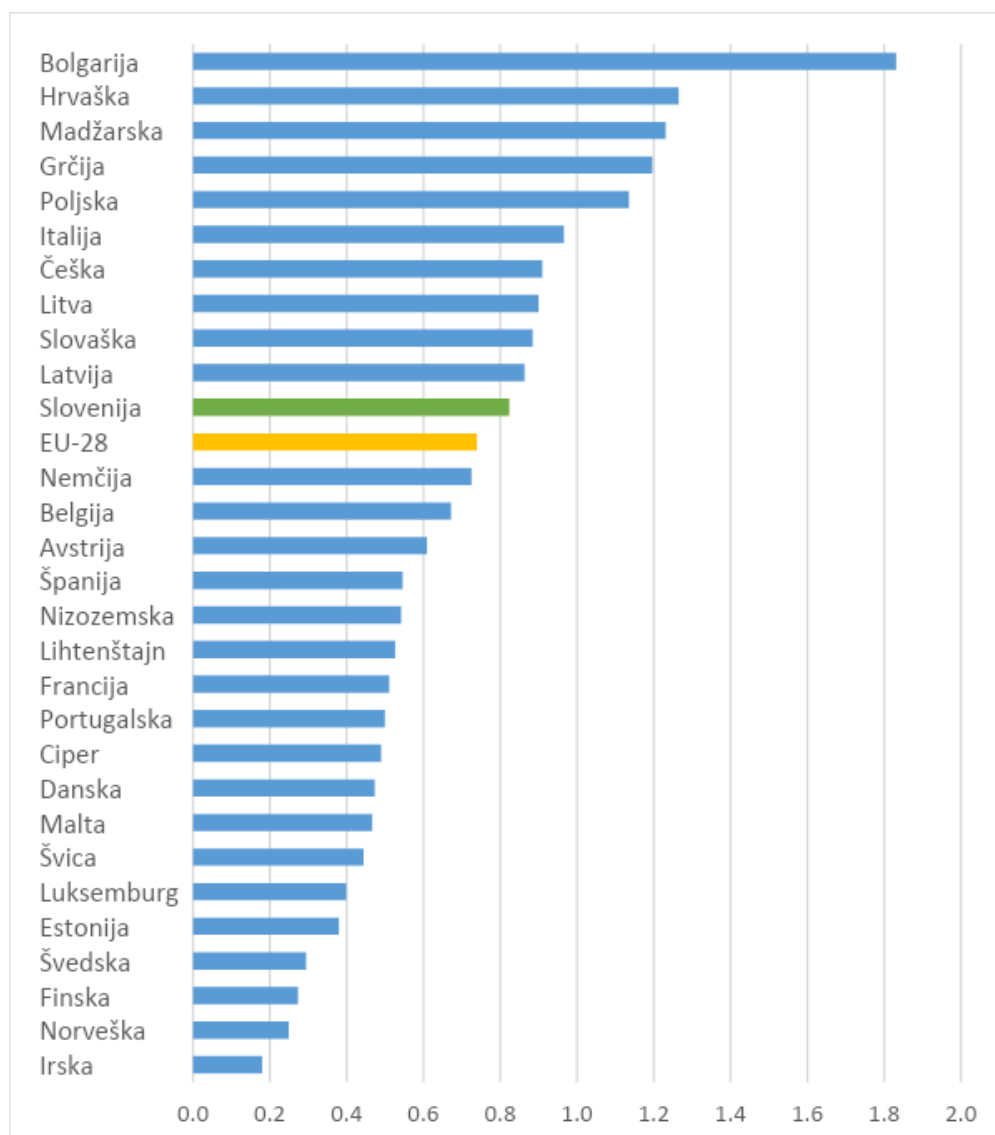
Evropska zakonodaja pokriva področje kakovosti zraka v treh tematskih sklopih. V prvi sklop sodita Direktivi (2008/50/ES, 2004/107/ES), ki določata standarde kakovosti zunanje zraka,

metode ocenjevanja in načine obveščanja za zaščito zdravja ljudi in okolja. Drugi sklop z novo NEC Direktivo [3] določa nacionalne obveznosti zmanjšanja antropogenih emisij. V tretjem sklopu pa je evropska zakonodaja, ki določa standarde za industrijske emisije, emisije iz elektrarn, vozil in transportnih goriv, energetska učinkovitost proizvodov in delovnih strojev. Vsebina Letnega poročila o kakovosti zraka spada v področje prvega sklopa, ki ga pokrivata Direktiva 2008/50/ES o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo [4] in Direktiva 2004/107/ES o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih [5] v zunanjem zraku. Direktivi sta bili v slovenski pravni red prenešeni z Uredbo o kakovosti zunanjega zraka [6], Uredbo o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [7] ter Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka [8]. Predpisane mejne in ciljne vrednosti za posamezna onesnaževala so v navedeni zakonodaji postavljene ob upoštevanju smernic WHO, vendar so v večini primerov manj stroge zaradi zagotavljanja njihove izvedljivosti.

Na Agenciji kakovost zraka v Sloveniji spremljamo že več desetletij. Skladno s pravilnikom [8] v okviru državne merilne mreže na stalnih merilnih mestih zagotavljamo zanesljive in kakovostne meritve delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$, ozona (O_3), žvepovega dioksida (SO_2), ogljikovega monoksida (CO), dušikovega dioksida (NO_2), dušikovih oksidov (NO_x), svinca (Pb), benzena (C_6H_6), arzena (As), kadmija (Cd), niklja (Ni) in benzo(a)pirena. Poleg tega občasno izvajamo tudi merilne kampanje oziroma indikativne meritve. Z namenom sodelovanja pri ugotavljanju regionalnega in kontinentalnega prenosa onesnaženja smo z meritvami udeleženi tudi v programu EMEP, ki deluje v okviru Konvencije o prenosu onesnaženja na velike razdalje preko meja [9], in programu GAW Svetovne meteorološke organizacije. Te meritve poleg ravni onesnaževal v zraku obsegajo tudi spremljanje kakovosti padavin in usedlin. Podatke o oceni kakovosti zraka skupaj z opisom načina ocenjevanja ter uporabljenimi metodami ARSO redno poroča Evropski okoljski agenciji (EEA), meritve regionalnega ozadja onesnaženosti zraka in padavin pa poročamo v okviru sodelovanja v programu EMEP.

V letu 2018 smo na Agenciji poleg rednih meritev izvedli tudi več merilnih kampanj, ki jih v poročilu na kratko predstavljamo. Cilj merilnih kampanj je bil pridobiti informacijo o prostorski spremenljivosti onesnaženosti zraka za namen morebitne spremembe lokacije merilnega mesta v okviru projekta SINICA. Projekt SINICA, ki na ARSO poteka od pomladi 2016 do pomladi 2021, posodablja in nadgrajuje sistem za spremljanje kakovosti zraka. V teku je obnova in nadgradnja merilnih mest obstoječe državne merilne mreže, izgradnja prenovljenega informacijskega sistema, izdelava krajevno in časovno podrobnih emisijskih evidenc ter vzpostavitev modelskega orodja za urbano modeliranje kakovosti zraka. Posodobitev umerjevalnega in kemijsko analitskega laboratorija, računskega centra ter informacijske infrastrukture je v precejšnji meri zaključena. Omenjena infrastruktura nam bo v pomoč pri spremljanju, ocenjevanju in napovedovanju kakovosti zraka, določanju vzrokov onesnaženosti, obveščanju in ozaveščanju javnosti, natančnejši podatki o kakovosti zraka bodo tudi podlaga za pripravo posodobljenih načrtov za izboljšanje kakovosti zraka. Nekaj dodatnih informacij o aktivnostih in izvajanju projekta SINICA je na voljo na spletni strani [10].

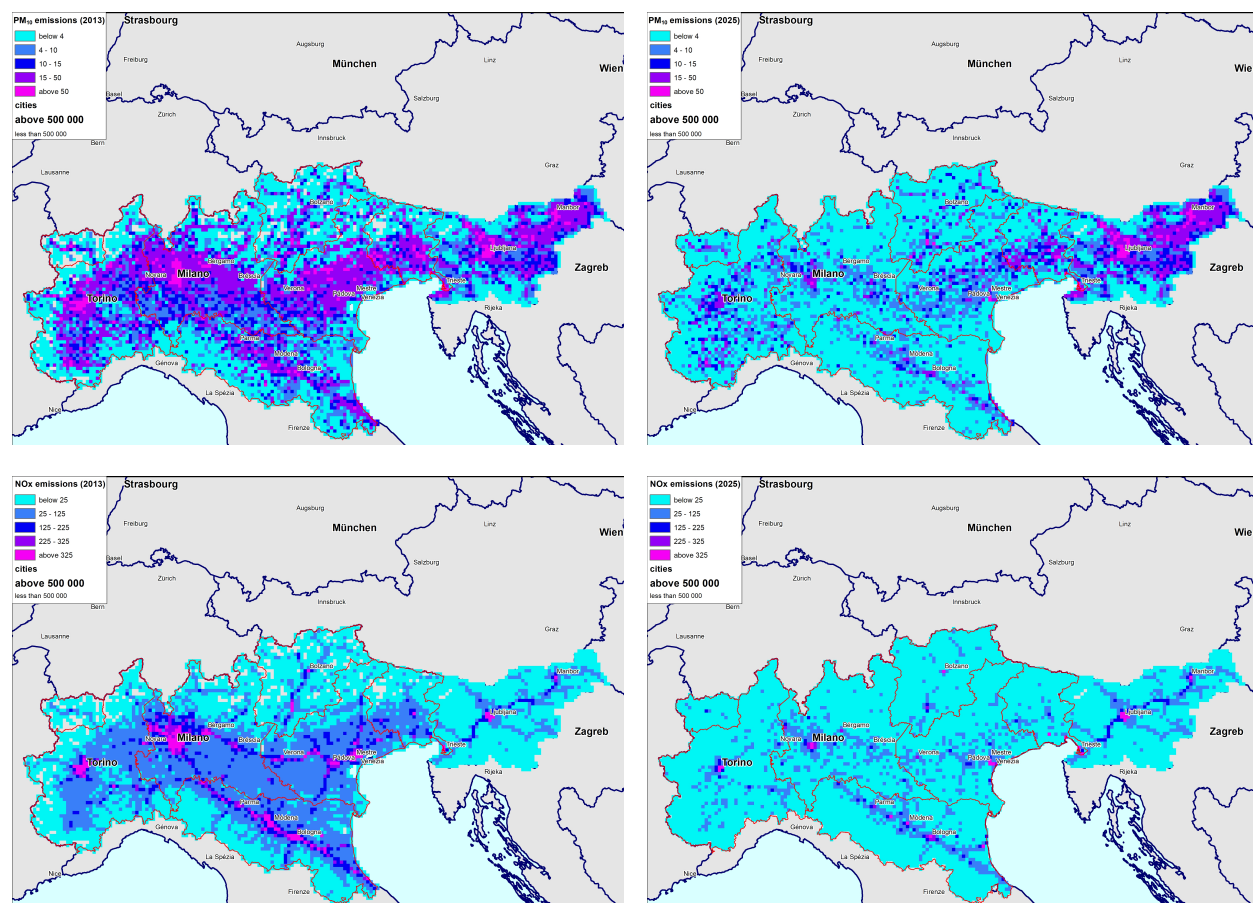
Agencija kot zunanji partner sodeluje tudi v projektu LIFE IP PREPAIR [11], katerega namen je zmanjšati izpuste na območju Padske nižine z izvedbo ukrepov, ki jih predvideva t. i. "padski dogovor" oziroma v Padski nižini sprejeti akcijski načrti za izboljšanje kakovosti zraka. Namen



Slika 1.2: Število prezgodnjih smrti na 1000 prebivalcev zaradi izpostavljenosti delcem PM_{2,5} v državah EU leta 2017 [1].

sodelovanja ARSO v projektu LIFE-IP PREPAIR je oceniti vpliv izpustov Padske nižine na kakovost zraka v Sloveniji ter vpliv tam izvedenih ukrepov na izboljšanje kakovosti zraka pri nas. Padske nižina je namreč zaradi goste poselitve, močne industrije in kmetijstva ter gostega prometa z velikimi izpusti onesnaževal v zrak močno obremenjena. Ker zrak ne pozna meja, zahodni vetrovi iz sosednje Italije prinesejo onesnažene zračne mase tudi nad območje Slovenije. Večji vpliv je zaznati v primeru sekundarnih onesnaževal kot je ozon, še posebej na Primorskem, pred prihodom front pa občasno vpliv Padske nižine opazimo tudi drugod po Sloveniji. Italijanske dežele Padske nižine so v zadnjih desetih letih sprejele načrte za kakovost zraka, kar ni privedlo do izboljšanja kakovosti zraka skladno z evropsko zakonodajo. Leta 2013 so državna in deželne vlade podpisale omenjeni "padski dogovor" o razvoju in usklajenem izvajanju kratkoročnih in dolgoročnih ukrepov za zmanjšanje onesnaženosti na območju Padske nižine. Na sliki 1.3 je prikazan primer preliminarnih ocen vpliva projekta LIFE-IP PREPAIR na zmanjšanje emisij v Padski nižini do leta 2025. Rezultate

pridobljene v okviru projekta LIFE-IP PREPAIR nameravamo tekom izvajanja predstaviti v ločenih poročilih.



Slika 1.3: V okviru projekta LIFE-IP PREPAIR ocenjeni izpusti delcev PM₁₀ (zgoraj) in dušikovih oksidov (spodaj) na območju Padske nižine leta 2013 (levo) in leta 2025 (desno) po izvedenih ukrepih za izboljšanje kakovosti zraka v Padski nižini. Na območju Slovenije so za primerjavo prikazani ocenjeni izpusti za leto 2013.

V poglavjih ki sledijo, je opisana državna merilna mreža, na kratko so povzete dodatne meritve, ki smo jih opravili v letu 2018, predstavljen je Umerjevalni laboratorij za področje parametrov kakovosti zraka in Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje, zatem sledijo rezultati meritev kakovosti zunanjega zraka v Sloveniji v letu 2018, vključno z rezultati spremljanja kakovosti padavin. Pri razlagi epizod onesnaženja si pomagamo z izračuni modelskega sistema ALADIN-SI/CAMx. Osredotočeni smo na onesnaževala s predpisanimi mejnimi ali ciljnimi vrednostmi, za ponazoritev trendov onesnaženosti zraka pa prikazujemo tudi rezultate meritev iz prejšnjih obdobj.

Podatki o letnih izpustih in primerjava izmerjenih ravni onesnaževal z drugimi evropskimi državami so na voljo za leto 2017.

2. Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka

V skladu z Uredbo o kakovosti zraka [6] in Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka [8] lahko ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka opravljamo s pomočjo rezultatov meritev na stalnih merilnih mestih, z indikativnimi meritvami, modeliranjem kakovosti zraka ter z objektivnimi ocenami. Za meritve na stalnih merilnih mestih zakonodaja predpisuje stroge zahteve za kakovost in razpoložljivost rezultatov meritev. Zahteve glede kakovosti meritev za indikativne meritve so nižje, zato jih je mogoče opravljati s preprostejšimi metodami in/ali z manjšo časovno pokritostjo.

Slovenija je po Uredbi o kakovosti zunanjega zraka za ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka razdeljena na dve aglomeraciji, Ljubljano in Maribor in dve območji, ki sta različni za težke kovine in za druga onesnaževala (tabeli 2.1 in 2.2). Za ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka glede na ravni SO₂, NO₂, CO, O₃, C₆H₆, PM₁₀, PM_{2,5} in BaP je Slovenija razdeljena na celinski (SIC) ter primorski (SIP) del. Za težke kovine je zaradi svoje specifikke iz območja celotne Slovenije izvzeta Zgornja Mežiška dolina.

Način ocenjevanja kakovosti zraka je odvisen od onesnaženosti posameznega območja oziroma aglomeracij. Če je onesnaženost višja, je potrebnih več meritev, ki morajo biti kakovostnejše. Pravilnik o kakovosti zunanjega zraka določa za posamezno onesnaževalo spodnji in zgornji ocenjevalni prag. Kadar so ravni onesnaženosti posameznega onesnaževala pod spodnjim ocenjevalnim pragom, zadostujejo za ocenjevanje kakovosti zraka objektivna ocena ali modeliranje. V primeru, ko so ravni onesnaženosti nad spodnjim ocenjevalnim pragom, so v posameznem območju ali aglomeraciji obvezne meritve na stalnih merilnih mestih. Ko je onesnaženost zraka večja od zgornjega ocenjevalnega praga, so zahteve za najmanjše število stalnih merilnih mest večje.

V nadaljevanju so predstavljene meritve na stalnih merilnih mestih, uporabljene za potrebe ocenjevanja kakovosti zunanjega zraka v letu 2018. Na kratko je predstavljen tudi modelski sistem ALADIN-SI/CAMx.

Tabela 2.1: Območja in aglomeracije v Republiki Sloveniji glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM₁₀ in PM_{2,5}, benzen, ogljikov monoksid ter benzo(a)piren.



Oznaka območja	Ime območja	Karta območij in aglomeracij
SIC	celinsko območje	
SIP	primorsko območje	
Oznaka aglomeracije	Ime aglomeracije	
SIL	Ljubljana	
SIM	Maribor	

Tabela 2.2: Območja in aglomeracije v Republiki Sloveniji glede na svinec, arzen, kadmij in nikelj.

Oznaka območja	Ime območja	Karta območij in aglomeracij
SITK	območje težke kovine	
SITK-ZMD	območje Zgornje Mežiške doline	
Oznaka aglomeracije	Ime aglomeracije	
SIL	Ljubljana	
SIM	Maribor	

2.1 Meritve na stalnih merilnih mestih

S sistematičnimi meritvami ravni onesnaževal na stalnih merilnih mestih smo v Sloveniji začeli v sredini sedemdesetih let prejšnjega stoletja. Avtomatske merilnike onesnaženosti zraka smo začeli uvajati v okviru državne mreže ANAS (analitično-nadzorni alarmni sistem) v začetku osemdesetih let. V prvem obdobju delovanja državne mreže je bil največji poudarek namenjen meritvam ravni žveplovega dioksida. Kasneje smo merilno mrežo počasi širili in nadgradili še z meritvami drugih onesnaževal. ARSO upravlja državno merilno mrežo za spremljanje kakovosti zunanjega zraka (DMKZ). V letu 2018 je DMKZ sestavljalo 22 merilnih mest, s katerimi lahko zagotavljamo osnovne podatke o kakovosti zraka v Sloveniji. Poleg meritev v okviru DMKZ na stalnih merilnih mestih se meritve izvajajo tudi v okolici nekaterih večjih energetskih in industrijskih objektov z namenom spremljanja vplivov le teh na kakovost zraka. Dodatne meritve zagotavljajo tudi nekatere lokalne skupnosti. V tem poročilu so poleg rezultatov meritev DMKZ navedeni tudi rezultati meritev merilnih mrež termoelektrarn (TEŠ, TET, TEB in TE-TOL), cementarne Salonit Anhovo, mestnih občin Ljubljana, Maribor, Ptuj in Celje ter občin Miklavž na Dravskem polju, Ruše in Medvode.

Podatki o merilnih mestih, na katerih spremljamo ravni onesnaževal in meteorološke parametre, so podani v tabelah 2.3 in 2.4 in prikazani na sliki 2.1. Lokacije merilnih mest v okviru DMKZ so bile izbrane v skladu z določili Pravilnika o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka. Za vsako merilno mesto je podana nadmorska višina, geografske koordinate, tip merilnega mesta, tip in značilnosti območja ter geografski opis (tabela 2.3). Pri tej določitvi so upoštevana določila Evropske okoljske agencije. V letu 2018 smo v okviru DMKZ na novo uvedli le meritve delcev PM₁₀ na prometnem merilnem mestu v Murski Soboti (MS Cankarjeva).

Merilna mesta mestnega ozadja, med katere uvrščamo Ljubljano Bežigrad, Celje, Hrastnik, Novo Gorico, Koper, Kranj, Novo mesto in Velenje, so reprezentativna za gosteje naseljene predele mest, v katerih živi večina prebivalstva.

Z meritvami na prometnih merilnih mestih Ljubljana center, Maribor, Zagorje, Ljubljana Gospodarsko razstavišče, Nova Gorica Grčna, Celje Mariborska in Murska Sobota Cankarjeva pridobimo podatke o kakovosti zraka ob prometnih cestah.

Merilna mesta predmestnega ozadja, kot na primer merilno mesto Trbovlje podajajo razmere glede kakovosti zraka na obrobju mest ali večjih naselij, za katere je značilna manjša gostota prometa in poselitve.

Merilno mesto Murska Sobota Rakičan uvrščamo v tip podeželskega/obmestnega ozadja. Na to merilno mesto neposredno vplivajo izpusti iz bližnje ceste in naselja ter obdelava kmetijskih površin. Podatki meritev z merilnih mest Krvavec, Iskrba in Otlica so namenjeni predvsem za pridobivanje informacij o stanju onesnaženosti zraka na širšem področju za zaščito okolja (narava, rastline, živali) in ljudi ter za potrebe določanja in raziskav daljinskega transporta onesnaženosti.

Merilno mesto Iskrba je vključeno v program EMEP, ki se v okviru Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja osredotoča predvsem na daljinski transport onesnaženosti ter posledično na meritve kakovosti zraka in padavin (zakisljevanje, evtrofikacija, fotooksidanti, težke kovine, delci in obstojna organska onesnaževala). Merilno mesto Krvavec je del programov EMEP in Svetovne meteorološke organizacije GAW in je pomembno predvsem za spremljanje transporta toplogrednih plinov in fotooksidantov.

Podrobnejši opis merilnih mest, ki delujejo v okviru DMKZ, je na voljo na spletni strani ARSO v Atlasu okolja. Meritve kakovosti zraka na stalnem merilnem mestu morajo biti točne, natančne in zanesljive ter morajo hkrati izpolnjevati zahteve glede razpoložljivosti rezultatov meritev. Zahteva se uporaba standardiziranih referenčnih metod, ki jih navaja Direktiva o kakovosti zraka in jih povzema Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka. Druge metode se lahko uporabljajo le, če je bila s preizkusi dokazana njihova ekvivalentnost referenčni metodi.

Merilniki na osnovi referenčnih metod za ozon, dušikove okside, žveplov dioksid, ogljikov dioksid in benzen zagotavljajo rezultate meritev v realnem času s časovno ločljivostjo ene ure ali manj. Referenčna, tako imenovana gravimetrična metoda za delce PM_{10} in $PM_{2,5}$ temelji na laboratorijskem tehtanju filtrov, skozi katere se je 24 ur prečrpaval zrak. Podatki referenčnih meritev delcev zagotavljajo dnevno povprečje in so na razpolago z večtedenskim zamikom. Enako velja tudi za določanje ravni težkih kovin in benzo(a)pirena, kjer se v laboratoriju analizira njihova vsebnost v delcih zbranih na filtrih.

Meritve delcev PM_{10} se na nekaterih merilnih mestih vzporedno izvajajo z referenčno in z avtomatsko metodo. Avtomatska metoda je sicer manj točna, vendar so podatki na voljo v realnem času in s časovno ločljivostjo 30 minut. Podatke z avtomatskih merilnikov delcev PM_{10} DMKZ uporabljamo predvsem za obveščanje javnosti in analize obdobj s prekomerno onesnaženostjo in ne za določanje skladnosti z mejnimi vrednostmi.

Meritve kakovosti padavin v okviru državne merilne mreže kakovosti padavin (DMKP), ki jih izvaja ARSO, potekajo na petih po Sloveniji enakomerno razporejenih merilnih mestih. V tabeli 2.5 so podana merilna mesta za meritve kakovosti padavin v letu 2018, ki delujejo v okviru DMKP. Nabor meritev za ugotavljanje kakovosti padavin na merilnih mestih DMKP je podan v tabeli 2.6. Štiri merilna mesta so v podeželskem okolju (Iskrba pri Kočevski Reki, Rakičan pri Murski Soboti, Rateče-Planica, Škocjan), v urbanem območju je le merilno mesto Ljubljana Bežigrad. Mreža kakovosti padavin se glede na prejšnja leta ni spremenila.

Tabela 2.3: Nadmorska višina (NV), koordinati (GKK_y, GKK_x), tip merilnega mesta, tip območja in značilnosti območja za stalna merilna mesta kakovosti zunanje zraka.

Merilno mesto	NV	GKK _y	GKK _x	Tip merilnega mesta	Tip območja	Značilnost območja
DMKZ						
LJ Bežigrad	299	462673	102490	B	U	RC
LJ Biotehniška	297	459457	100591	B	U	R
LJ Gospodarsko	299	462271	101945	T	U	R
Maribor	270	550305	157414	T	U	RC
Celje	240	520614	121189	B	U	R
CE Mariborska	238	521412	121576	T	U	R
MS Rakičan	188	591591	168196	B	R(NC)	A
MS Cankarjeva	189	588979	168768	T	U	RC
Nova Gorica	113	395909	91034	B	U	RC
NG Grčna	104	395923	90794	T	U	R
Trbovlje	250	503116	110533	B	S	RCI
Zagorje	241	500070	109663	T	U	RCI
Hrastnik	290	506805	111089	B	U	IR
Koper	56	399911	45107	B	U	R
Iskrba	540	489292	46323	B	R(REG)	N
Žerjav	543	490348	149042	I	R	RA
Kranj	391	451356	122802	B	U	R
Novo mesto	214	514163	73066	B	U	R
Otlica	918	415980	88740	B	R(REG)	N
Krvavec	1740	464447	128293	B	R(REG)	N
Dopolnilna merilna mreža						
EIS TEŠ						
Pesje	391	506513	135806	B	S	IR
Škale	423	507764	138457	B	S	IR
Šoštanj	362	504504	137017	I	S	I
Zavodnje	765	500244	142689	I	R(REG)	A
Velenje	389	508928	135147	B	U	RCI
Topolšica	399	501977	140003	B	S	IR
Veliki Vrh	555	503542	134126	I	R(REG)	A
Graška gora	774	509905	141184	I	R(REG)	A
EIS TET						
Dobovec	695	506034	106865	I	R	A
Kovk	608	508834	109315	I	R	A
Ravenska vas	577	501797	108809	I	R	A
Kum	1209	506031	104856	B	R(REG)	I
Prapretno	380	506155	110524	I	R	A
OMS MO Ljubljana						
LJ Center	300	461919	101581	T	U	RC
EIS TE-TOL						
Vnajarje	630	474596	100884	I	R	A
MO Celje						
CE Gaji	240	522888	122129	B	U	IC
EIS TEB						
Sv. Mohor	390	537299	93935	B	R	A
MO Maribor						
MB Vrbanski	280	548452	158497	B	U	R
Pohorje	725	544682	148933	B	R	A
EIS ANHOVO						
Morsko	130	394670	104013	B	R	AI
Gorenje Polje	120	393887	103094	B	R	AI
Občina Miklavž na Dravskem polju						
Miklavž	260	554400	151105	T	R	R
MO Ptuj						
Ptuj	230	567737	142758	B	U	R
Občina Ruše						
Ruše	302	539870	155217	B	R	RC
Občina Medvode						
Medvode	346	454441	111411	B	S	RC

Tip merilnega mesta:

B=ozadje (background), T=prometni (traffic), I=industrijski (industrial)

Tip območja:

U=mestni (urban), S=predmestni (suburban), R=podeželjski (rural), NC=primestni (near city)
REG=regionalno (regional)

Začilnosti območja:

R=stanovanjsko (residential), C=poslovno (commercial), I=industrijsko (industrial),
A=kmetijsko (agricultural), N=naravno (natural)

Tabela 2.4: Meritve onesnaževal in meteoroloških parametrov na stalnih merilnih mestih v letu 2018.

Merilno mesto	SO ₂	O ₃	NO ₂ , NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	Benzen	Težke kovine in PAH v PM ₁₀	EC/OC in ioni v PM _{2,5}	Ioni v zraku	Hg	Meteorološki parametri
DMKZ												
LJ Bežigrad	+	+	+	+		+	+					+
LJ Biotehniška				+	+			+	+			
LJ Gospodarsko				+								
Maribor			+	+	+	+	+	+	+			+
MB Vrbanski*		+			+				+			
Celje	+	+	+	+				+	+			+
CE Mariborska				+								
MS Rakičan		+	+	+								+
MS Cankarjeva				+								
Nova Gorica		+	+	+								+
NG Grčna				+								
Trbovlje	+	+	+	+		+						+
Zagorje	+	+	+	+								+
Hrastnik	+	+		+								+
Koper		+	+	+								+
Iskrba	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+
Žerjav				+				+	+			
Kranj				+				+	+			
Novo mesto				+								+
Velenje*				+								
Otlica		+										+
Krvavec		+				+						+
Dopolnilna merilna mreža												
EIS TEŠ												
Pesje	+			+								
Škale	+		+	+								+
Šoštanj	+		+	+								+
Zavodnje	+	+	+									+
Velenje	+	+										+
Topolšica	+											+
Veliki Vrh	+											+
Graška gora	+											+
OMS MO LJUBLJANA												
LJ Center	+		+	+			+					+
MO Celje												
CE Gaji	+		+	+								
EIS TEB												
Sv. Mohor	+	+	+									+
MO MARIBOR												
MB Vrbanski			+	+								+
Pohorje		+										
EIS ANHOVO												
Morsko				+								
Gorenje Polje				+								
Občina Miklavž na Dravskem polju												
Miklavž				+								
MO Ptuj												
Ptuj				+								
Občina Ruše												
Ruše				+								
Občina Medvode												
Medvode				+			+					

PM₁₀: delci z aerodinamičnim premerom do 10 μm

PM_{2,5}: delci z aerodinamičnim premerom do 2,5 μm

PAH: policiklični aromatski ogljikovodiki v delcih PM₁₀

Težke kovine: arzen, kadmij, nikelj in svinec v delcih PM₁₀ in PM_{2,5}

EC/OC: Elementni in organski ogljik

Meteorološki parametri: temperatura zraka v okolici, hitrost vetra, smer vetra, relativna vlažnost zraka, globalno sončno sevanje, zračni tlak (se ne meri na Iskrbi)

* Z merilnim mestom ne upravlja ARSO.

** Samo analiza težkih kovin, brez PAH.

Tabela 2.5: Nadmorska višina in koordinate merilnih mest za meritve kakovosti padavin v DMKP.

	NV	GKKy	GKKx
Iskrba	540	489292	46323
LJ Bežigrad	299	462673	102490
MS Rakičan	188	591591	168196
Rateče	864	401574	151142
Škocjan	420	421891	58228

Tabela 2.6: Nabor meritev za ugotavljanje kakovosti padavin na merilnih mestih DMKP.

	Količina padavin	pH	Električna prevodnost	Osnovni kationi in anioni	Težke kovine	PAH
Iskrba	+	+	+	+	+	+
LJ Bežigrad	+	+	+	+		
MS Rakičan	+	+	+	+		
Rateče	+	+	+	+		
Škocjan	+	+	+	+		

Osnovni kationi in anioni:

Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻

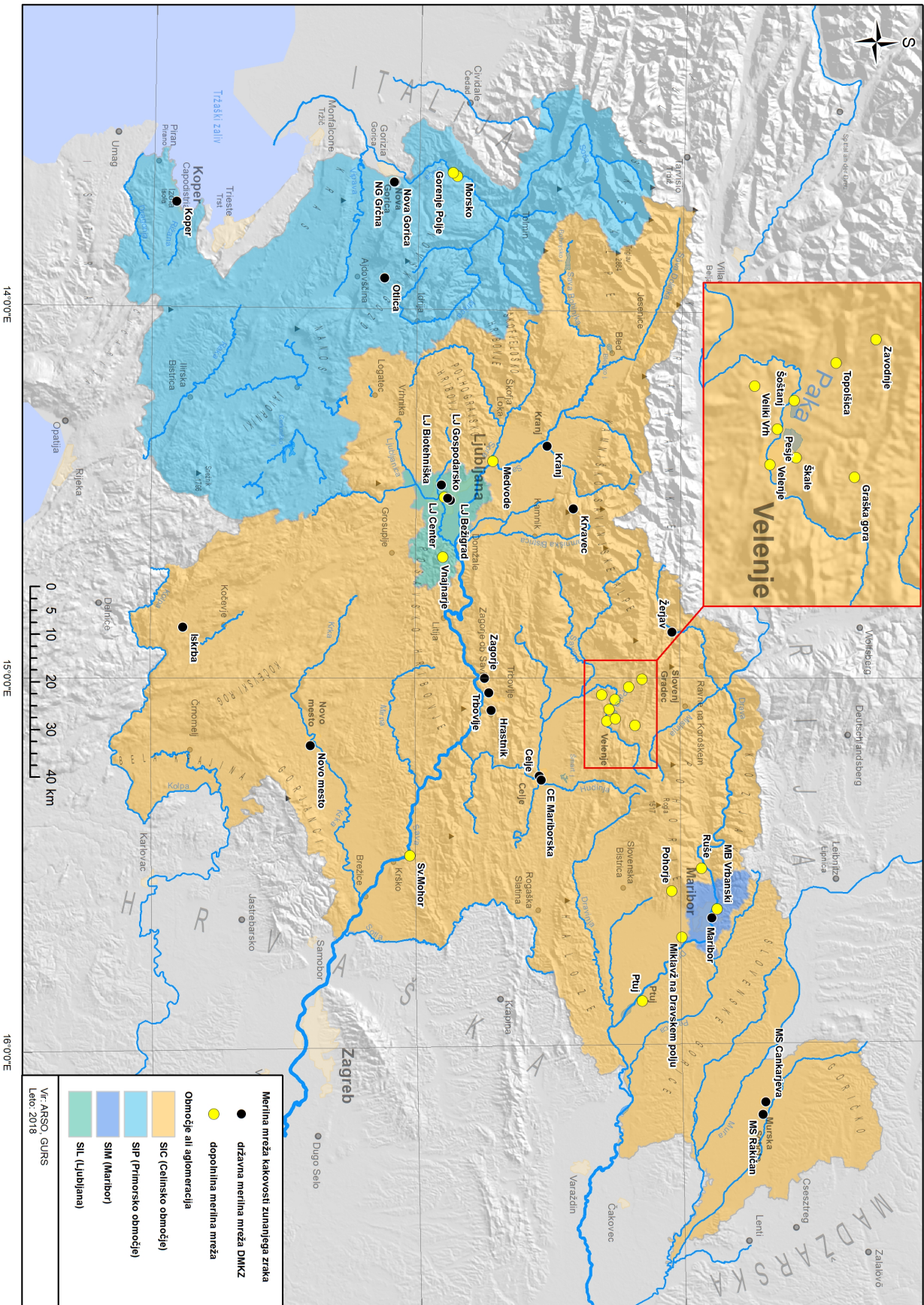
Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH):

benzo(a)piren, benzo(a)antracen, benzo(b,j,k)fluoranten, indeno(1,2,3-cd)piren, dibenzo(a,h)antracen

Težke kovine:

As, Cd, Co, Cu, Hg, Pb in Zn

45°30'0"N 46°0'0"N 46°30'0"N



Slika 2.1: Merilna mreža kakovosti zunanjega zraka v letu 2018.

2.2 Modeliranje z modelskim sistemom ALADIN-SI/CAMx

Numerične modele kakovosti zraka uporabljamo kot pomoč pri ocenjevanju in napovedi ravni onesnaževal. Prednost modelov v primerjavi z meritvami je prostorska pokritost. Informacijo o časovnem poteku ravni onesnaževal zagotavljajo modeli tudi na območjih, kjer meritev ne izvajamo.

Zaradi zapletene narave meteoroloških in fotokemičnih procesov v ozračju je modeliranje časovnega spreminjanja ravni posameznih onesnaževal še posebej težavno. Poleg tega so podatki o izpustih večinoma obremenjeni z veliko napako, saj je skoraj nemogoče povsem natančno določiti lokacijo, raven in časovno razporeditev posameznih izpustov. Modelski rezultati imajo zato lahko veliko negotovost, še posebej v primeru izračuna ravni delcev, ki med vsemi onesnaževali veljajo za krajevno in časovno najbolj spremenljive.

Na ARSO je za potrebe ocene onesnaženosti zraka na območju Slovenije, analize vzrokov čezmerne onesnaženosti zraka in za podporo napovedovanju ravni onesnaževal vzpostavljen regionalni disperzijsko-fotokemičen model CAMx (Comprehensive Air quality Model with extensions; Environ, 2018), ki je sklopljen z operativnim meteorološkim modelom ALADIN/SI.

V sedanji konfiguraciji modelskega sistema ALADIN/SI-CAMx je območje modeliranja prilagojeno obstoječi konfiguraciji modela ALADIN/SI. Zaradi časovne zahtevnosti modela CAMx računsko območje ne zajema celotnega območja meteorološkega modela, ampak le področja, ki s čezmejnimi transportom lahko vplivajo na onesnaženost zraka v Sloveniji. V modelske zagone je tako vključeno npr. celotno območje Padske nižine, ki ob določenih vremenskih razmerah s svojimi izpusti znatno poveča količino nekaterih onesnaževal v Sloveniji. Modelska ločljivost računskega območja je 4,4 km in je enaka prostorski ločljivosti meteorološkega modela. Vertikalni modelski nivoji se ujemajo z vertikalnimi nivoji v modelu ALADIN/SI, le da imamo v modelu CAMx vključenih samo spodnjih 68 nivojev (do višine 11 km) od skupno 87 nivojev v modelu ALADIN/SI.

Za uspešen zagon modela CAMx je potrebno poleg meteoroloških vhodnih polj (zračni tlak, temperatura zraka, temperatura tal, hitrost in smer vetra, specifična vlaga, ...) vključiti podatke o izpustih, kemijskih robnih pogojih in fiziografske značilnosti (raba tal, indeks listne površine). Pri sedanjih modelskih izračunih uporabljamo tri emisijske baze, pripravljene ločeno za območje Slovenije (ARSO, za leto 2013), Padske nižine (projekt PREPAIR, za leto 2016) in celotno Evropo (TNO-MACCI, za leto 2011). Podatke o onesnaženosti zraka na robovih modelskega območja pridobimo z globalnega kemijskega modela, ki se operativno zaganja na programski infrastrukturi Evropskega centra za srednjeročne vremenske napovedi (ECMWF).

3. Dodatne meritve

Na Agenciji za okolje poleg meritev na stalnih merilnih mestih v okviru rednega spremljanja in ocenjevanja kakovosti zunanega zraka občasno izvedemo tudi dodatne ali izredne meritve. V letu 2018 smo tako izvedli obsežnejše meritve kakovosti zraka v Trbovljah, Kranju, Zgornji Mežiški dolini in v Miklavžu ob Dravskem polju. V tem poglavju je na kratko predstavljen namen in zaključki teh meritev. Več informacij o posameznih meritvah je na voljo v posebnih poročilih.

V okviru projekta SINICA na Agenciji RS za okolje nadgrajujemo sistem za spremljanje onesnaženosti zraka. Med drugim je v teku obnova in nadgradnja merilnih mest obstoječe državne merilne mreže. Z nekaj izjemami ostajajo lokacije merilnih mest ob prenovi nespremenjene. V primeru Kranja, Trbovelj in Žerjava smo se o morebitni spremembi lokacije odločili tudi na podlagi rezultatov merilne kampanje, s katero smo pridobili informacije o prostorski spremenljivosti onesnaženosti zraka. Merilno mesto mora biti v prostor umeščeno tako, da zagotovi podatke o najvišjih ravneh, ki jim je izpostavljeno prebivalstvo, oziroma tako da so podatki reprezentativni za izpostavljenost čim večjega števila prebivalstva.

V občini Miklavž na Dravskem polju smo izvedli dodatne meritve kakovosti zraka zaradi no-vozgrajenega industrijskega obrata Magna Nukleus v sosednji občini Hoče-Slivnica. Namen teh meritev je bil določiti stanje kakovosti zraka pred začetkom obratovanja industrijskega objekta Magna Nukleus. Meritve bomo ponovili, ko bo Magna Nukleus že dlje časa obratovala.

3.1 Trbovlje

V Trbovljah je bilo potrebno preučiti obstoječo merilno mesto z vidika reprezentativnosti, zato smo zasnovali krajšo dvomesečno merilno kampanjo v kateri smo merili ravni delcev PM₁₀ na obstoječi postaji in hkrati še na petih dodatnih lokacijah. Na ta način smo poskušali pridobiti dodatne informacije o prostorski porazdelitvi onesnaženosti zraka. Kampanja je potekala od 2. 11. 2017 do 4. 1. 2018. Vsa merilna mesta so opisana v tabeli 3.1 in prikazana na sliki 3.1.

Povprečne izmerjene ravni delcev PM₁₀ so v obdobju meritev dosegale med 27 in 33 µg/m³. V obdobju kampanje smo na merilnih mestih zaznali le dve epizodi s preseganji dnevne mejne vrednosti 50 µg/m³. Prva epizoda je bila med 4. 12. 2017 in 6. 12. 2017, in druga med 20. 12. 2017 in 24. 12. 2017. V slednji je bila dne 24. 12. 2017 na merilnem mestu OŠ Tončke Čeč zabeležena najvišja dnevna raven delcev PM₁₀ v kampanji, in sicer 84 µg/m³.

Tabela 3.1: Nadmorska višina (NV) v metrih, koordinati (GKK_y, GKK_x), obdobje meritev in vrsta meritev na posameznih merilnih mestih v Trbovljah.

Merilno mesto	Identifikacijsko ime	GKK _y	GKK _x	NV	Obdobje meritev	Meritve
Stalne meritve						
Trbovlje Nasipi	Trbovlje Nasipi	503092	110516	265	od 14. 2. 2018 do danes	Leckel PM ₁₀ , Kontejner
Kampanja						
TRB OŠ	TRB_OŠ	503801	111534	291	2. 11. 2017–4. 1. 2018	Leckel PM ₁₀
TRB Delavski Dom	TRB_Delavski_dom	503757	111803	275	2. 11. 2017–4. 1. 2018	Digitel PM ₁₀ , Meteo kombi
TRB Zdravstveni dom	TRB_ZD	504093	112239	278	2. 11. 2017–4. 1. 2018	Leckel PM ₁₀
TRB Občina	TRB_Občina	504526	112473	282	2. 11. 2017–4. 1. 2018	Leckel PM ₁₀
TRB Gasilski dom	TRB_Gasilci	504410	113704	314	2. 11. 2017–4. 1. 2018	Leckel PM ₁₀
Zgodovina meritev						
Trbovlje Trg revolucije	Trbovlje Trg revolucije	503676	111555	263	1990–9. 11. 2004	Kontejner
Trbovlje Vodenska cesta	Trbovlje Vodenska c.	503177	110980	248	21. 12. 2004–12. 2. 2008	Kontejner



Slika 3.1: Kartografski prikaz lokacij vseh merilnih mest v Trbovljah.

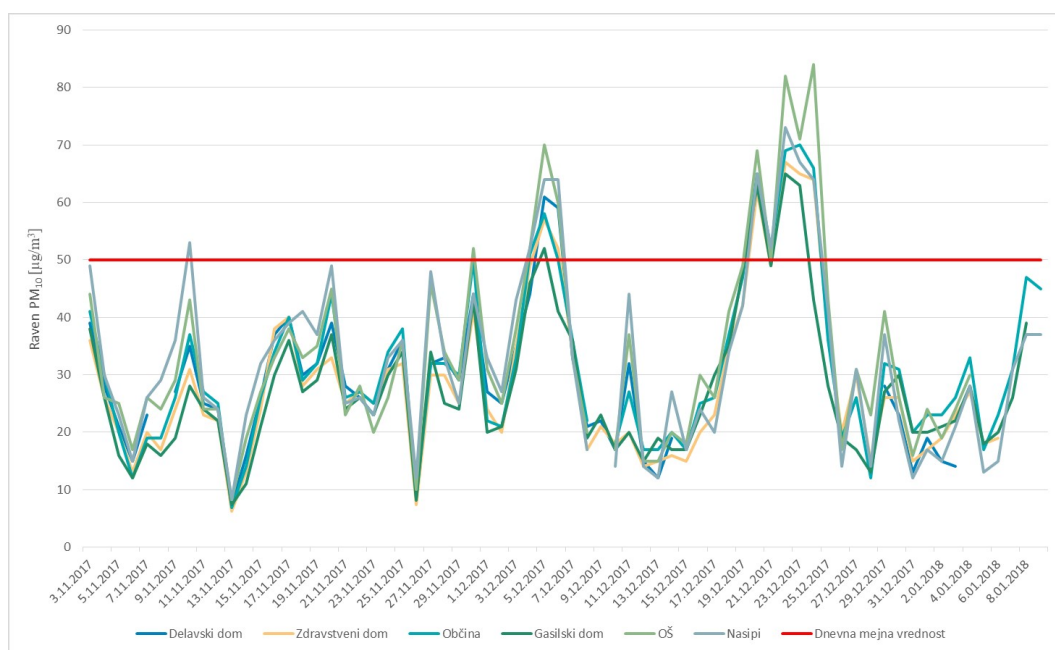
Na podlagi nizov meritev je bila dnevna mejna raven $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ presežena na lokaciji OŠ Tončke Čeč 8-krat, pri Zdravstvenem domu 6-krat, pri občini 8-krat, pri Gasilskem zavodu 4-krat, na stalnem merilnem mestu 9-krat in pri Delavskem domu 2-krat (vzorčevalnik v času druge epizode preseganj ni deloval).

Najvišje ravni delcev so bile izmerjene pri OŠ Tončke Čeč na vzpetini nad središčem mesta. Nekoliko nižje ravni, precej primerljive s sedanjo lokacijo Nasipi, so bile izmerjene pri Občini, medtem ko so bile na lokacijah Zdravstvenega doma in Gasilskega doma ravni nekoliko nižje. Največji del prebivalstva živi v okolici Delavskega doma, OŠ Tončke Čeč in Občine.

Glede na rezultate merilne kampanje smo se odločili, da stalno merilno mesto iz Nasipov prestavimo bodisi k Delavskemu domu, Zdravstvenemu domu ali k Občini. Občina Trbovlje nam je nato sprejemljivo lokacijo za postavitev nove merilne postaje kakovosti zraka namenila v mestnem parku v bližini zgradbe Občine.

Tabela 3.2: Povprečna dnevna (C_p), maksimalna dnevna (C_{max}) raven ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in število preseganj mejne dnevne vrednosti ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (>MV) za delce PM_{10} na merilnih mestih v času kampanje v Trbovljah.

Merilno mesto	C_p	C_{max}	>MV
TRB Delavski dom	27	61	2
TRB Zdravstveni dom	28	67	6
TRB Občina	31	70	7
TRB Gasilski dom	28	65	4
TRB OŠ	33	84	8
Trbovlje Nasipi	32	73	9



Slika 3.2: Ravni delcev PM_{10} na različnih lokacijah merilnih mest v Trbovljah.

3.2 Kranj

Merilna kampanja v Kranju je potekala od 17. 1. 2018 do 5. 4. 2018. Namen merilne kampanje je bil pridobiti informacije onesnaženosti zraka z delci PM_{10} , z namenom določitve reprezentativnosti obstoječega merilnega mesta in za potrebe morebitne spremembe lokacije stalnega merilnega mesta. Poleg obstoječega merilnega mesta Kranj smo izbrali še tri dodatne lokacije, in sicer Občino, Planino in Stražišče. Na vseh merilnih mestih smo merili ravni delcev PM_{10} , na merilnem mestu Planina pa tudi meteorološke parametre temperaturo, vlago in veter. Pri izbiri lokacij za izvedbo meritev smo upoštevali meteorološke, klimatološke in topografske značilnosti mesta Kranj, načrt rabe tal in načine ogrevanja v posameznih predelih. Merilna mesta so opisana v tabeli 3.3 in prikazana na sliki 3.3.

Tabela 3.3: Nadmorska višina (NV) v metrih, koordinati (GKK_y , GKK_x), obdobje meritev in vrsta meritev na posameznih merilnih mestih v Kranju.

Merilno mesto	Identifikacijsko ime	GKK_y	GKK_x	NV	Obdobje meritev	Meritve
Stalne meritve						
Kranj	Kranj	451356	122802	391	od 1. 1. 2010 do danes	Leckel PM_{10}
Kampanja						
KR Občina	KR_Občina	450721	122316	388	17. 1. 2018–5. 4. 2018	Leckel PM_{10}
KR Planina	KR_Planina	451208	122148	388	17. 1. 2018–5. 4. 2018	Digitel PM_{10} , Meteo kombi
KR Stražišče	KR_Stražišče	449621	121162	398	17. 1. 2018–5. 4. 2018	Leckel PM_{10}
Zgodovina meritev						
Stražišče	Stražišče	449914	121570	394	4. 1. 2010–21. 5. 2010	Leckel PM_{10}
Labore	Labore	450468	121024	387	1. 12. 2002–1. 1. 2003	Mobilna postaja
Zlato polje	Zlato polje	450671	122995	401	1. 1. 2003–1. 2. 2003	Mobilna postaja

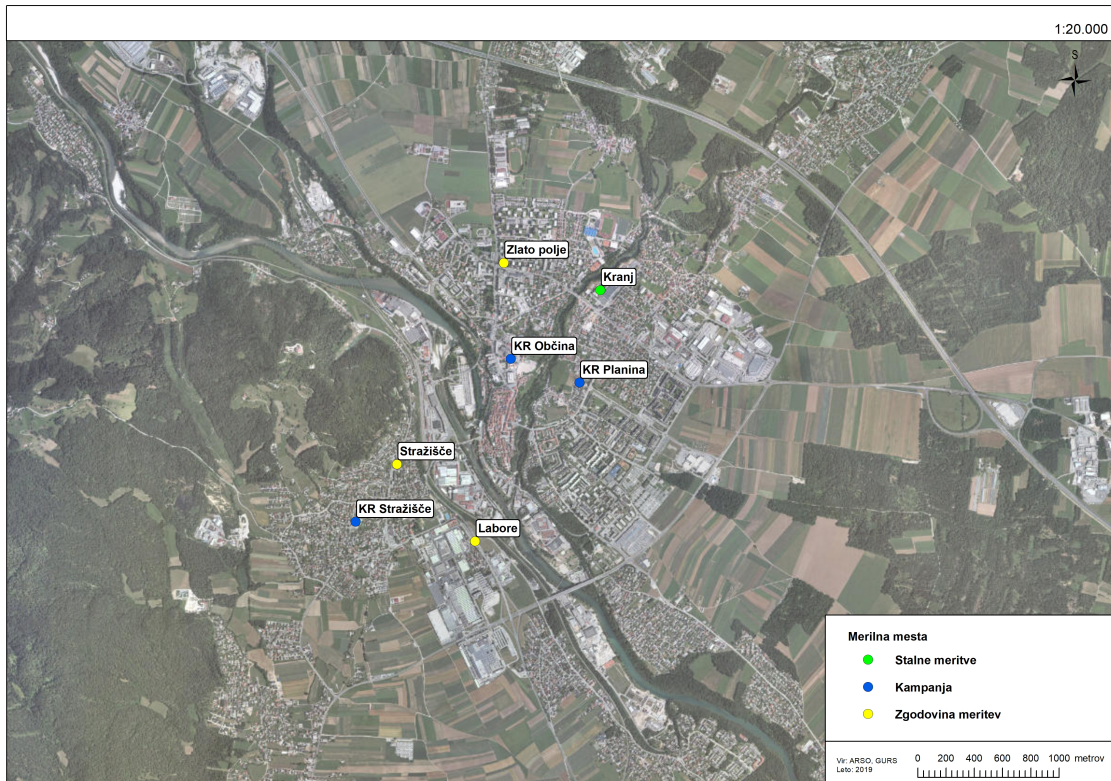
Tabela 3.4: Povprečna dnevna (C_p), maksimalna dnevna (C_{max}) raven ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in število preseganj mejne dnevne vrednosti ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (>MV) za delce PM_{10} na merilnih mestih v času kampanje v Kranju.

Merilno mesto	C_p	C_{max}	>MV
KR Stražišče	39	111	13
KR Planina	34	100	10
KR Občina	35	105	11
Kranj	35	103	10

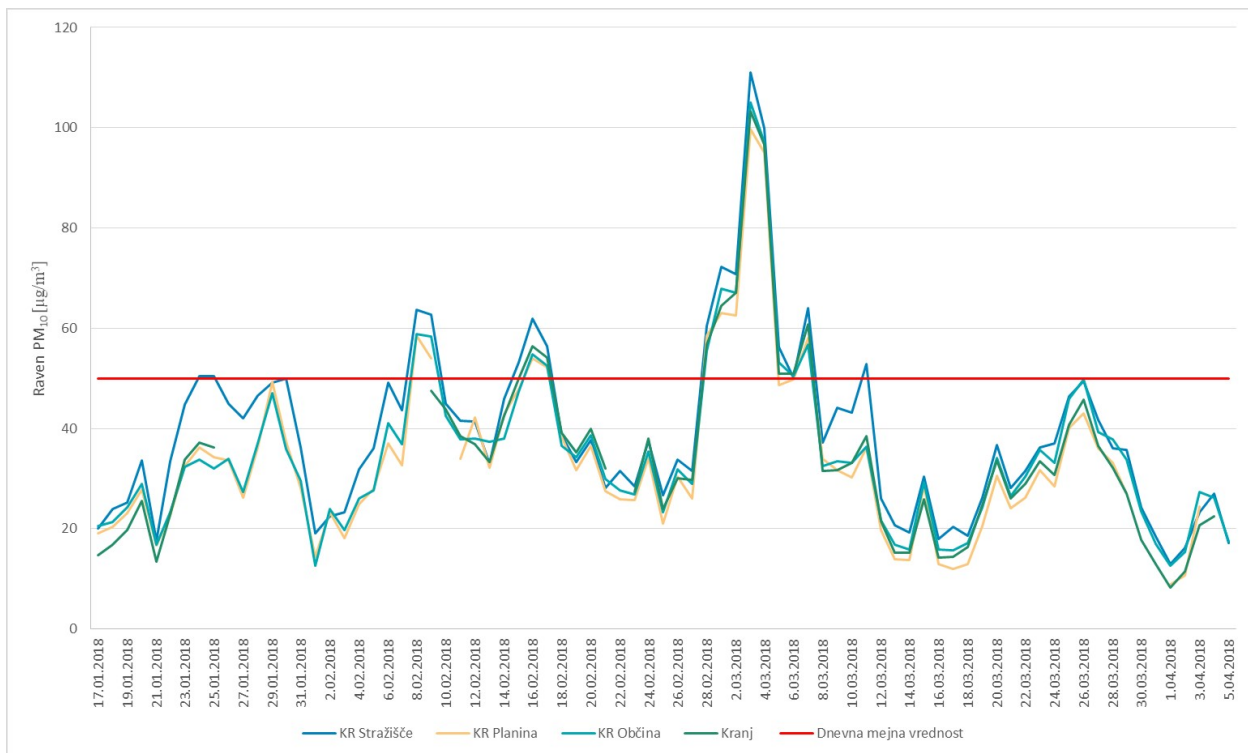
Povprečne ravni delcev PM_{10} so v obdobju celotne kampanje dosegale vrednosti med 34 in $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V času kampanje bila dnevna mejna raven $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ presežena na lokaciji Občine 11-krat, pri Medgeneracijskem centru pri Planini v Kranju 10-krat, v Stražišču pri vrtcu 13-krat in na obstoječem stalnem merilnem mestu 10-krat. Ob tem je potrebno pripomniti, da je na stalnem merilnem mestu prišlo do daljšega izpada meritev med 26. 1. 2018 in 8. 2. 2018. V obdobju kampanje smo na merilnih mestih zaznali tri epizode s preseganji dnevne mejne vrednosti $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Prvi dve sta bili precej kratki, izrazitejša in daljša je bila tretja epizoda. Prva epizoda je bila dne 8. 2. 2018 in 9. 2. 2018 in druga med 15. 2. 2018 in 17. 2. 2018. Zadnja epizoda je vztrajala med 28. 2. 2018 in 5. 3. 2018. V slednji so bile na vseh merilnih mestih zabeležene najvišje dnevne ravni delcev PM_{10} v celotni kampanji.

V povprečju so bile najvišje ravni delcev PM_{10} izmerjene na območju Stražišča. Na ostalih treh lokacijah so bile ravni med seboj primerljive (slika 3.4).

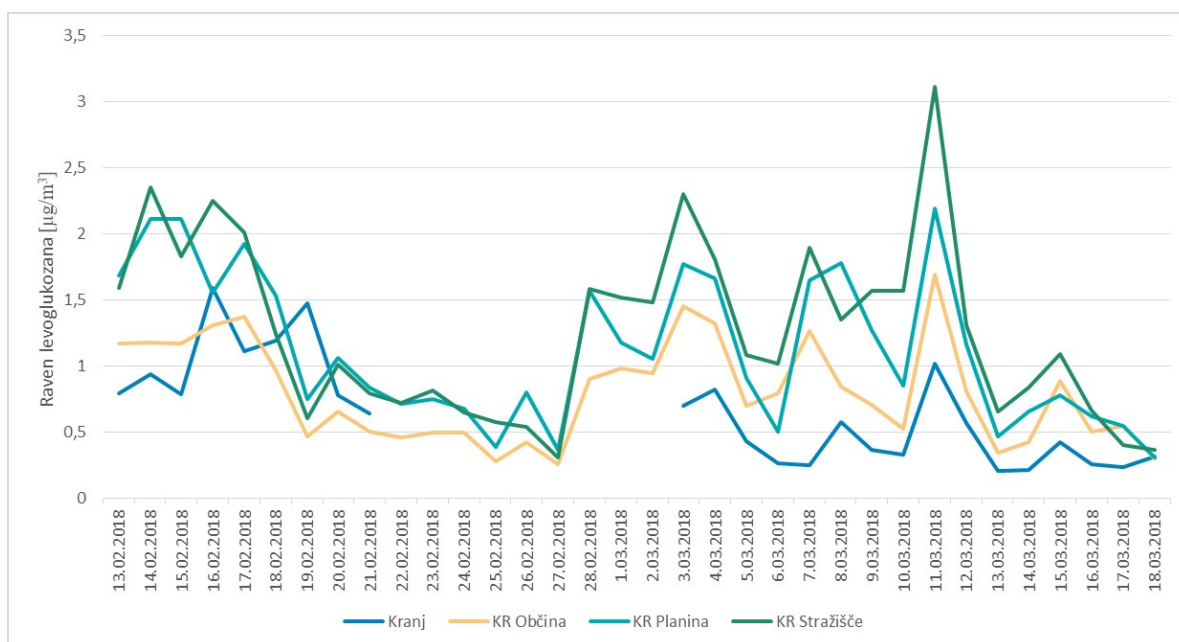
Kemijska analiza delcev PM_{10} je pokazala, da je največja razlika med posameznimi lokacijami



Slika 3.3: Kartografski prikaz lokacij vseh merilnih mest v Kranju.



Slika 3.4: Ravni delcev PM₁₀ na različnih lokacijah merilnih mest v Kranju.



Slika 3.5: Ravni levoglukozana na različnih lokacijah merilnih mest v Kranju.

v vsebnosti levoglukozana, katerega vir je kurjenje lesne biomase. Pri ostalih parametrih, ki smo jih določili (ioni, elementarni in organski ogljik), ni bilo zaznati večjih razlik med merilnimi mesti. Najvišje ravni in delež levoglukozana je bilo opaziti v Stražišču in pri Planini (slika 3.5), najmanj obremenjena lokacija z levoglukozanom je bilo stalno merilno mesto. To dejstvo nakazuje, da se v Stražišču velik delež individualnih hiš ogreva na lesno biomaso, medtem ko se Planina nahaja na severozahodnem obrobju gostega naselja individualnih hiš, kamor jugovzhodni vetrovi prinesejo zrak z nekoliko večjim deležem levoglukozana. Na lokaciji stalnega merilnega mesta je gostota prebivalstva nekoliko manjša. Podobno prostorsko razporeditev onesnaženja opazimo tudi v primeru organskega ogljika, ki je pretežno produkt kurjenja fosilnih goriv, na primer za namen ogrevanja stavb s kurilnim oljem.

Na podlagi rezultatov kampanje smo se odločili, da stalno merilno mesto prestavimo na Planino k Medgeneracijskemu centru.

3.3 Žerjav

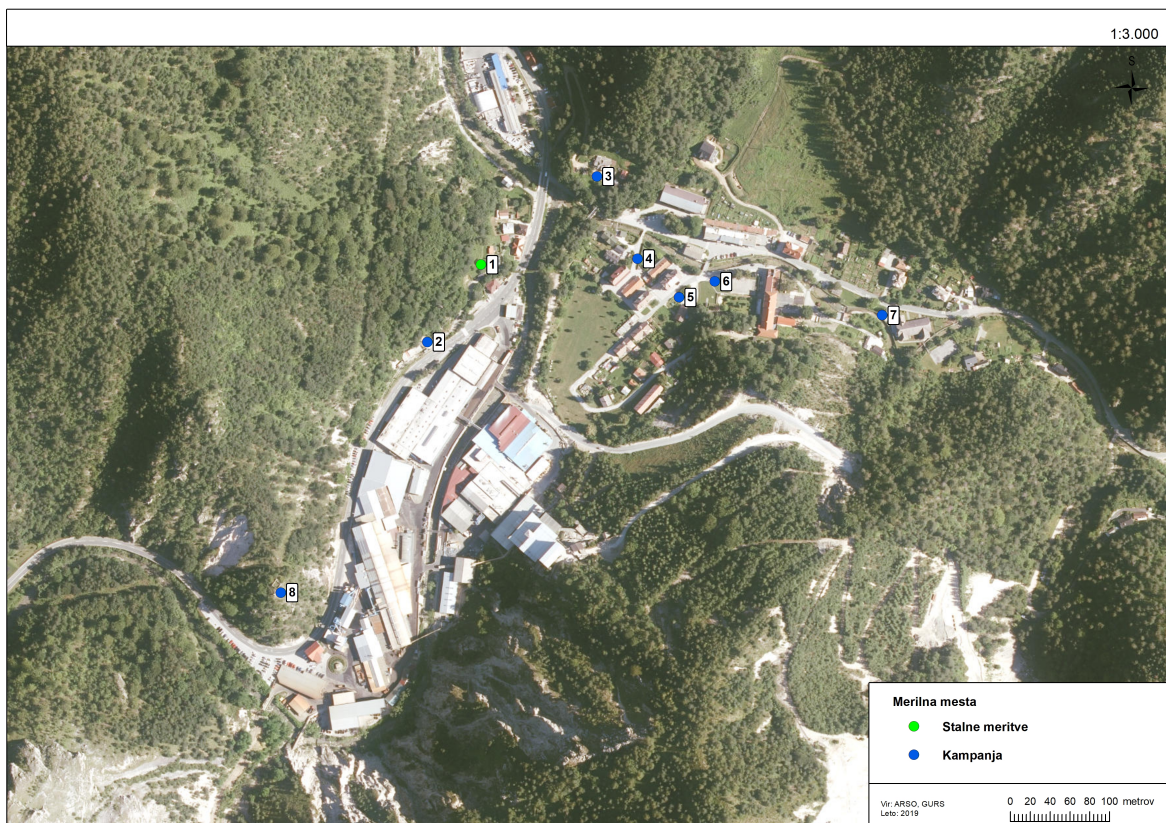
Kakovost zraka v Zgornji Mežiški dolini določajo specifični izpusti. Ti so bili v preteklosti povezani s pridobivanjem svinca, danes pa predvsem z njegovo predelavo in resuspenzijo prahu z visoko vsebnostjo težkih kovin. Nekdaj je bil v tej dolini problem predvsem žveplov dioksid, ki se je sproščal pri praženju svinčeve rude. Zaradi ekstremnih ravni žveplovega dioksida je bila v preteklosti močno prizadeta vegetacija. S sanacijskimi ukrepi in s prenehanjem pridobivanja svinca je bil problem žveplovega dioksida rešen. Sedaj so problematične visoke ravni težkih kovin, predvsem kadmija in svinca. Pretirano onesnažena so tla, še vedno so povišane tudi ravni v zraku. Za izboljšanje kakovosti čezmerno onesnaženega okolja je Vlada RS sprejela Odlok o območjih največje obremenjenosti okolja in o programu za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini

(Ur.l.RS, št. 119/2007). Na podlagi tega odloka v Žerjavu v Zgornji Mežiški dolini zadnjih deset let potekajo meritve kakovosti zraka. Kljub izvajanju programa ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja ostajajo ravni svinca in kadmija v delcih PM₁₀ v zunanjem zraku na istem nivoju. V letu 2016 je bila prvič od začetka izvajanja celoletnih meritev presežena tudi ciljna vrednost kadmija v zraku. Pregled maksimalnih dnevnih ravni po posameznih letih kaže, da so občasno v Žerjavu izmerjene ekstremno visoke vrednosti kadmija in svinca.

Namen merilne kampanje je bil izboljšati razumevanje onesnaženosti zraka s težkimi kovinami v Žerjavu. Kampanja je potekala od 8. 8. 2018 do 7. 11. 2018 in je obsegala dnevne meritve delcev PM₁₀ na štirih lokacijah (slika 3.6), na enem merilnem mestu pa tudi meritve delcev PM_{2,5}. Delce iz vseh postaj smo analizirali na vsebnosti težkih kovin. Na štirih merilnih mestih smo postavili tudi padavinske usedalnike. V njih so se 14 dni zbirale padavine in prah. Te vzorce smo prav tako analizirali na težke kovine. Poleg meritev onesnaženosti zraka so na treh lokacijah potekale tudi meteorološke meritve. Meritve delcev PM₁₀ in analizo le teh na težke kovine smo izvajali tudi na merilnem mestu v Črni na Koroškem od 2. 9. 2018 do 6. 12. 2018.

Tabela 3.5: Koordinati (GKK_y, GKK_x), obdobje meritev in vrsta meritev na posameznih merilnih mestih v Žerjavu.

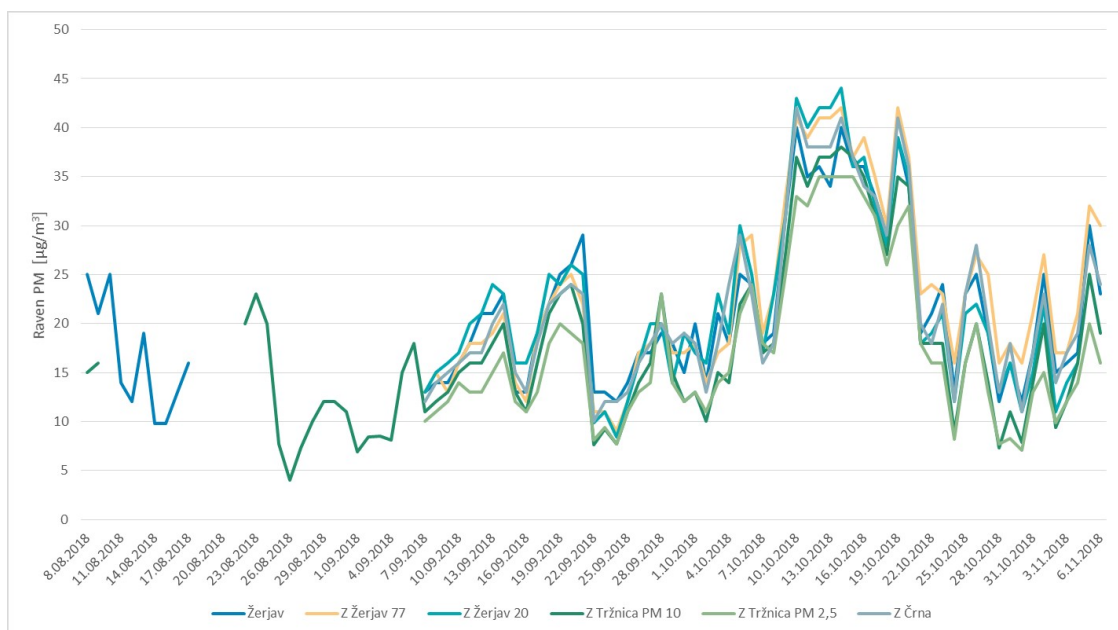
Merilno mesto	GKK _y	GKK _x	Obdobje meritev	Meritve
Stalne meritve				
[1] Žerjav	490348	149042		Leckel PM ₁₀ , padavine
Kampanja				
[2] Žerjav Rudnik	490294	148964	8. 8. 2018–9. 11. 2018	padavine
[3] Žerjav 77	490506	149048	8. 8. 2018–9. 11. 2018	PM ₁₀
[4] Žerjav 20	490465	149131	8. 8. 2018–9. 11. 2018	PM ₁₀ , padavine
[5] Meteo-kombi	490548	149009	8. 8. 2018–9. 11. 2018	Meteo kombi
[6] Žerjav Tržnice	490584	149025	8. 8. 2018–9. 11. 2018	PM ₁₀ , PM _{2,5}
[7] Žerjav OŠ	490753	148991	8. 8. 2018–9. 11. 2018	meteo Davis, padavine
[8] Meteo-Davis	4901346	148711	8. 8. 2018–9. 11. 2018	meteo Davis
Črna	488923	147890	2. 9. 2018–6. 12. 2018	PM ₁₀



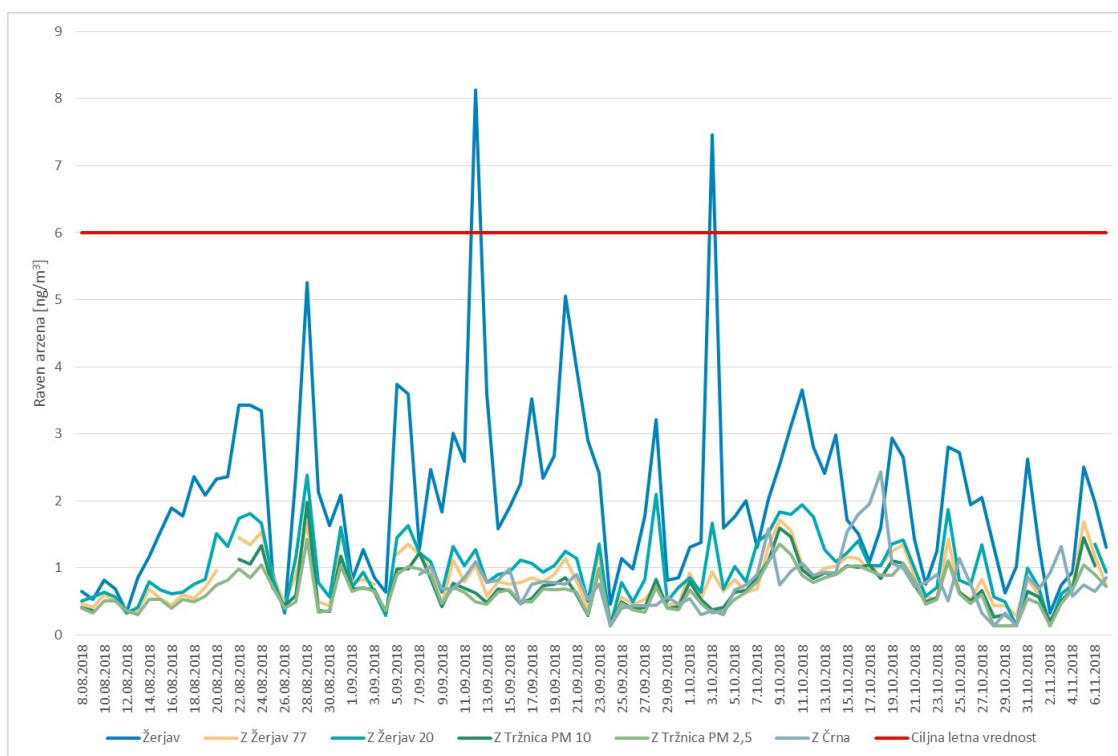
Slika 3.6: Kartografski prikaz lokacij vseh merilnih mest v Žerjavu.

Ravni delcev so bile na vseh merilnih mestih v času kampanje zelo podobne in nobena lokacija ne izstopa (slika 3.7). Nasprotno je z ravnmi arzena, kadmija in svinca (slike 3.8, 3.9 in 3.10), kjer je vsebnost vseh treh kovin daleč najvišja na stalnem merilnem mestu. Razloga za višje vrednosti težkih kovin na tem merilnem mestu v primerjavi z ostalimi lokacijami v Žerjavu še ne poznamo. Vzorce bomo poslali še na izotopsko analizo, ki bi lahko prinesla odgovor za tako velike razlike v ravneh težkih kovin.

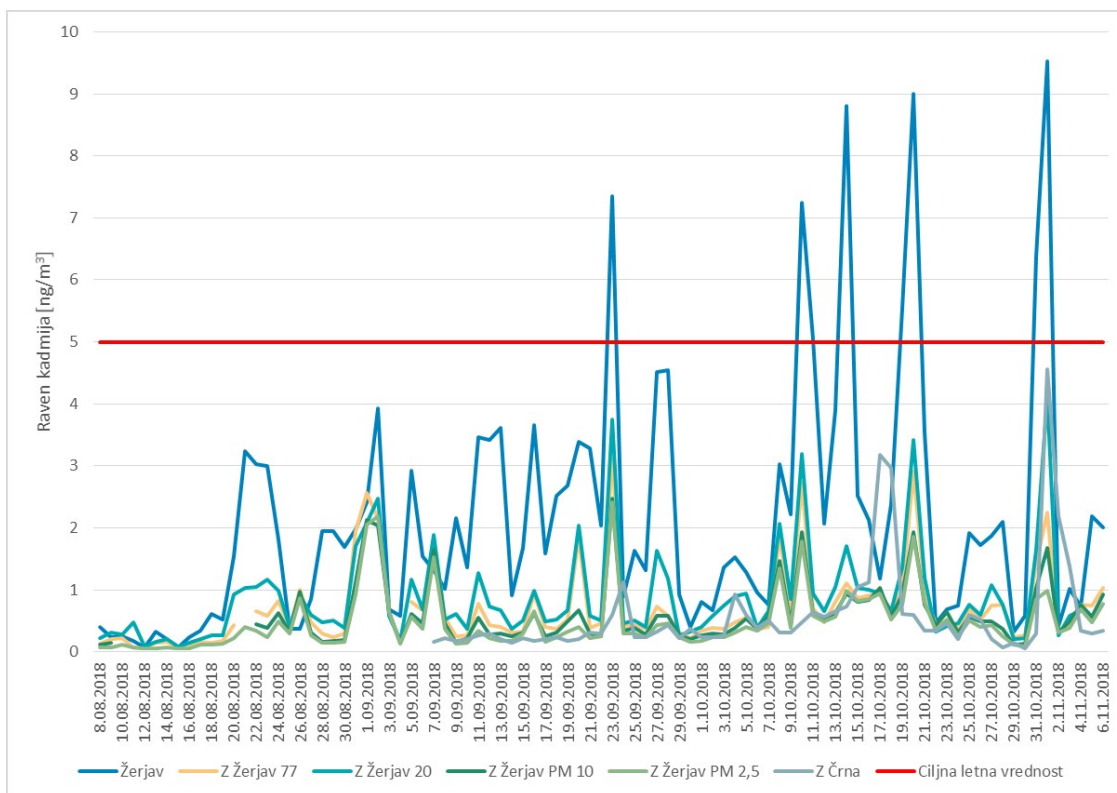
Iz rezultatov je sicer razvidno da stalno merilno mesto ni reprezentativno za celotno naselje Žerjav, vendar smo se zaradi dolgotrajnega niza meritev, meritve namreč na tem merilnem mestu potekajo že od leta 2011, odločili za ohranitev sedanje lokacije.



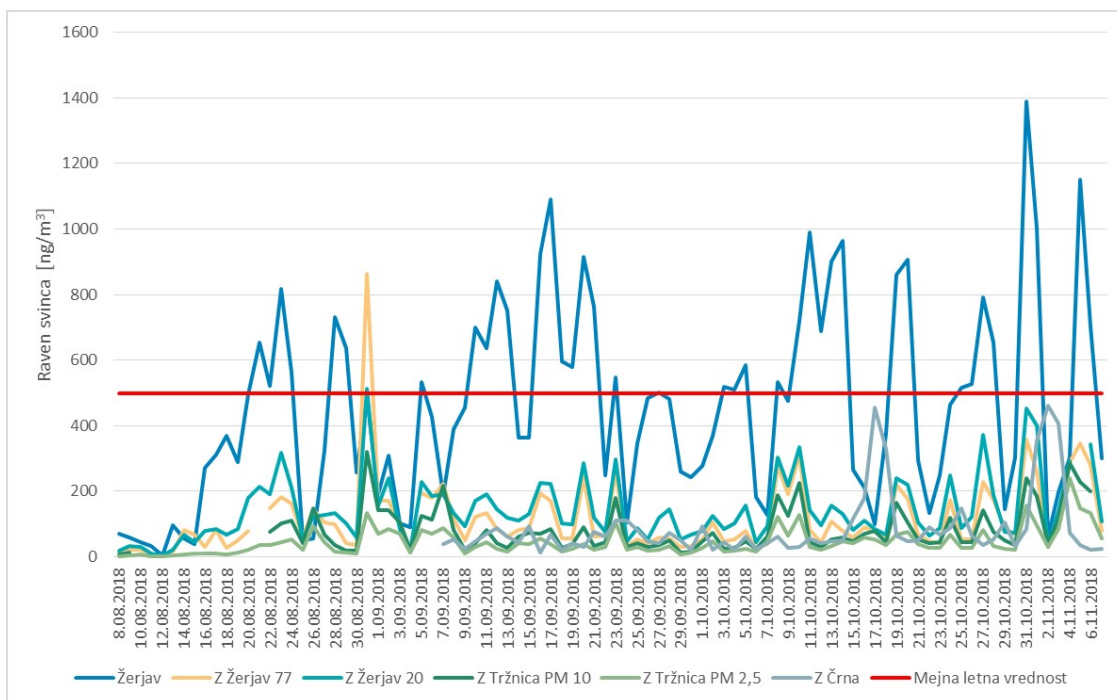
Slika 3.7: Ravni delcev PM₁₀ in PM_{2,5} na različnih lokacijah merilnih mest v Zgornji Mežiški dolini.



Slika 3.8: Ravni arzena na različnih lokacijah merilnih mest v Zgornji Mežiški dolini.



Slika 3.9: Ravni kadmija na različnih lokacijah merilnih mest v Zgornji Mežiški dolini.



Slika 3.10: Ravni svinca na različnih lokacijah merilnih mest v Zgornji Mežiški dolini.

3.4 Miklavž na Dravskem polju

V občini Hoče-Slivnica je bil zgrajen industrijski obrat Magna Nukleus. Zaradi predvidevanj, da bo ta investicija imela posredni in neposredni vpliv na okolje in prebivalce Občine Miklavž na Dravskem polju, je bil leta 2017 s strani ministra za gospodarski razvoj in tehnologijo in župana Občine Miklavž na Dravskem polju, podpisan Memorandum o sodelovanju in prizadevanju za izvedbo omilitvenih ukrepov pri umeščanju industrijskega obrata Magna Nukleus na razvojnem območju v občini Hoče-Slivnica. Memorandum med drugim vsebuje tudi ukrepe na področju zagotavljanja kakovosti zraka in predvideva, da pristojni organi v okviru svojih pristojnosti in zmožnosti zagotovijo merilne naprave za merjenje kakovosti zraka, ki bodo locirane v neposredni bližini razvojnega območja oziroma potencialnega vira onesnaženja.

Na Agenciji Republike Slovenije za okolje smo na podlagi tega memoranduma v sodelovanju z občino Miklavž na Dravskem polju, ki meji na občino Hoče-Slivnica, izvedli enomesečne meritve kakovosti zraka. Meritve so potekale od 23. 10. 2018 do 22. 11. 2018 in so obsegale določitev dnevne ravni delcev PM_{10} , dnevne ravni težkih kovin, policikličnih aromatskih ogljikovodikov in levoglukozana v delcih PM_{10} ter določitev 20 najbolj zastopanih lahkohlapnih ogljikovodikov v zunanjem zraku. Njihov namen je bil določiti stanje kakovosti zraka pred začetkom obratovanja industrijskega objekta Magna Nukleus. Meritve bomo ponovili, ko bo Magna Nukleus že dlje časa obratovala.

Meritve so potekale na dveh merilnih mestih v občini Miklavž na Dravskem polju. Rezultate meritev iz teh dveh lokacij smo primerjali z rezultati na merilnem mestu v Mariboru, ki deluje v okviru Državne merilne mreže za spremljanje kakovosti zunanjega zraka. To je stalno merilno mesto, ki je locirano najbližje novozgrajenemu industrijskemu obratu in predstavlja referenčno lokacijo, na kateri vpliv tega objekta ni pričakovan.

Koordinate merilnih mest so v tabeli 3.6. Na sliki 3.11 je karta z označenimi merilnimi mesti, mejami občin in lokacijo industrijskega obrata Magna Nukleus.

Tabela 3.6: Koordinate merilnih mest.

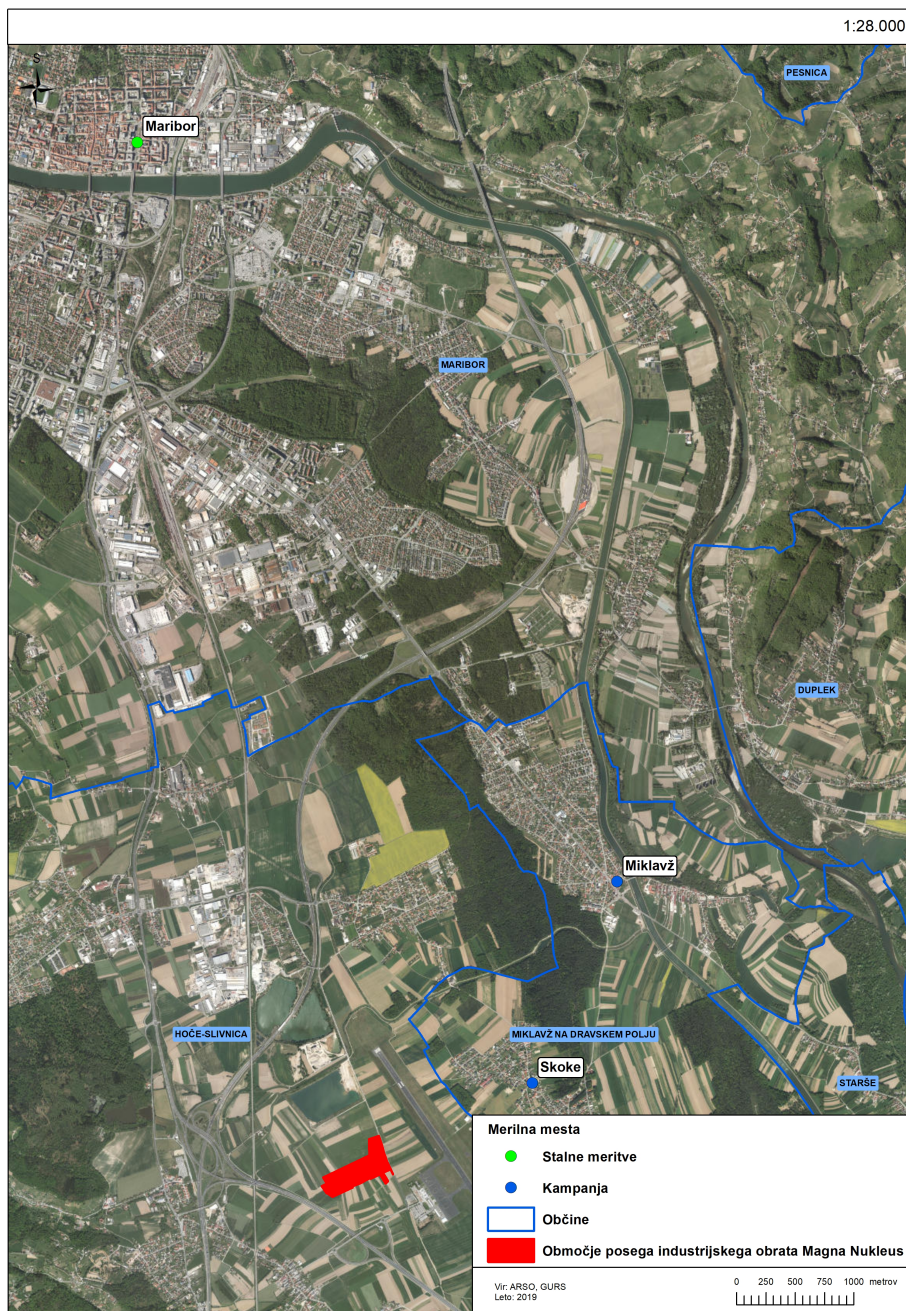
Merilno mesto	GKK _y	GKK _x
Miklavž	554400	151105
Skoke	553676	149386
Maribor	550305	157414

V celotnem obdobju meritev je bila v Miklavžu povprečna raven delcev PM_{10} $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dne 5. 11. 2018 je bila izmerjena najvišja dnevna raven, ki je znašala $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V 28 dneh je bila dvakrat presežena meja dnevna vrednost $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na merilnem mestu Skoke je bila povprečna raven delcev PM_{10} v obdobju meritev $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mejna dnevna vrednost ni bila nikoli presežena.

Delce PM_{10} smo analizirali na težke kovine. Ravni vseh težkih kovin na obeh merilnih mestih v občini Miklavž na Dravskem polju so primerljive z izmerjenimi na drugih merilnih mestih po Sloveniji. Ravni niklja, arzena, kadmija in svinca so bile bistveno nižje od zakonsko predpisanih letnih mejnih oziroma ciljnih vrednosti. Ravni benzo(a)pirena in levoglukozana so bile v obdobju meritev najvišje v Miklavžu, kar nakazuje na večje ogrevanje z lesom.

Lahkohlapne ogljikovodike smo določili s pomočjo difuzivnih vzorčevalnikov. Ravni izmerjene

z difuzivnimi vzorčevalniki niso zelo natančne in se uporabljajo le kot informacija o velikostnem redu, v katerem se nahaja merjeno onesnaževalo. Določili smo 20 lahkih ogljikovodikov z najvišjo ravno. Na vseh treh merilnih mestih so v največji meri prisotne iste spojine. Benzen, za katerega je edino predpisana letna mejna vrednost $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, je na vseh treh merilnih mestih dosegel približno petino te vrednosti. Po daljšem obdobju obratovanja industrijskega obrata Magna Nukleus bomo merilno kampanjo z difuzivnimi vzorčevalniki ponovili. Primerjava nabora zaznanih ogljikovodikov pred in po začetku obratovanja bo pokazala morebitno prisotnost novih organskih spojin kot posledico proizvodnje.



Slika 3.11: Karta območja.

4. Umerjevalni laboratorij (UL)

4.1 Uvod

Umerjevalni laboratorij Agencije RS za okolje (UL) je v letu 2018 izvajal umerjanja analizatorjev in izvorov plina, ki se uporabljajo v merilni mreži onesnaženosti zraka za ogljikov monoksid, žveplov dioksid, dušikov oksid in ozon.

UL je za področje parametrov kakovosti zraka akreditiran po standardu SIST EN ISO/IEC 17025:2005 od leta 2005. UL ima za področje kakovosti zunanjega zraka (mednarodni nivo) tudi status referenčnega laboratorija in kot tak sodeluje v evropskem združenju AQUILA – mreže referenčnih laboratorijev za kakovost zraka. UL redno sodeluje v mednarodnih primerjavah, ki jih organizira Joint Research Center (JRC) v Ispri.



Slika 4.1: Umerjevalni laboratorij - področje parametrov kakovosti zraka.

4.2 Merilne metode

UL uporablja referenčne merilne metode za določevanje koncentracij ogljikovega monoksida, žveplovega dioksida, dušikovega oksida in ozona skladno z Direktivo 2008/50/ES evropskega

parlamenta in sveta o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo in sicer:

- Ogljikov monoksid - standardna metoda za določevanje koncentracij ogljikovega monoksida z nedisperzivno infrardečo spektroskopijo.
- Žveplov dioksid - standardna metoda za določevanje koncentracij žveplovega dioksida z ultrazvočno fluorescenco.
- Dušikovi oksidi - standardna metoda za določevanje koncentracij dušikovih oksidov s kemoluminiscenco.
- Ozon - standardna metoda za določevanje koncentracij dušikovih oksidov z ultrazvočno fotometrijo.

4.3 Meroslovna sledljivost

Pri umerjanjih analizatorjev za ogljikov monoksid, žveplov dioksid ter dušikov oksid se uporabljajo certificirani referenčni materiali – stabilni izvori plina, ki so umerjeni v akreditiranem češkem hidrometeorološkem inštitutu (CHMI). Certificirane referenčne materiale se uporablja za diseminacijo vrednosti na delovne etalone. Za dosego najboljših merilnih rezultatov pri kalibraciji se certificirani referenčni materiali lahko uporabljajo direktno tudi pri umerjanju analizatorjev. Običajno se za nadaljnjo diseminacijo vrednosti uporablja delovni etalon, s katerim umerjamo analizatorje, pri čemer se lahko uporablja izvor plina, ki ni certificiran.

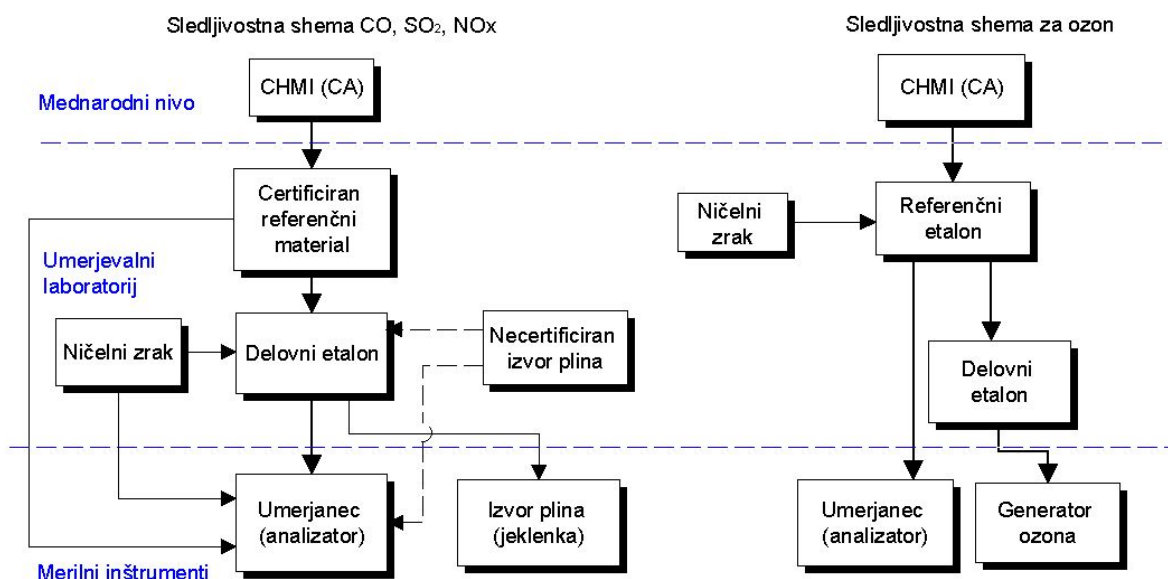
Pri umerjanju analizatorjev ozona se kot referenčni etalon uporablja generator ozona, ki je sledljiv na CHMI.

Umerjanja se običajno izvajajo v treh kalibracijskih točkah (ničelni zrak, na sredini merilnega območja in na zgornji meji merilnega območja). V primeru ozona je kalibracijskih točk lahko več (tipično pet).

Poleg same kalibracije se v Umerjevalnem laboratoriju izvede tudi test primernosti, ki vključuje še presojo dodatnih meroslovnih lastnosti merilnih inštrumentov skladno z aneksom VI Direktive 2008/50/ES. Test primernosti vključuje naslednje meroslovne parametre: odzivni čas, linearnost, kratkotrajno lezenje, ponovljivosti ter učinkovitost konverterja pri analizatorjih dušikovih oksidov.

Umerjanja in testi primernosti analizatorjev v mreži kakovosti zraka so se v letu 2018 izvajali enkrat letno.

Najboljše merilne zmogljivosti Umerjevalnega laboratorija na področju kalibracij parametrov kakovosti zraka so zajete v tabeli 4.1.



Slika 4.2: Sledljivostna shema kalibracij v Umerjevalnem laboratoriju.

Tabela 4.1: Najboljše merilne zmogljivosti Umerjevalnega laboratorija na področju kalibracij parametrov kakovosti zraka.

Plinske mešanice		
	Območje	Kalibracijska in merilna zmogljivost
Koncentracija CO	300–15000 ppbv	240 ppbv + 0.028·c
Koncentracija SO ₂	3–500 ppbv	2.3 ppbv + 0.055·c
Koncentracija NO	2–500 ppbv	1.9 ppbv + 0.063·c
Koncentracija NO ₂	4–500 ppbv	3.7 ppbv + 0.062·c
Koncentracija O ₃	6–500 ppbv	5.0 ppbv + 0.034·c

Analitski inštrumenti - monitorji		
	Območje	Kalibracijska in merilna zmogljivost
Analizator CO	0–13700 ppbv	170 ppbv + 0.02·c
Analizator SO ₂	0–380 ppbv	1.8 ppbv + 0.05·c
Analizator NO (NO _x)	0–427 ppbv	1.5 ppbv + 0.047·c
Koncentracija O ₃	0–500 ppbv	4.9 ppbv + 0.03·c

c - koncentracija plinske mešanice

5. Kemijsko analitski laboratorij

Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje (KAL ARSO) je v letu 2018 v okviru monitoringa kakovosti zunanjega zraka izvajal kemijske analize delcev PM in padavin.

V delcih PM₁₀ se poleg masne koncentracije določajo policiklični aromatski ogljikovodiki, elementi v sledovih, organski in elementni ogljik, glavni anioni in kationi, sladkorji in njihovi derivati. V delcih PM_{2,5} se določajo glavni anioni in kationi, organski in elementni ogljik ter masna koncentracija delcev.

V padavinah se določajo policiklični aromatski ogljikovodiki, elementi v sledovih, glavni anioni in kationi, pH, električna prevodnost in volumen padavin.

5.1 Masna koncentracija delcev PM_{2,5} in PM₁₀

Za določitev masne koncentracije delcev PM_{2,5} in PM₁₀ uporabljamo standardno gravimetrično metodo SIST EN 12341. Metoda je uporabna za določitev mase delcev PM₁₀ in PM_{2,5} na filtrih, ki so bili vzorčeni z nizko volumskim LVS referenčnim merilnikom Leckel, Derenda (stekleni ali kvarčni filtri \varnothing 47 mm) in visoko volumskim HVS merilnikom Digitel (kvarčni filtri \varnothing 150 mm).

Zunanji zrak potuje skozi selektivni vhod (PM_{2,5} ali PM₁₀) merilnika z znanim konstantnim pretokom. Frakcija delcev se zbira na filtru s periodo 24 ur. Masa delcev se nato določi s tehtanjem filtra pri konstantnih pogojih pred in po vzorčenju delcev PM. Masno koncentracijo PM delcev podajamo v $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji.



Slika 5.1: Tehnici Mettler Toledo XPE 206 DR/M za gravimetrično določitev masne koncentracije PM delcev (foto: Irena Kranjc).

5.2 Glavni ioni

Anioni (Cl^- , NO_3^- , in SO_4^-) in kationi (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} in Ca^{2+}) se določajo v padavinah in v delcih PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$.

5.2.1 Padavine

Analizirajo se dnevne padavine iz merilnih postaj Ljubljana Bežigrad in Iskrba in tedenske padavine iz merilnih postaj Rateče, Murska Sobota Rakičan in Škocjan. Anione določamo v skladu s standardom *SIST EN ISO 10304-1*, katione pa v skladu s standardom *SIST EN ISO 14911*. Koncentracije ionov v padavinah podajamo v mg/L . Obe metodi sta akreditirani pri Slovenski akreditaciji.

5.2.2 Delci $\text{PM}_{2,5}$ in PM_{10}

Analizirajo se dnevni vzorci delcev $\text{PM}_{2,5}$ (na kvarčnem filtru \varnothing 47 mm, nizko volumski merilnik) iz stalne merilne postaje Iskrba ter dnevni vzorci delcev PM_{10} (na kvarčnem filtru \varnothing 150 mm, visoko volumski merilnik) iz različnih merilnih mest po Sloveniji.

Anione in katione določamo v skladu s standardom *SIST EN ISO 10304-1* in s standardom *SIST EN ISO 14911* ter vodikom KZZ - Vodilo za merjenje anionov in kationov v frakciji PM 2,5; *SIST-TP CEN/TR 16269*. Koncentracije ionov v delcih $\text{PM}_{2,5}$ in PM_{10} podajamo v $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Analizna metoda za filtre ni v obsegu akreditacije.

5.2.3 Inštrumentalna analiza

Anione določamo z ionskim kromatografom Dionex DX-120 s prevodnostnim detektorjem, kolono IonPac AS14, predkolono Ion Pac AG14, supresorjem ASRS-ULTRA 4 mm, mobilno fazo 3,5 mM Na₂CO₃ / 1,0 mM NaHCO₃, 100 µL zanko, pretokom 1,6 µL/min. Predkolona služi za zaščito kolone, medtem ko supresor zmanjša prevodnost ozadja, kar olajša detekcijo.

Katione analiziramo z ionskim kromatografom Shimadzu, s prevodnostnim detektorjem, kolono Shodex IC YK - 421, predkolono Shodex IC YK - G, mobilno fazo 5 mM tatrarna kislina + 1 mM piridinska kislina + 24 mM borna kislina, volumen injiciranega vzorca 100 µL, pretokom 1,0 µL/min.

5.3 Sladkorji in njihovi derivati

Sladkorji in njihovi derivati se določajo v delcih PM₁₀. Določa se 9 sladkorjev oziroma njihovih derivatov, to so ksilitol, levoglukoza, arabitol, manitol, galaktosan, glukoza, galaktoza, fruktoza in saharoza. Najpomembnejši je levoglukoza, ki nastaja kot posledica izgorevanja lesne biomase.

Analizirajo se dnevni vzorci delcev PM₁₀ (na kvarčnem filtru ø 150 mm, visoko volumski merilnik) iz različnih merilnih mest po Sloveniji. Koncentracije sladkorjev podajamo v µg/m³. Analizna metoda ni v obsegu akreditacije.

5.3.1 Inštrumentalna analiza

Sladkorje in njihove derivate določamo z ionskim kromatografom Dionex ICS-3000. Tehnika temelji na sklopitvi med separacijo na visoko selektivni anionsko izmenjevalni koloni in detekciji s pulzno amperometričnim detektorjem. Separacija poteka pri visoki pH vrednosti na koloni Dionex CarboPac MA1 in predkoloni MA1 (4 × 50mm).

Za ločitev je uporabljen sledeči gradient [12]:

- 0-20 min: 48 mmol/L NaOH
- 20-35 min: linearno naraščanje koncentracije med 48 in 65 mmol/L NaOH
- 35-45 min: 65 mmol/L NaOH
- 45-60 min: 48 mmol/L NaOH

Pretok eluenta je 0,4 mL/min, na kolono se injicira 100 µL vzorca.

Pulzno amperometrična detekcija je osnovana na meritvi toka, ki nastane pri oksidaciji sladkorjev na površini zlate elektrode. Ker se produkti oksidacije vežejo na površino, jo je potrebno med posameznimi meritvami regenerirati. To se naredi s pomočjo uporabe dovolj visoke napetosti, ki oksidira površino zlate elektrode, kar povzroči desorbcijo produktov oksidacije. Napetost se nato zniža in elektrodna površina se ponovno reducira do zlata. Pulzno amperometrična detekcija torej obsega ponavljajoče sekvence treh napetosti, ki si sledijo v kratkih časovnih intervalih. Možne so različne oblike sekvenc napetosti. Uporabljena je bila standardna oblika s štirimi potenciali (standard quadruple waveform).



Slika 5.2: Ionski kromatograf Dionex ICS 3000 (foto: Irena Kranjc).

5.4 Elementi v sledovih

Elementi v sledovih se določajo v padavinah (^{53}Cr , ^{58}Ni , ^{63}Cu , ^{66}Zn , ^{75}As , ^{111}Cd in $^{206+207+208}\text{Pb}$) in v delcih PM_{10} (^{27}Al , ^{51}V , ^{53}Cr , ^{55}Mn , ^{57}Fe , ^{58}Ni , ^{59}Co , ^{63}Cu , ^{66}Zn , ^{75}As , ^{82}Se , ^{71}Ga , ^{88}Sr , ^{98}Mo , ^{111}Cd , ^{121}Sb , $^{206+207+208}\text{Pb}$ in ^{205}Tl).

5.4.1 Padavine

Elementi v sledovih se določajo v skladu s standardom *SIST EN ISO 17294-2* in *EMEP* navodili.

Analizirajo se tedenske padavine iz merilne postaje Iskrba. Poleg vzorcev tedenskih padavin se analizirajo tudi slepi vzorci in suhe usedline. Slepi vzorec predstavlja nakisana MQ voda, s katero vzorčevalec spere lijak ob začetku zbiranja vzorca padavine, s čimer se kontrolira čistost vzorčevalnika. Suho usedlino predstavljajo delci, ki se naberejo na lijaku vzorčevalnika in jih vzorčevalec spere v posodo z 1% HNO_3 v MQ vodi po koncu vzorčenja.

Koncentracije elementov v sledovih v padavinah podajamo v $\mu\text{g/L}$ padavine. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji.

5.4.2 Delci PM_{10}

Elementi v sledovih se določajo v skladu s standardom *SIST EN 14902*. Akreditacija je podeljena za določanje As, Ni, Cd in Pb v delcih PM. Ostali elementi v sledovih se določajo po enakem postopku, vendar niso v obsegu akreditacije.

Analizirajo se vzorci delcev PM_{10} (na kvarčnem filtru \varnothing 47 mm, nizko volumski merilnik) iz stalnih merilnih postaj Iskrba, Celje, Maribor in Žerjav ter dnevni vzorci delcev PM_{10} (na kvarčnem filtru \varnothing 150 mm, visoko volumski merilnik) iz različnih merilnih mest po Sloveniji.

Pripravo vzorca za analizo izvedemo s kislinjskim razklopom v mikrovalovni pečici Milestone

Ultrawave. Za razklop uporabljamo 8 mL HNO₃ in 2 mL H₂O₂. Temperaturno kontroliran razklop v mikrovalovni pečici doseže najvišjo temperaturo 220°C in traja 55 minut. Koncentracije elementov v sledovih v delcih PM₁₀ podajamo v ng/m³.

5.4.3 Inštrumentalna analiza

Elemente v sledovih določamo z masnim spektrometrom, z vzbujanjem v induktivno sklopljeni plazmi. Standardne raztopine za umeritveno krivuljo so pripravljene z ustrezno koncentracijo dušikove kisline, in sicer 1 mL HNO₃ na 100 mL za padavine oziroma 16 mL HNO₃ na 100 mL za filtre. Pri kvantizaciji si pomagamo tudi z internimi standardi, ki kompenzirajo trenutne pogoje na inštrumentu. Pri padavinah kot interni standard uporabljamo samo Rh, pri filtrih pa Sc, Ge, Rh in Gd.



Slika 5.3: CP-MS Agilent 7900 (foto: Irena Kranjc).

5.5 PAH

Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH) se določajo v padavinah in v delcih PM₁₀. Določa se sedem PAH, in sicer benzo(a)piren, benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, indeno(123-cd)piren in dibenzo(ah)antracen.

5.5.1 Padavine

PAH-i v padavinah se določajo v skladu s standardom *SIST EN 15980*. Analizna metoda ni v obsegu akreditacije.

Analizirajo se tedenske padavine iz merilne postaje Iskrba. Preden se zamenja steklenica v vzorčevalniku, se lijak spere s 150 mL metanola, da se v vzorec spere tudi suha usedlina, oziroma

delci, ki se tekom tedna naberejo na lijaku vzorčevalnika. Poleg vzorcev tedenskih padavin se analizirajo tudi slepi vzorci. Slepi vzorec predstavlja MQ voda, s katero vzorčevalec spere lijak ob začetku zbiranja vzorca padavine, s čimer se kontrolira čistost vzorčevalnika. Koncentracije PAH v padavinah podajamo v ng v padavini.

5.5.2 Delci PM₁₀

Benzo(a)piren in nekatere ostale policiklične aromatske ogljikovodike določamo na delcih PM₁₀ v zunanem zraku, po ekstrakciji v mikrovalovni peči z organskim topilom in čiščenju ekstrakta na trdni fazi, s plinsko kromatografijo z uporabo masno selektivnega detektorja.

Benzo(a)piren se določa v skladu s standardom *SIST EN 15549* in je akreditiran pri Slovenski akreditaciji. Ostalih šest PAH se določa v skladu s standardom *SIST-TS CEN/TS 16645* in niso v obsegu akreditacije.

Analizirajo se vzorci delcev PM₁₀ (na kvarčnem filtru \varnothing 47 mm, nizko volumnski merilnik) iz stalnih merilnih postaj Iskrba, Maribor in Nova Gorica ter dnevni vzorci delcev PM₁₀ (na kvarčnem filtru \varnothing 150 mm, visoko volumnski merilnik) iz različnih merilnih mest po Sloveniji.

Pripravo vzorca za analizo izvedemo z ekstrakcijo v mikrovalovni pečici Ethos 1, z mešanico topil heksan:acetone (1:1). Temperaturno kontroliran razklop v mikrovalovni pečici doseže najvišjo temperaturo 100°C in traja 45 minut. Ekstrakt nato skoncentriramo v toku dušika na nekaj mL, ter ga čistimo na SPE koloni, ki je polnjena s siliko (Si) kot trdno fazo. PAH eluiramo iz SPE kolone z mešanico topil heksan:diklorometan (2:3), nečistoče pa ostanejo na SPE koloni. Dobljen eluat skoncentriramo na 1 mL, topilo pa zamenjamo v acetone. Koncentracije PAH v delcih PM₁₀ podajamo v ng/m³.

5.5.3 Inštrumentalna analiza

PAH določamo s plinskim kromatografom Agilent Technologies 7890B, ki je sklopljen z masno selektivnim detektorjem 5977A (GC-MS), na ultra inertni koloni DB-5, dolžine 30 m, premera 0,25 mm, z debelino nanosa stacionarne faze 0,25 μ m. Na kolono injiciramo 1 μ L vzorca. Benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten in benzo(k)fluoranten so težko kromatografsko ločljivi, zato jih podajamo kot vsoto. Kot detektor uporabljamo masni spektrometer, ki poleg tega posname tudi masni spekter spojine, katerega se lahko uporabi za identifikacijo spojine. Rezultati so avtomatsko popravljeni za izkoristek posameznega vzorca.



Slika 5.4: Freestyle – sistem za avtomatsko čiščenje ekstrakta na SPE kolonah in koncentriranje v toku dušika (foto: Irena Kranjc).

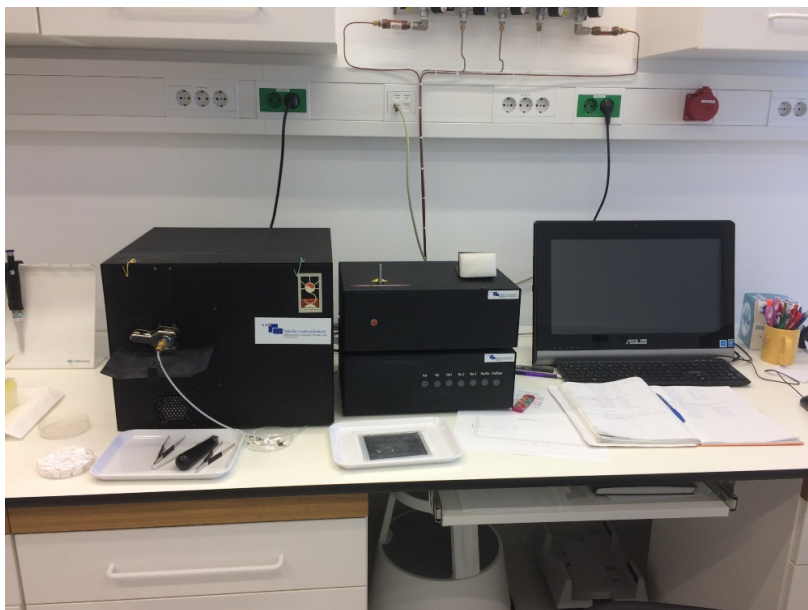
5.6 OC/EC

Organski in elementni ogljik (OC/EC) se določata v delcih PM₁₀ in PM_{2,5}. Analizno metodo izvajamo v skladu s KZZ - Vodilo za merjenje elementarnega ogljika (EC) in organskega ogljika (OC), SIST -TP CEN/TR 16243.

Analizirajo se dnevni vzorci delcev PM_{2,5} (na kvarčnem filtru \varnothing 47 mm, nizko volumski merilnik) iz stalne merilne postaje Iskrba ter dnevni vzorci delcev PM₁₀ (na kvarčnem filtru \varnothing 150 mm, visoko volumski merilnik) iz različnih merilnih mest po Sloveniji. Koncentracijo podajamo v $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Analizna metoda ni v obsegu akreditacije.

5.6.1 Inštrumentalna analiza

OC/EC določamo z OC/EC analizatorjem z optično korekcijo, Sunset Laboratory Inc. Za analizo uporabimo 1,5 cm² kvarčnega filtra \varnothing 47 mm oziroma \varnothing 150 mm. Vzorec vložimo v žarilno peč. Temperatura v njej se dviguje po korakih, v skladu s protokolom EUSAAR 2. Atmosfera je najprej reduktiva (He). Desorbirani organski ogljik iz vzorca potuje v oksidacijsko peč (MnO₂), kjer se ogljik oksidira v CO₂. Nastali CO₂ se meša z vodikom, v metanatorju (Ni katalizator) pa se reducira v CH₄, ki se končno detektira s FID detektorjem. Nato se inštrument preklopi v oksidativno atmosfero (He + 10 % O₂), temperatura v žarilni peči pa se ponovno dviguje po korakih. V tej fazi se iz vzorca desorbira tudi pirolizirani organski ogljik in elementni ogljik. Pretvorbe v CO₂ in CH₄ so enake kot v reduktivni atmosferi, ravno tako detekcija. Na koncu skozi inštrument potuje še kalibracijski plin (He + 5 % CH₄), s katerim umerimo inštrument pri vsaki analizi. Ločitev med organskim in elementnim ogljikom je določena s točko, kjer je prepustnost laserja enaka začetni prepustnosti, ko smo vzorec vstavili v žarilno peč.



Slika 5.5: OC/EC analizator z optično korekcijo, Sunset Laboratory Inc. (foto: Irena Kranjc).

5.7 Električna prevodnost

Električna prevodnost se določa v padavinah, v skladu s standardom *SIST EN 27888*. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji.

Analizirajo se dnevne padavine iz merilnih postaj Ljubljana Bežigrad in Iskrba in tedenske padavine iz merilnih postaj Rateče, Murska Sobota Rakičan in Škocjan.

Električno prevodnost merimo s konduktometrom WTW InoLab 730. Rezultate podajamo v $\mu\text{S}/\text{cm}$ pri 25°C .

5.8 pH

pH se določa v padavinah, v skladu s standardom *SIST ISO 10523*. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji.

Analizirajo se dnevne padavine iz merilnih postaj Ljubljana Bežigrad in Iskrba in tedenske padavine iz merilnih postaj Rateče, Murska Sobota Rakičan in Škocjan.

5.9 Volumen padavin

Volumen padavin določamo gravimetrično, iz razlike v teži plastenke pred in po vzorčenju padavin. Metoda ni v obsegu akreditacije.

6. Delci PM₁₀ in PM_{2,5}

Izraz delci (angl. Particulate Matter – PM) uporabljamo kot splošen pojem, ki obsega suspendirane delce (tekoče in trdne) v plinu. PM_{2,5} se nanaša na fine delce (angl. fine particles), ki imajo aerodinamski premer manjši od 2,5 µm. PM₁₀ se nanaša na delce z aerodinamičnim premerom pod 10 µm. PM₁₀ poleg finih delcev z aerodinamičnim premerom pod 2,5 µm vključujejo tudi grobe delce (angl. coarse particles) z aerodinamičnim premerom med 2,5 in 10 µm.

Glede na izvor lahko delce razdelimo na primarne in sekundarne. Primarne delce sproščajo v ozračje viri izpustov neposredno, sekundarni delci pa nastajajo v ozračju z oksidacijo in pretvorbo primarnih plinastih izpustov. Najbolj pomembni plini, ki prispevajo k tvorbi delcev so SO₂, NO_x, NH₃ in hlapne organske spojine. Imenujemo jih predhodniki delcev. Pri reakcijah med SO₂, NO_x in NH₃ pride do nastanka spojin, ki vsebujejo sulfat, nitrat in amonij in s kondenzacijo tvorijo delce, ki jih imenujemo sekundarni anorganski aerosoli. Pri oksidaciji nekaterih hlapnih organskih spojin nastajajo manj hlapne spojine, ki tvorijo sekundarne organske aerosole. Nastajanje sekundarnih delcev je odvisno od številnih kemijskih in fizikalnih dejavnikov. Med najpomembnejšimi so ravni predhodnikov, reaktivnost ozračja, ki je odvisna predvsem od ravni visoko reaktivnih spojin (ozon in hidroksilni radikali) in meteorološki pogoji (sončno sevanje, relativna vlaga, oblačnost). Sekundarni anorganski in organski aerosoli, elementarni ogljik, dviganje usedlin s tal (resuspenzija) in morski aerosoli predstavljajo približno 70 % mase PM₁₀ in PM_{2,5}. Preostalih 30 % lahko pripišemo vodi.

Delci so lahko naravnega ali antropogenega izvora. Naravni viri so predvsem posledica vnosa morske soli, naravne resuspenzije tal, saharskega prahu in cvetnega prahu. Antropogeni viri obsegajo izpuste povezane z izgorevanjem goriv v termoenergetskih objektih in industriji, ogrevanjem stanovanjskih in drugih stavb ter prometom. V naseljih predstavljajo pomemben vir delcev predvsem izpusti iz prometa in individualnih kurišč ter resuspenzija s cestišč. Značilnost teh virov so nizke višine izpustov, ki so navadno nižje od 20 m, zato ti viri občutno prispevajo k ravnem onesnaženosti zunanega zraka pri tleh.

Epidemiološke študije kažejo, da imajo z vidika onesnaženosti zraka najbolj negativen vpliv na zdravje prav delci. Celo ravni pod sedanjimi zakonodajnimi mejnimi vrednostmi predstavljajo zdravstveno tveganje. Poročila Svetovne zdravstvene organizacije kažejo na to, da ne obstaja meja, pod katero ni pričakovati vpliva na zdravje. Do vpliva na zdravje prihaja zaradi vdihavanja delcev in posledičnega vdora v pljuča in krvni sistem, kar povzroča okvare respiratornega, kardiovaskularnega, imunskega in živčnega sistema. Manjši kot so delci, bolj globoko lahko prodrejo v pljuča. Do vnetja ali poškodb tkiva prihaja tako zaradi kemijskih kot fizikalnih interakcij med delci in tkivom. Poleg negativnega vpliva na zdravje, vpliva onesnaženost z delci tudi na podnebje in ekosisteme.

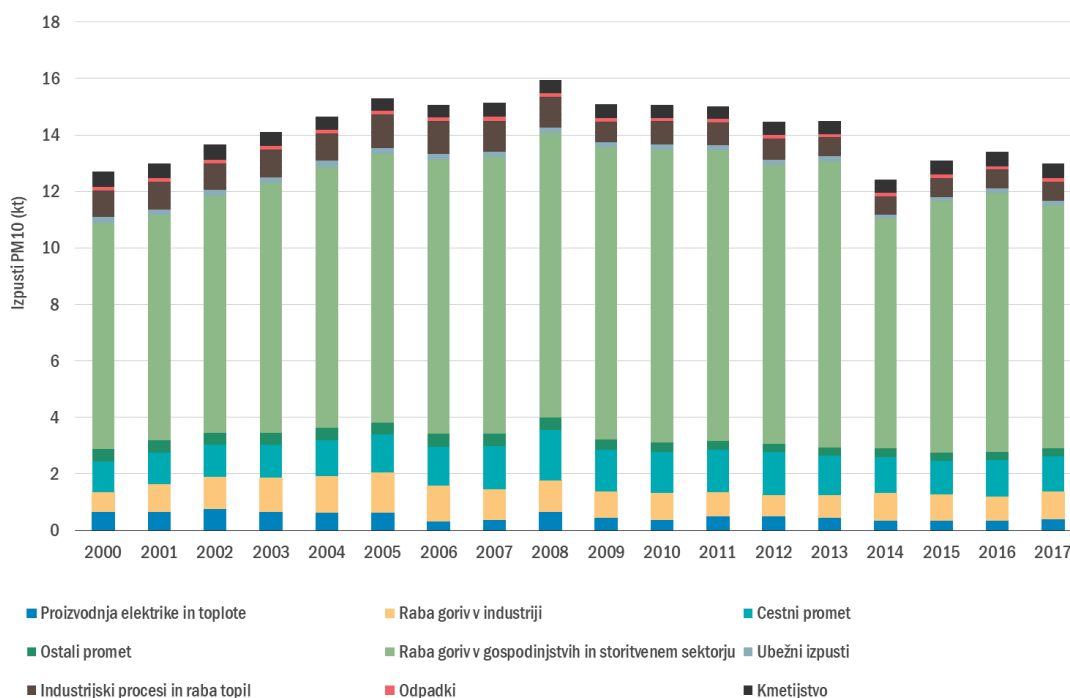
Delci v ozračju zmanjšajo vidnost, povzročajo škodo na objektih, vplivajo na padavinski režim in spreminjajo odbojnost zemeljske površine za svetlobo.

Povišane ravni delcev PM_{10} se tipično pojavljajo v zimskih mesecih, ko se v primeru anticiklonalnih razmer s šibkimi vetrovi v prizemnih plasteh pogosto pojavi temperaturni obrat. V teh plasteh imamo šibko vertikalno mešanje zraka, kar povzroči, da se onesnaževala dlje časa zadržujejo v bližini tal. Obenem so v zimskih mesecih tudi najbolj aktivna mala kurišča, ki imajo največji prispevek k izpustom delcev PM_{10} .

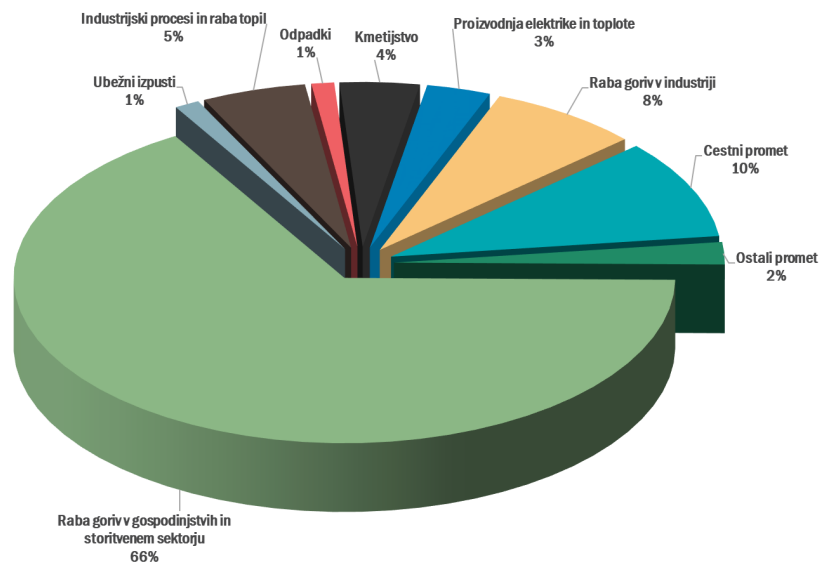
6.1 Izpusti primarnih delcev in predhodnikov

Letni izpusti primarnih delcev PM_{10} so v Sloveniji leta 2017 znašali 13 tisoč ton (slika 6.1), letni izpusti primarnih delcev manjših od $2,5 \mu m$ ($PM_{2,5}$) pa 11 tisoč ton (slika 6.3). V obdobju 2000-2017 so se izpusti delcev PM_{10} povečali za 2 %. Izpusti delcev $PM_{2,5}$ so se v enakem obdobju povečali za 6 %.

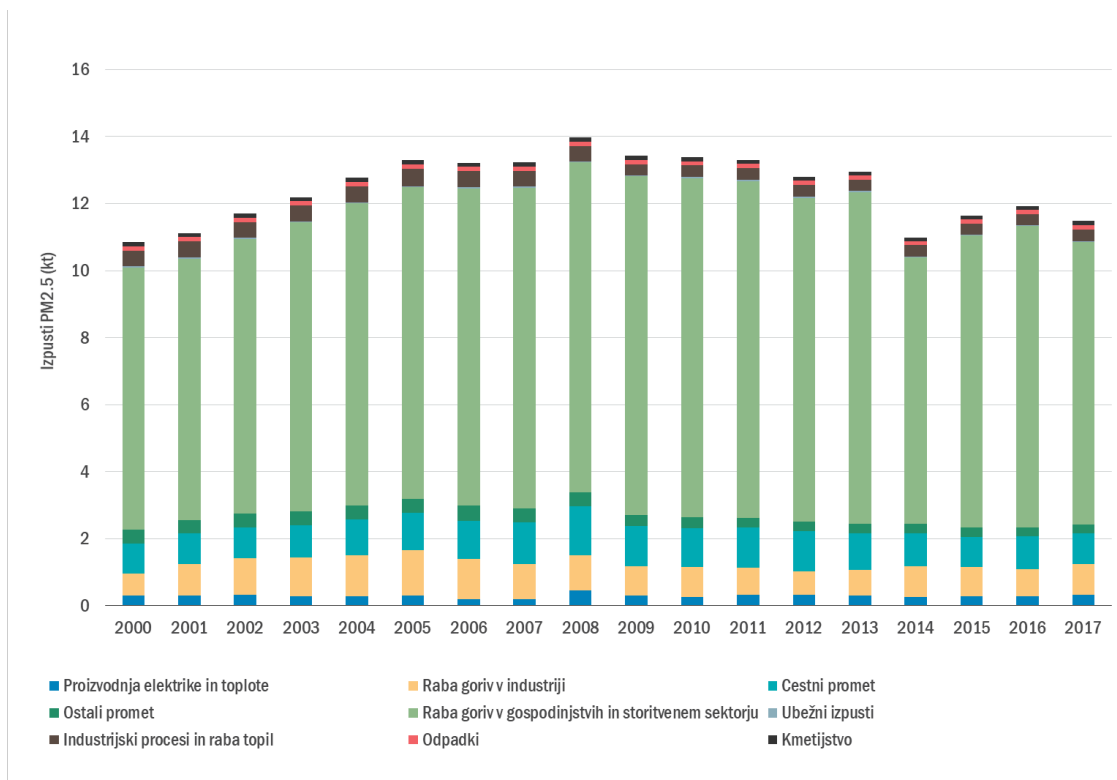
Glavni antropogeni vir primarnih delcev je zgorevanje goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju, predvsem zaradi uporabe lesa v zastarelih kurilnih napravah. Mala kurišča so k skupnim izpustom PM_{10} na nivoju države v letu 2017 prispevala 66 % (slika 6.2), k skupnim izpustom $PM_{2,5}$ pa kar 73 % (slika 6.4). K izpustom delcev znatno prispeva tudi cestni promet. Izpusti PM_{10} iz cestnega prometa so leta 2017 predstavljali 10 % skupnih državnih izpustov, delež k izpustom $PM_{2,5}$ pa je bil 8 %. Delce v cestnem prometu nastajajo tudi pri obrabi cest, gum in zavor. Slika 6.5 prikazuje prevladujočo vlogo kurilnih naprav na les v skupnih izpustih malih kurilnih naprav.



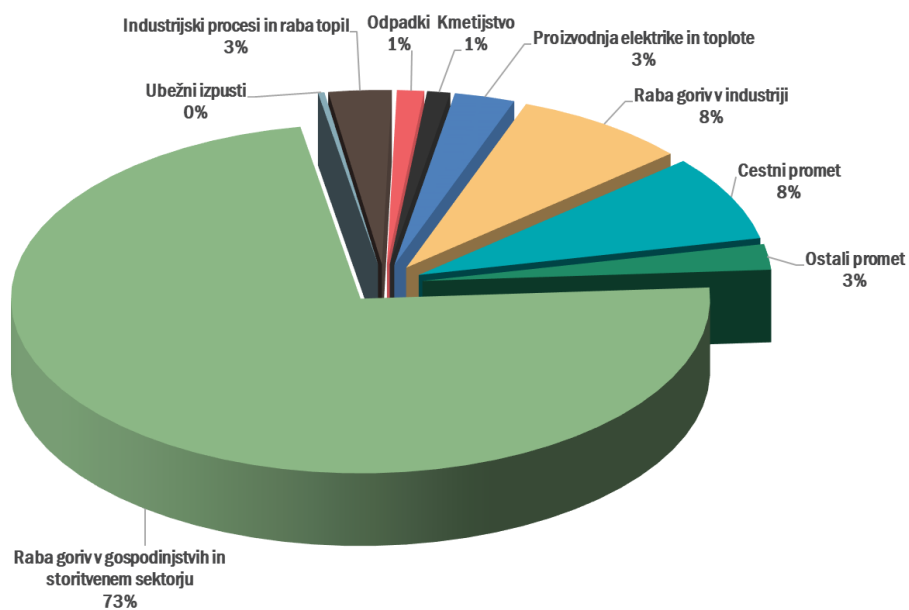
Slika 6.1: Letni izpusti delcev PM_{10} po sektorjih v Sloveniji.



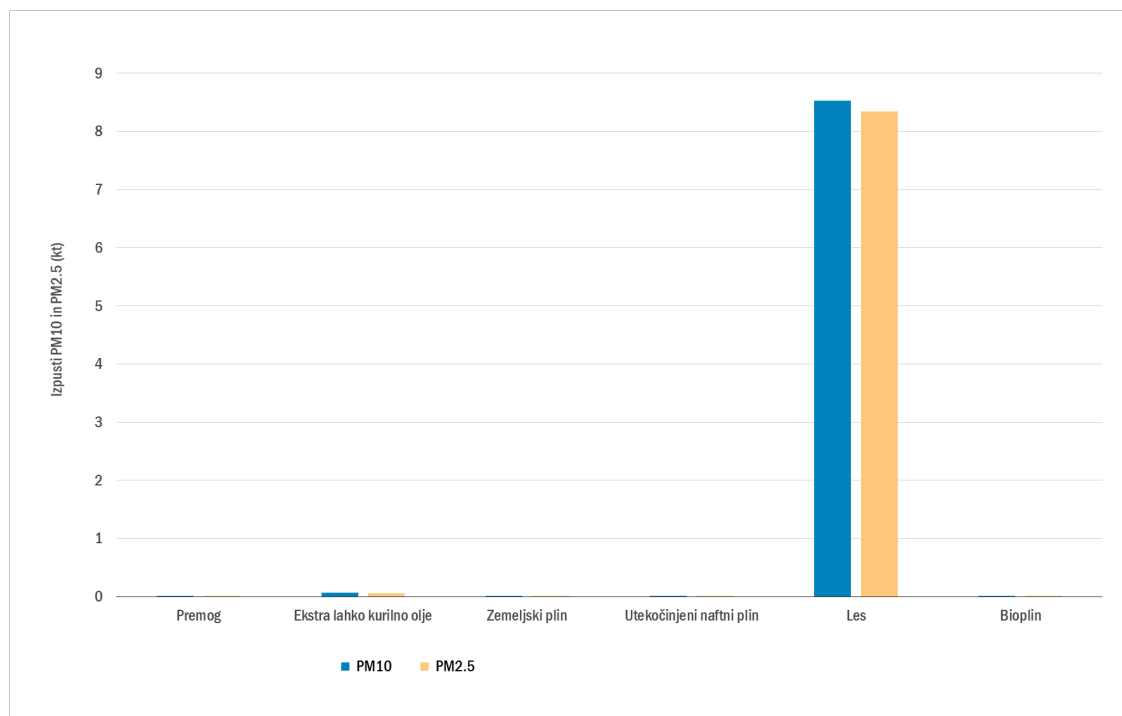
Slika 6.2: Izpusti delcev PM₁₀ po sektorjih v Sloveniji v letu 2017.



Slika 6.3: Letni izpusti delcev PM_{2,5} po sektorjih v Sloveniji.



Slika 6.4: Izpusti delcev $PM_{2,5}$ po sektorjih v Sloveniji v letu 2017.



Slika 6.5: Izpusti delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ iz malih kurišč glede na vrsto uporabljenega goriva v letu 2017.

6.2 Zahteve za kakovost zraka

Mejne vrednosti za delce so predpisane v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [6]. Prikazane so v tabeli 6.1. Za delce PM₁₀ sta predpisani dnevna in letna mejna vrednost. Dnevna mejna vrednost, ki znaša 50 µg/m³, ne sme biti presežena več kot 35-krat v koledarskem letu. Letna mejna vrednost za delce PM₁₀ je 40 µg/m³, za delce PM_{2,5} pa 25 µg/m³ (tabela 6.2).

Tabela 6.1: Mejne in ciljne vrednosti za PM₁₀ in PM_{2,5} ter WHO smernice.

	Čas merjenja	Vrednost	Komentar	WHO
PM ₁₀ , mejna vrednost	1 dan	50 µg/m ³	Največ 35 preseganj v koledarskem letu.	50 µg/m ³
PM ₁₀ , mejna vrednost	Koledarsko leto	40 µg/m ³	Datum, do katerega je bilo treba doseči mejno vrednost, je 1.1.2005.	20 µg/m ³
PM _{2,5}	1 dan			25 µg/m ³
PM _{2,5} , mejna vrednost	Koledarsko leto	25 µg/m ³	Datum, do katerega je bilo treba doseči mejno vrednost, je 1.1.2015.	10 µg/m ³
PM _{2,5} , mejna vrednost	Koledarsko leto	20 µg/m ³	Datum, do katerega je treba doseči mejno vrednost, je 1.1.2020.	
PM _{2,5} , obveznost glede stopnje izpostavljenosti	Triletno povprečje	20 µg/m ³	Datum, do katerega je bilo treba doseči mejno vrednost, je 1.1.2015.	
PM _{2,5} , ciljno zmanjšanje izpostavljenosti	0-20 % zmanjšanje izpostavljenosti (odvisno od indeksa povprečne onesnaženosti v referenčnem letu)			

Tabela 6.2: Mejna vrednost z vključenim sprejemljivim preseganjem za delce PM_{2,5} (µg/m³). Po letu 2015 je sprejemljivo preseganje 0 µg/m³ oziroma mejna vrednost 25 µg/m³.

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
30	29	29	28	27	26	26	25	25	25	25

Kazalnik povprečne izpostavljenosti za PM_{2,5}, izražen v µg/m³ (v nadaljnjem besedilu KPI), temelji na meritvah na mestih v neizpostavljenem mestnem okolju. Mesta v neizpostavljenem mestnem okolju so merilna mesta na lokacijah, na katerih so ravni reprezentativne za izpostavljenost mestnega prebivalstva in nanje praviloma ne vpliva samo en vir onesnaževanja. KPI je potrebno oceniti kot drseče povprečje srednjih vrednosti letnih ravni v treh zaporednih koledarskih letih na relevantnih vzorčevalnih mestih. KPI za leto 2018 je triletno drseče povprečje vrednosti ravni na vseh teh vzorčevalnih mestih za leta 2016, 2017 in 2018. Predpisana stopnja izpostavljenosti znaša od leta 2015 dalje 20 µg/m³. KPI uporabljamo za preverjanje doseganja ciljnega zmanjšanja izpostavljenosti na nacionalni ravni.

6.3 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih ravni delcev PM₁₀ v letu 2018 je prikazan v tabelah 6.3, 6.4 in 6.5 ter na slikah 6.6 in 6.8. V letu 2018 so za PM₁₀ na voljo tudi podatki iz novega prometnega merilnega mesta Murska Sobota Cankarjeva. Onesnaženost zraka z delci PM₁₀ je bila v letu 2018 v povprečju nižja kot leto poprej (sliki 6.9 in 6.10). Ravni delcev so močno odvisne od vremenskih razmer, ki so bile v letu 2018 zelo ugodne. Odsotnost dolgotrajnih temperaturnih obratov v zimskem obdobju je omogočila boljše razredčevanje izpustov. Kljub temu je vsota prekoračitev v letu 2018 na šestih merilnih mestih (Zagorje (55), Ljubljana Center (51), Murska Sobota Cankarjeva (46), Celje

Mariborska (45), CE Gaji (43) in Trbovlje (37)) preseгла število 35, ki je dovoljeno za celo leto. V letu 2017 je bilo takih merilnih mest deset. Do večine vseh preseganj je prišlo v zimskih mesecih (tabela 6.5). V zimskih mesecih imajo na povišane ravni delcev znaten vpliv izpusti zaradi izgorevanja biomase v individualnih kuriščih. Kurjenje drv v zastarelih pečeh in kotlih tako predstavlja največji delež pri izpustih delcev. Dodatno so za hladno obdobje leta značilni tudi neugodni meteorološki pogoji, ko se ob temperaturnih obratih onesnažen zrak zadržuje v kotlinah in dolinah.

V Zagorju in Trbovljah so v bližini merilnega mesta potekala obsežna gradbena dela, ki so povzročila raznašanje prahu in predvsem septembra in oktobra povišane ravni delcev. 20 preseganj mejne dnevne vrednosti v Zagorju in 10 v Trbovljah je v oktobru večinoma posledica prašenja zaradi teh gradbenih del. Letna mejna vrednost za delce PM_{10} ni bila presežena na nobenem merilnem mestu.

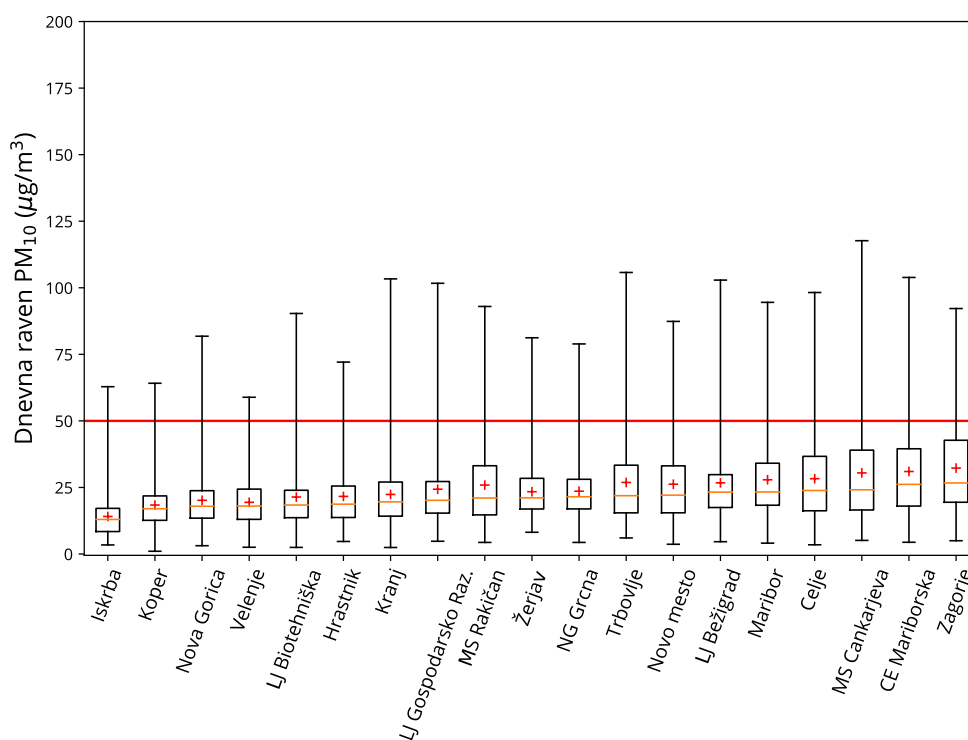
Povprečni dnevni hodi ravni PM_{10} v zimskem obdobju za merilna mesta Ljubljana Bežigrad, Zagorje, Maribor in Koper so prikazani na sliki 6.7. Na vseh lokacijah sta opazna jutranji in večerni maksimum. Bolj izrazit je večerni maksimum, ko se prometni konici pridružijo še izpusti zaradi ogrevanja, hkrati pa se v večernem času začne tvoriti temperaturni obrat, ki močno omejuje redčenje onesnaženega zraka v višje plasti ozračja.

V tabelah 6.6 in 6.7 ter na slikah 6.9 in 6.10 so prikazani trendi onesnaženosti v obdobju med 2002 in 2018, ki kažejo, da so zadnja leta izmerjene zelo podobne ravni delcev PM_{10} . Medletna nihanja ravni PM_{10} so predvsem posledica različnih meteoroloških razmer v posameznem letu. Kljub temu je v obdobju od leta 2005 naprej, predvsem na urbanih lokacijah, opazen trend zmanjševanja ravni delcev. Ocenjujemo, da je to predvsem posledica zmanjševanja izpustov industrije. Na kmetijsko podeželskih merilnih mestih ni opaznega večjega trenda v zmanjševanju. V prikazu za ruralno okolje (sliki 6.9 in 6.10) izstopa lokacija Žerjav, ki zaradi bližnje industrije ni tipična ruralna lokacija. V Žerjavu je opazno veliko znižanje ravni delcev in preseganj mejne dnevne vrednosti v letu 2014. Razlog je v prestavitvi vzorčevalnika sredi leta 2013 izven neposrednega vpliva dimnika bližnje hiše.

Za delce $PM_{2,5}$ je predpisana mejna letna vrednost, ki v letu 2018 ni bila presežena na nobenem od štirih merilnih mest, kjer izvajamo meritve. V letu 2018 smo naredili nekaj sprememb v državni merilni mreži za spremljanje zraka na področju meritev delcev $PM_{2,5}$. Na postaji Maribor Center smo te meritve ukinili, ker po zakonodaji ni zahteve za meritve delcev $PM_{2,5}$ na prometni postaji. V Mariboru meritve $PM_{2,5}$ ostajajo na Urbanskem platoju. V Ljubljani smo meritve $PM_{2,5}$ predstavili iz merilnega mesta Biotehniška na Bežigrad. Na novo pa smo pričeli z meritvami delcev $PM_{2,5}$ v Novi Gorici, ki se nahaja v Primorski coni, kjer do sedaj teh meritev ni bilo. Ravni delcev $PM_{2,5}$ tako od leta 2018 spremljamo na štirih merilnih mestih – Maribor Urbanski plato, Ljubljana Bežigrad, Nova Gorica in Iskrba. Pregled izmerjenih vrednosti za delce $PM_{2,5}$ v letu 2018 je prikazan v tabeli 6.8 ter na slikah 6.11 in 6.12. Letni trendi ravni delcev $PM_{2,5}$, ki so prikazani v tabeli 6.9 in na sliki 6.13, kažejo, da nivoji onesnaženosti ostajajo na približno istem nivoju.

Glede na smernice WHO ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) je povprečna letna raven delcev $PM_{2,5}$ presežena na vseh merilnih mestih. V tabeli 6.8 je v stolpcu z oznako WHO izračunano število dni s preseženo dnevno ravno $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ki po smernicah WHO naj ne bi bila presežena. Na merilnem mestu Ljubljana Bežigrad je takih dni v letu 2018 66, v Mariboru Urbanski plato 70, v Novi Gorici 37 in na Iskrbi 13.

Kazalnik povprečne izpostavljenosti za $PM_{2,5}$ je znašal leta 2018 za merilna mesta v neizpostavljenem mestnem okolju v Ljubljani $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ljubljana Biotehniška fakulteta/Ljubljana Bežigrad) in v Mariboru $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Maribor Vrbanški plato). Obveznost glede stopnje izpostavljenosti znaša za leto 2018 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in je bila v letu 2018 presežena v Ljubljani. V Ljubljani smo meritve delcev $PM_{2,5}$ v letu 2018 prestavili iz merilnega mesta Biotehniška fakulteta na merilno mesto Bežigrad. Obe merilni mesti sta tipa neizpostavljeno mestno ozadje, zato smo kazalnik povprečne izpostavljenosti za leto 2018 izračunali kot triletno povprečje iz obeh merilnih mest (letno povprečje iz let 2016 in 2017 smo vzeli iz merilnega mesta Biotehniška fakulteta in letno povprečje za leto 2018 iz merilnega mesta Bežigrad). Izračuni kazalnika povprečne izpostavljenosti so prikazani v tabeli 6.10.



Slika 6.6: Porazdelitev dnevni vrednosti PM_{10} na merilnih mestih DMKZ v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. S + označujemo povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje dnevno mejno vrednost.

Tabela 6.3: Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečne letne (C_p), maksimalne dnevne (max) ravni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in število preseganj mejne vrednosti (>MV) za delce PM_{10} na stalnih merilnih mestih v Sloveniji v letu 2018. Število preseganj, ki je večje od dopustnega, je označeno s krepko pisavo.

Merilno mesto	Leto		Dan	
	%pod	C_p	max	>MV
DMKZ				
LJ Bežigrad	99	27	103	28
Maribor	98	28	95	30
Celje	97	28	98	35
MS Rakičan	92	26	93	34
Nova Gorica	100	20	82	6
Trbovlje	98	27	106	37
Zagorje	100	32	92	55
Hrastnik	99	22	72	11
Koper	97	18	64	4
Iskrba	86	14	63	2
Zerjav	92	23	81	5
LJ Biotehniška	100	21	90	16
Kranj	90	22	103	13
Novo mesto	89	26	87	31
Velenje	95	19	59	2
LJ Gospodarsko	92	24	102	20
NG Grčna	89	24	79	5
MS Cankarjeva	90	30	118	46
CE Mariborska	99	31	104	45
Dopolnilna merilna mreža				
EIS Šoštanj				
Pesje	97	19	67	3
Škale	97	17	69	3
Šoštanj	100	21	69	4
OMS-MOL				
LJ Center	99	35	133	51
Občina Medvode				
Medvode	75	20	70	7
MO Celje				
CE Gaji	99	29	102	43
MO Maribor				
MB Vrbanski	100	21	85	12
Občina Miklavž na Dravskem polju				
Miklavž	98	28	101	35
MO Ptuj				
Ptuj	96	25	99	25
Občina Ruše				
Ruše	99	22	114	15
Salonit Anhovo				
Morsko	96	15	72	3
Gorenje polje	100	17	92	3

Tabela 6.4: Povprečna mesečna raven PM₁₀ (µg/m³) v letu 2018.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	28	35	32	21	22	19	19	22	20	33	24	48
Maribor	33	39	39	23	22	19	18	18	18	30	33	42
Celje	33	42	39	23	20	16	16	19	19	35	33	50
MS Rakičan	32	37	36	20	17	15	16	17	16	33	34	48
Nova Gorica	33	20	24	20	17	14	14	16	15	22	18	30
Trbovlje	29	34	34	22	17	14	14	18	20	42	42	40
Zagorje	32	38	37	23	20	17	19	28	37	54	32	50
Hrastnik	21	27	29	19	17	14	14	18	16	27	23	34
Koper	24	16	21	19	17	14	15	17	17	21	16	23
Iskrba	9	15	17	15	15	13	15	13	21	14	10	10
Žerjav	27	27	32	23	20	15	16	18	18	25	24	31
LJ Biotehniška	21	27	28	18	16	15	15	17	16	26	19	38
Kranj	24	40	37	21	15	13	14	17	16	16	25	33
Novo mesto	30	36	37	19	24	15	14	17	16	31	26	43
Velenje	20	26	25	18	16	13	14	18	16	24	21	26
LJ Gospodarsko	28	31	31	20	18	14	15	18	19	29	21	49
NG Grčna	34	25	26	24	20	17	16	18	19	25	21	31
CE Mariborska	35	45	44	25	21	18	17	21	21	35	34	57
MB Vrbanski	21	28	29	18	19	17	16	18	12	24	25	29
MS Cankarjeva	40	44	44	25	19	14	15	17	18	33	34	56
Pesje	15	20	24	19	18	16	16	20	17	23	18	16
Škale	14	20	23	18	16	14	15	18	15	22	17	17
Šoštanj	21	27	29	18	17	16	17	19	17	27	23	27
Morsko	23	15	21	17	15	12	13	12	9	18	12	17
Gorenje Polje	26	16	22	18	16	14	14	12	11	21	13	19
LJ Center	37	41	42	38	29	25	25	28	25	41	31	62
CE Gaji	35	37	39	21	19	14	13	19	28	33	29	59
Miklavž	30	42	36	20	20	18	19	20	17	32	31	54
Ptuj	22	35	33	20	19	17	18	19	15	30	29	38
Medvode	/	/	28*	22	19	18	19	21	6	19	20	36
Ruše	25	31	32	18	17	14	15	16	11	22	30	33

* Informativni podatek, ker meritve niso potekale cel mesec.

Tabela 6.5: Število preseganj dnevne mejne vrednosti PM₁₀ po mesecih v letu 2018.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	1	5	5	0	0	0	0	0	0	4	0	13
Maribor	4	6	7	0	0	0	0	0	0	1	4	8
Celje	3	8	7	0	0	0	0	0	0	2	4	11
MS Rakičan	5	7	7	0	0	0	0	0	0	3	5	7
Nova Gorica	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Trbovlje	2	4	5	0	0	0	0	0	0	10	9	7
Zagorje	3	5	6	0	0	0	0	0	4	20	3	14
Hrastnik	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Koper	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Iskrba	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Žerjav	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
LJ Biotehniška	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Kranj	0	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Novo mesto	2	8	7	0	0	0	0	0	0	3	0	11
Velenje	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
LJ Gospodarsko	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	12
NG Grčna	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
CE Mariborska	2	9	12	0	0	0	0	0	0	2	4	16
MS Cankarjeva	7	9	9	0	0	0	0	0	0	3	1	17
MB Vrbanski	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Pesje	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Škale	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Šoštanj	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Morsko	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gorenje Polje	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LJ Center	4	7	8	4	0	0	0	0	0	12	1	15
CE Gaji	6	7	8	0	0	0	0	0	0	2	0	20
Miklavž	1	6	7	0	0	0	0	0	0	3	4	14
Ptuj	0	5	7	0	0	0	0	0	0	2	2	9
Medvode	/	/	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Ruše	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0	2	4

Tabela 6.6: Povprečne letne ravni PM₁₀ (µg/m³). Vrednosti, ki presegajo letno mejno vrednost, so napisane s krepko pisavo.

Merilno mesto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
LJ Bežigrad	42	46	41	37	33	32	30	29	30	32	26	24	23	28	24	25	27	
LJ Biotehniška	/	/	/	/	/	/	/	/	26	27	30	27	26	22	27	25	21	
LJ Center	/	/	/	/	/	/	44	48	42	44	45	41	38	40	40	33	35	
LJ Gospodarsko	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	29	24
Maribor	50	58	48	43	43	40	34	30	33	34	30	30	27	28	27	28	28	
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	32	30	26	25	22	26	23	26	22	
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	31	32	28	27	23	28	26	27	26	
Celje	46	53	41	43	35	32	30	31	32	35	31	29	28	32	32	30	28	
CE Mariborska	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	33	31
Trbovlje	47	52	40	55	40	37	38	33	34	35	32	30	27	29	26	29	27	
Zagorje	47	51	44	52	46	41	44	36	36	37	32	29	28	32	29	29	32	
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	/	27	30	24	23	21	24	22	23	22
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	22	21	20	22	19	21	19	
MS Rakičan	40	43	32	37	34	30	30	29	30	33	29	28	25	29	26	29	26	
MS Cankarjeva	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	30	
Nova Gorica	39	37	35	34	32	33	31	28	29	27	24	22	21	24	21	23	20	
NG Grčna	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25	24
Koper	/	/	/	/	31	29	25	23	25	27	24	20	19	23	19	20	18	
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	26	34	29	26	21	25	23	21	23	
Iskrba	/	/	/	16	16	15	16	16	14	17	15	13	11	13	11	12	14	
Morsko	/	/	/	/	/	23	22	20	19	21	20	16	15	18	16	18	15	
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	24	26	23	20	23	21	18	17	20	17	19	17	
MB Vrbanski	/	/	/	/	/	/	/	/	26	24	20	19	21	20	20	21	21	
Vnajarje	/	/	/	/	26	22	/	23	20	26	23	24	18	16	17	21	/	
Pesje	/	31	25	27	28	21	20	22	22	22	20	23	23	24	23	24	19	
Škale	/	27	23	23	26	24	22	24	23	23	22	17	17	17	16	17	17	
CE Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	29	35	27	25	29	
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	13	16	19	20	21	
Miklavž	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	27	29	28	
Ptuj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	25	
Ruše	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21	22	
MB Tabor	40	42	38	43	47	40	35	30	31	/	/	/	/	/	/	/	/	
Prapretno	/	/	30	28	34	33	29	31	29	34	28	22	19	21	18	/	/	
Medvode	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	20	
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15	14	12	13*	/	/	/	
Dobovec	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	11	11	12*	/	/	/	

Tabela 6.7: Letno število preseganj dnevne mejne vrednosti PM₁₀. Število preseganj, ki je večje od dopustnega, je napisano s krepko pisavo.

Merilno mesto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
LJ Bežigrad	36	64	71	70	47	46	36	30	43	63	27	22	19	43	36	30	28
LJ Biotehniška	/	/	/	/	/	/	/	25	32	51	21	24	12	35	40	32	16
LJ Center	/	/	/	/	/	/	101	112	74	94	107	74	55	85	66	51	51
LJ Gospodarsko	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	39	20
Maribor	66	129	102	101	108	91	54	35	47	64	34	36	25	34	43	35	30
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	37	55	27	28	12	17	27	28	13
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	60	69	45	49	22	40	41	33	31
Celje	58	100	62	97	59	48	37	42	58	73	55	51	41	70	53	49	35
CE Mariborska	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	57	45
Trbovlje	52	88	48	157	86	81	72	48	64	68	65	50	33	50	38	39	37
Zagorje	48	79	82	143	106	99	109	56	68	75	62	48	38	70	51	46	55
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	30	51	17	15	10	22	25	19	11
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	8	15	9	10	19	2
MS Rakičan	33	58	19	65	54	37	42	30	52	71	44	38	33	47	42	44	34
MS Cankarjeva	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	46
Nova Gorica	24	18	33	37	47	40	33	24	25	28	19	12	19	24	15	24	6
NG Grčna	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21	5
Koper	/	/	/	/	40	19	11	2	15	21	23	10	16	28	11	18	4
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	29	79	44	37	3	6	19	9	5
Iskrba	/	/	/	5	5	0	0	5	5	3	1	0	0	0	0	3	2
Morsko	/	/	/	/	/	18	16	14	5	13	10	3	8	7	6	6	3
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	16	24	16	13	18	11	5	11	10	3	7	3
MB Vrbanski	/	/	/	/	/	/	/	/	25	8	7	10	3	21	21	12	12
Vnajnarje	/	/	/	/	20	10	/	7	2	12	8	3	0	1	2	8	/
Pesje	/	17	11	23	24	14	9	12	10	16	2	6	12	9	8	20	3
Škale	/	4	8	15	19	11	12	13	12	20	9	0	5	0	1	9	3
CE Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	35	41	76	45	39	43
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0	3	14	4
Miklavž	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	45	39	35
Ptuj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	38	25
Ruše	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	17	15
MB Tabor	38	42	51	111	132	94	52	24	38	/	/	/	/	/	/	/	/
Prapretno	/	/	19	15	33	36	25	20	29	49	25	3	2	0	1	/	/
Medvode	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0	/	/	/
Dobovec	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0	/	/	/

Tabela 6.8: Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečne letne ravni (C_p) in najvišje dnevne ravni (C_{max}) PM_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ter število dni s povprečno dnevno vrednostjo nad 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO), na merilnih mestih v letu 2018.

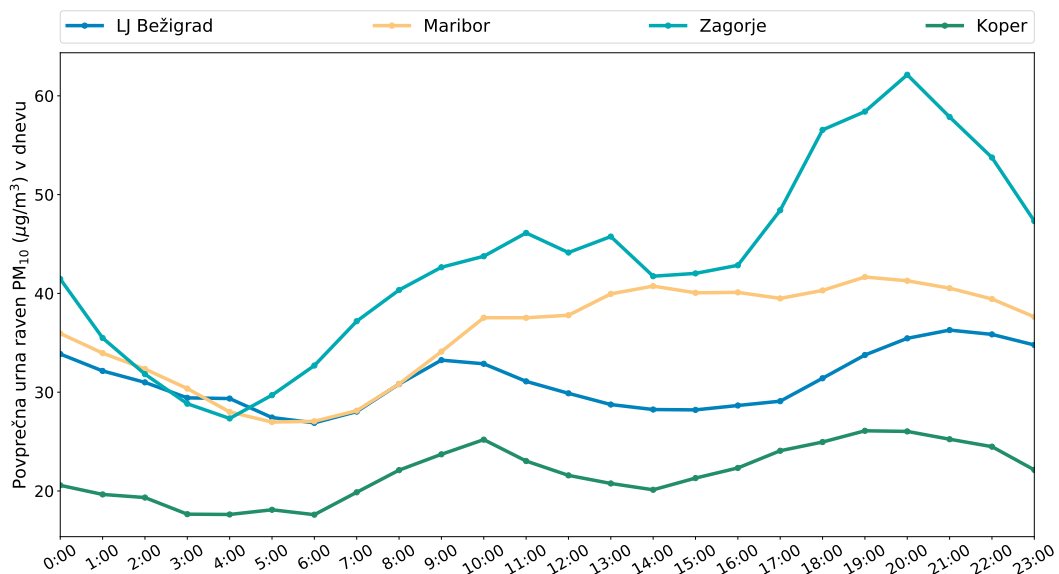
	% pod	C_p	C_{max}	WHO
MB Vrbanski	100	17	85	70
LJ Bežigrad	98	19	93	66
Nova Gorica	87	14	64	37
Iskrba	87	11	65	13

Tabela 6.9: Povprečna letna raven delcev PM_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na izbranih merilnih mestih po letih.

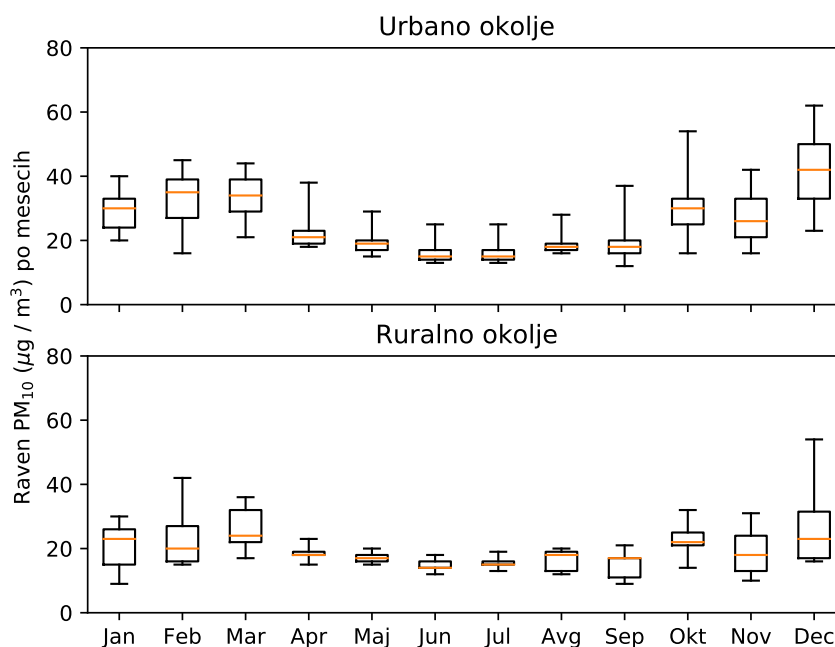
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Maribor	/	/	22	24	26	21	22	19	21	21	20	/
MB Vrbanski	/	/	20	22	23	18	20	17	19	19	18	17
LJ Biotehniška	/	/	18	22	25	21	20	18	23	23	20	/
LJ Bežigrad	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	19
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	14
Iskrba	10	11	12	12	14	13	11	9	10	9	10	11

Tabela 6.10: Triletna povprečna raven delcev PM_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na merilnih mestih neizpostavljenega mestnega ozadja.

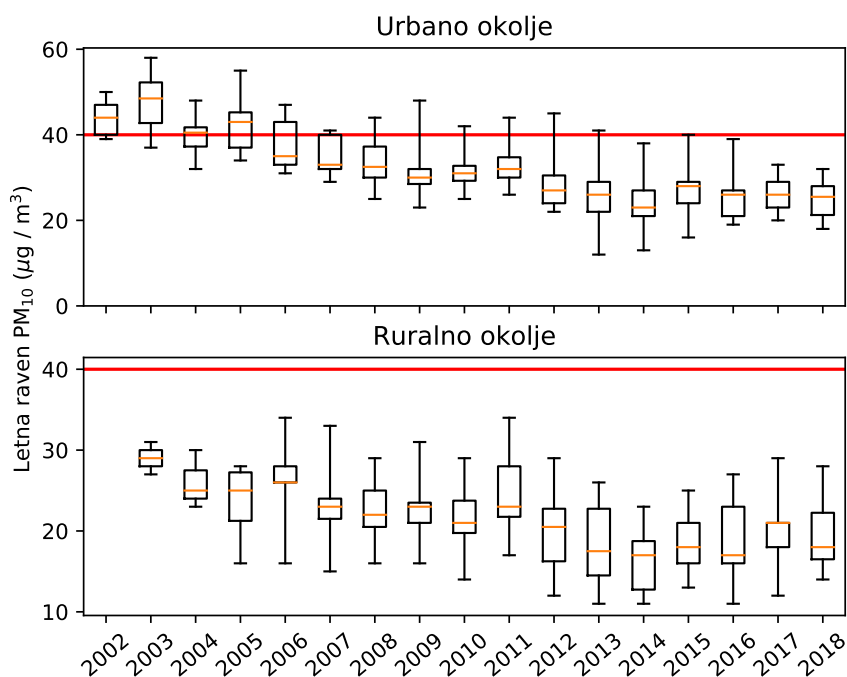
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
LJ Biotehniška/LJ Bežigrad	22	23	22	20	20	21	22	21
MB Vrbanski	22	21	20	18	19	18	19	18



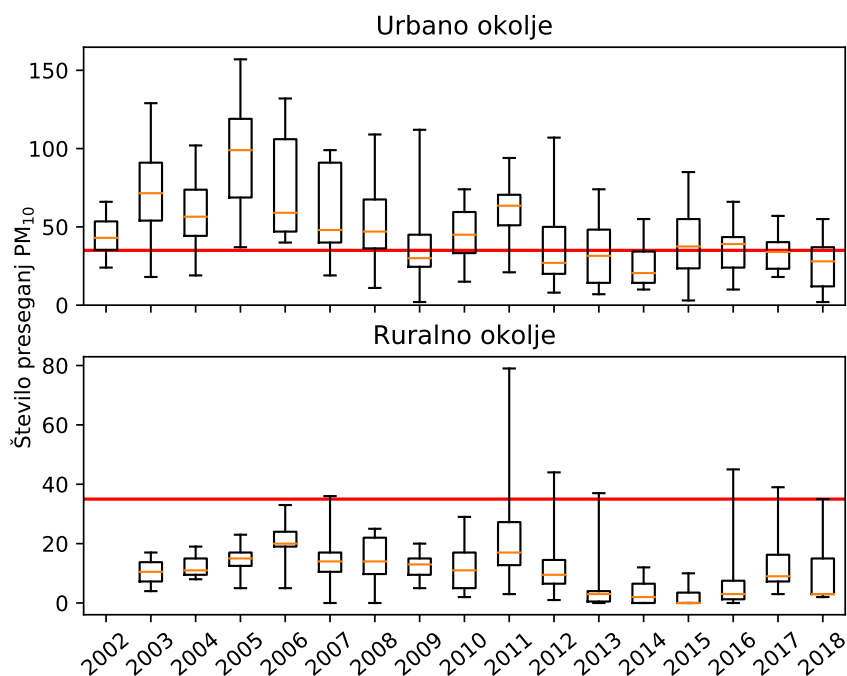
Slika 6.7: Dnevni potek povprečne urne ravni PM₁₀ na izbranih merilnih mestih v hladni polovici leta 2018 (januar do marec in oktober do december).



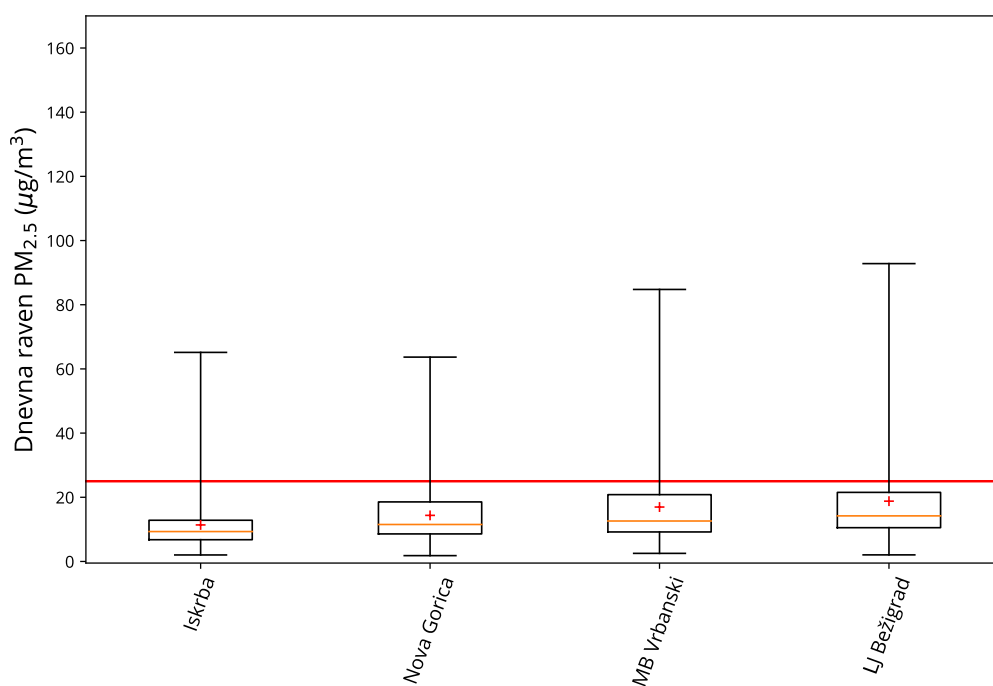
Slika 6.8: Porazdelitev povprečnih mesečnih ravni PM₁₀ na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2018. Prikazano je najnižje in najvišje mesečno povprečje na merilnih mestih, oba kvartila in mediana.



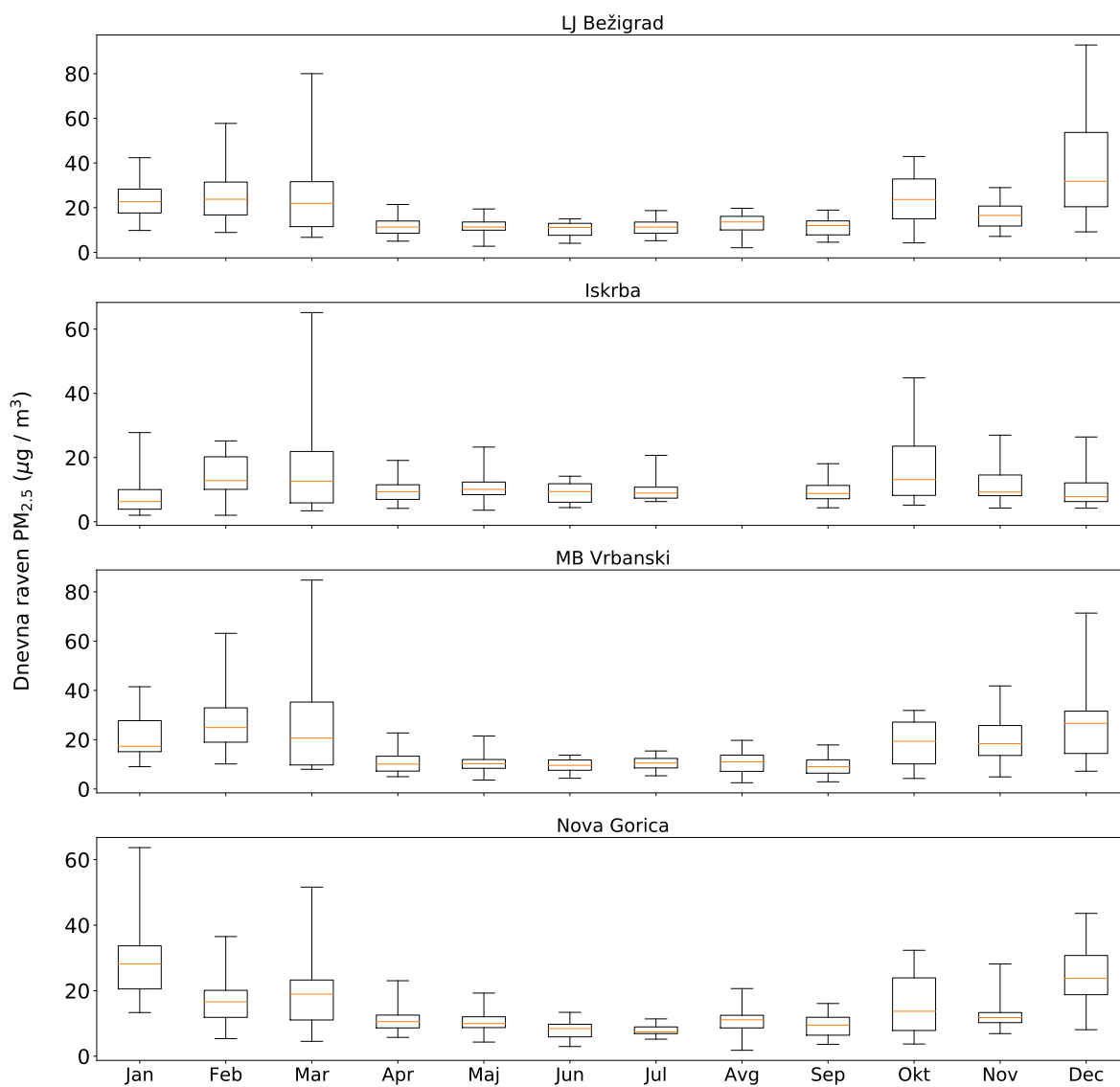
Slika 6.9: Porazdelitev povprečnih letnih ravni PM₁₀ na merilnih mestih urbanega in ruralnega okolja. Prikazano je najnižje in najvišje letno povprečje na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.



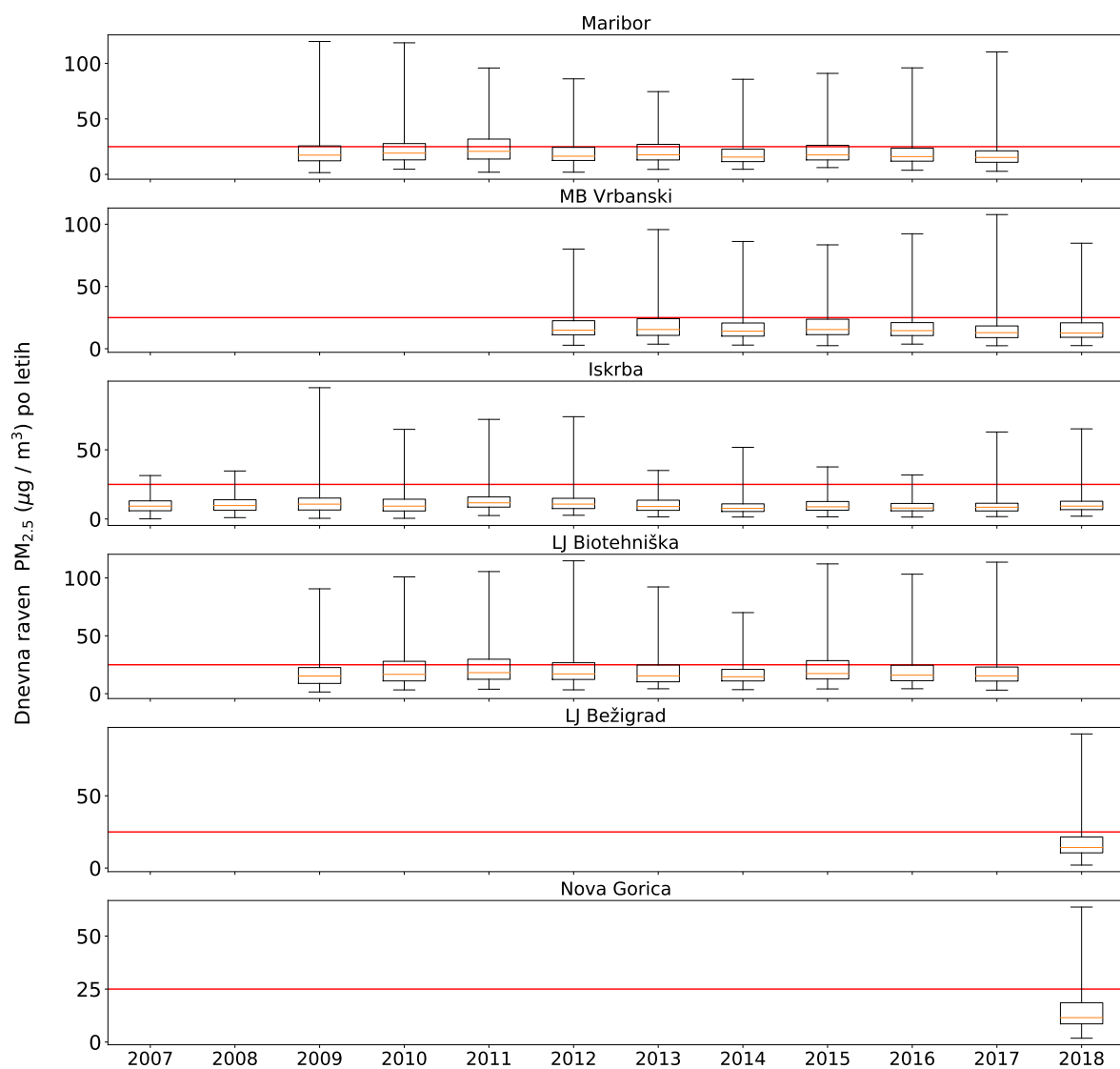
Slika 6.10: Porazdelitev števila preseganj PM₁₀ po letih. Prikazano je najnižje in najvišje število preseganj na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje dovoljeno letno število preseganj dnevne mejne vrednosti.



Slika 6.11: Porazdelitev dnevni vrednosti $PM_{2,5}$ na merilnih mestih v letu 2018. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana. S + je označena povprečna letna raven, ki jo lahko primerjamo z letno mejno vrednostjo. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.



Slika 6.12: Porazdelitev dnevni vrednosti PM_{2,5} na izbranih merilnih mestih po mesecih v letu 2018. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana.



Slika 6.13: Porazdelitev dnevnih vrednosti PM_{2,5} na izbranih merilnih mestih po letih. Letna mejna vrednost začne veljati januarja 2016. Med leti 2008 in 2016 se sprejemljivo preseganje mejne vrednosti zmanjšuje, kot je podano v tabeli 6.2. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana. S + je označena povprečna letna raven. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.

6.4 Epizode čezmerne onesnaženosti

V letu 2018 je bila onesnaženost z delci PM₁₀ v povprečju nižja kot leta 2017. Od desetih merilnih mest na katerih je bilo preseženo dovoljeno število preseganj mejne dnevne vrednosti 50 µg/m³ v letu 2017, jih je bilo v letu 2018 le pet: Ljubljana Center, Celje Gaji, Zagorje, Trbovlje in Celje Mariborska. Smo pa v letu 2018 na novo začeli izvajati meritve PM₁₀ na novem prometnem merilnem mestu v Murski Soboti na Cankarjevi cesti, kjer je bilo dovoljeno število preseganj mejne dnevne vrednosti prav tako preseženo.

Do večine preseganj pride v zimskem obdobju leta, ko prevladujejo neugodni meteorološki pogoji. Izraziti temperaturni obrati povzročijo čezmerno onesnaženost zraka že pri manjši gostoti izpustov. Sledi podrobna analiza meteoroloških razmer v zimskem obdobju povišanih ravni delcev PM₁₀ leta 2018.

V januarju so bile povišane ravni delcev PM₁₀ izmerjene v zadnji dekadi meseca, ko je po celi Sloveniji prevladovalo suho in stabilno vreme. 26. januarja so se močno povišale ravni delcev na Goriškem (Nova Gorica 82 µg/m³, Gorenje Polje 92 µg/m³ in Morsko 72 µg/m³). V tem času so bile zelo povišane ravni delcev tudi v Padski nižini v sosednji Italiji. Najbolj izrazit temperaturni obrat je bil zabeležen 29. januarja, ko so se ravni delcev skoraj na vseh merilnih mestih po Sloveniji povišale. Temperaturni obrat je takrat segal do nadmorske višine okoli 1100 metrov. Razlika v temperaturi pri tleh in na nadmorski višini 1100 metrov je bila okoli 11°C.

V februarju je bilo precej spremenljivo vreme in le za krajši čas, za nekaj dni, se je vreme ustalilo. V obdobjih stabilnega vremena so se ravni delcev PM₁₀ in PM_{2,5} povišale. Najvišje ravni delcev so bile v celinski Sloveniji izmerjene 16. februarja, ko je nastal izrazit temperaturni obrat. Takrat je bila tudi izmerjena najvišja dnevna raven PM₁₀ 94 µg/m³ na merilnem mestu Ljubljana Center. Naslednji dan se je ozračje premešalo in ravni delcev so se povsod močno znižale.

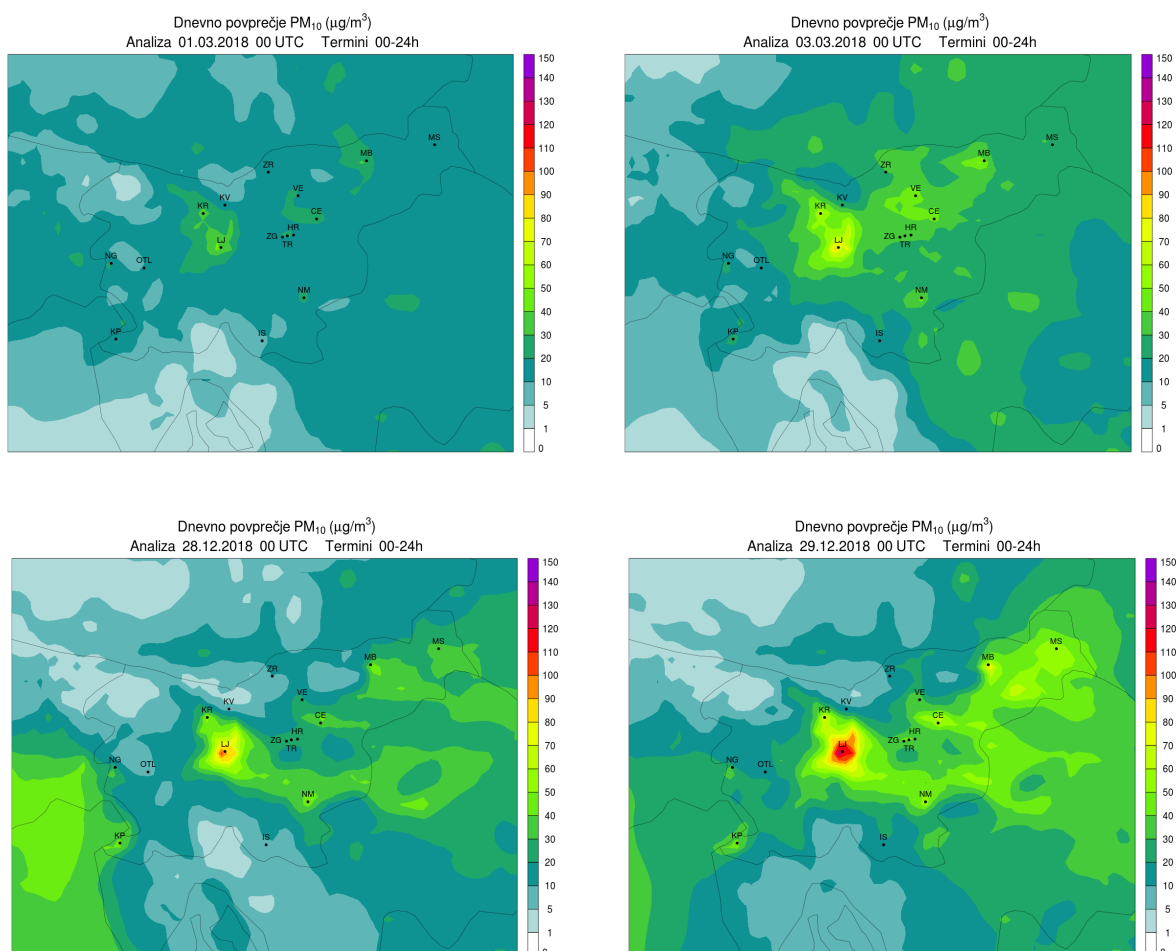
Naslednje obdobje povišanih ravni delcev je trajalo od 28. februarja do 4. marca. V tem obdobju ni bilo temperaturnega obrata, je pa bilo zelo hladno in se je močno povečala potreba po ogrevanju. Temperature so se povsod po Sloveniji spustile globoko pod dolgoletno povprečje. Najnižje jutranje temperature so bile okoli -20°C in tudi najvišje dnevne temperature so v glavnem ostale pod lediščem. Najbolj mrzel dan je bil 1. marec, ko je bila izmerjena najvišja dnevna vrednost PM₁₀ 118 µg/m³ (Murska Sobota Cankarjeva). Izračuni ravni delcev PM₁₀ na širšem območju Slovenije, narejeni z modelskim sistemom ALADIN-SI/CAMx, so za izbrana dneva te epizode prikazani na sliki 6.14.

V sredini meseca oktobra je bil v celinski Sloveniji več dni prisoten temperaturni obrat, ki je povzročil nabiranje izpustov in tako so bile ravni delcev na več merilnih mestih višje od mejne dnevne vrednosti. Preseganje mejne vrednosti smo 18. oktobra zabeležili celo na neobremenjenem merilnem mestu Iskrba. Dnevna raven PM₁₀ je tam ta dan znašala 54 µg/m³. Model NMMB/BSC-Dust za ta dan ni napovedal prehoda saharskega prahu nad Slovenijo, ki bi bil lahko razlog za povišane vrednosti delcev na tem merilnem mestu. Povišane ravni delcev PM₁₀ so bile takrat izmerjene tudi v Novem mestu (62 µg/m³) in na bližnjih merilnih mestih v sosednji Hrvaški. Razlog povišanih vrednosti delcev v tem delu države je izrazitejši temperaturni obrat, kar kažejo tudi radiosondažne meritve v Zagrebu. V bližini merilnih mest v Zagorju in Trbovljah so potekala gradbena dela, zaradi katerih so bile ravni delcev na teh dveh merilnih mestih več dni v oktobru

močno povišane. V tem mesecu je bilo 20 preseganj mejne dnevne vrednosti izmerjenih v Zagorju in 10 v Trbovljah.

Ravni delcev PM_{10} so tudi v novembru večkrat presegle mejno dnevno vrednost $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Največ, devetkrat, v Trbovljah, zaradi gradbenih del v bližini. Najvišja dnevna raven PM_{10} na tem merilnem mestu je bila izmerjena 29. novembra, in je znašala $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 5. novembra je bila zaradi temperaturnega obrata presežena mejna dnevna raven delcev PM_{10} na vseh merilnih mestih v vzhodni Sloveniji. 6. novembra so bile v zahodni in osrednji Sloveniji padavine, na vzhodu padavin ni bilo, zato so tam še naprej vztrajale povišane ravni delcev. 7. in 8. novembra je bil temperaturni obrat še vedno prisoten v Mariboru in Murski Soboti, kjer so bile zato ravni delcev višje, kot drugod po Sloveniji. V Mariboru so se 9. novembra ravni delcev znižale, ker je zapihal veter, v Murski Soboti pa so se ravni znižale šele 10. novembra. Do preseganja mejne dnevne vrednosti je prišlo tudi 18. novembra v Murski Soboti Rakičan. Razlog je neznan lokalni vpliv, ki je trajal dve uri v poznem popoldanskem času.

V decembru so bile štiri epizode povišanih ravni delcev v celinski Sloveniji. Izrazitejši temperaturni obrat v prvih dveh dneh decembra je nastal zaradi advekcije toplega zraka v višinah iz zahoda. Najvišja raven delcev PM_{10} je bila v tem obdobju izmerjena 3. decembra na prometnem merilnem mestu Murska Sobota Cankarjeva ($97 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Od 10. do 13. decembra so bile povišane ravni delcev le v Celju, Zagorju in Trbovljah. Drugje je bilo ozračje bolj prevetreno. V celinski Sloveniji so bile povišane ravni delcev tudi med 17. in 20. decembrom, ko je prevladovalo umirjeno ozračje s pogostimi temperaturnimi obrati. Niz dni s povišanimi ravnimi delcev je prekinil prehod fronte. Najvišje ravni delcev so bile v decembru izmerjene v obdobju od 25. do 30. decembra, ko so na posameznih merilnih mestih dnevne vrednosti presegle $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Razlog je bila povečana potreba po ogrevanju in izrazit temperaturni obrat. Radiosondažne meritve kažejo, da je bila 28. decembra v Ljubljani pri tleh temperatura -3°C , 500 metrov nad tlemi pa kar $+7^\circ\text{C}$. Za ta in naslednji dan so na sliki 6.14 prikazane ravni delcev PM_{10} , izračunane z modelskim sistemom ALADIN-SI/CAMx.



Slika 6.14: Dnevne ravni delcev PM_{10} izračunane z modelskim sistemom ALADIN-SI/CAMx za izbrane dni v $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

6.5 Kemijska in elementna sestava delcev

V Evropi povprečno približno eno tretjino mase delcev PM_{10} in polovico mase delcev $PM_{2,5}$ v zraku predstavlja vsota anorganskih ionov amonija, nitrata in sulfata (sekundarni anorganski aerosoli). Te spojine so posledica kemijskih reakcij v ozračju, ki vključujejo plinske predhodnike NH_3 , NO_x in SO_x . Druga glavna komponenta delcev so organske snovi, ki predstavljajo približno 30 % mase $PM_{2,5}$ in 20 % mase PM_{10} . V delcih $PM_{2,5}$ smo na merilnem mestu Iskrba spremljali vsebnost ionov (klorida, nitrata, sulfata, amonija, kalija, natrija, kalcija in magnezija) ter elementarnega in organskega ogljika. Rezultati so prikazani v tabeli 6.11.

Tabela 6.11: Sestava delcev $PM_{2,5}$ na merilnem mestu Iskrba v letu 2018.

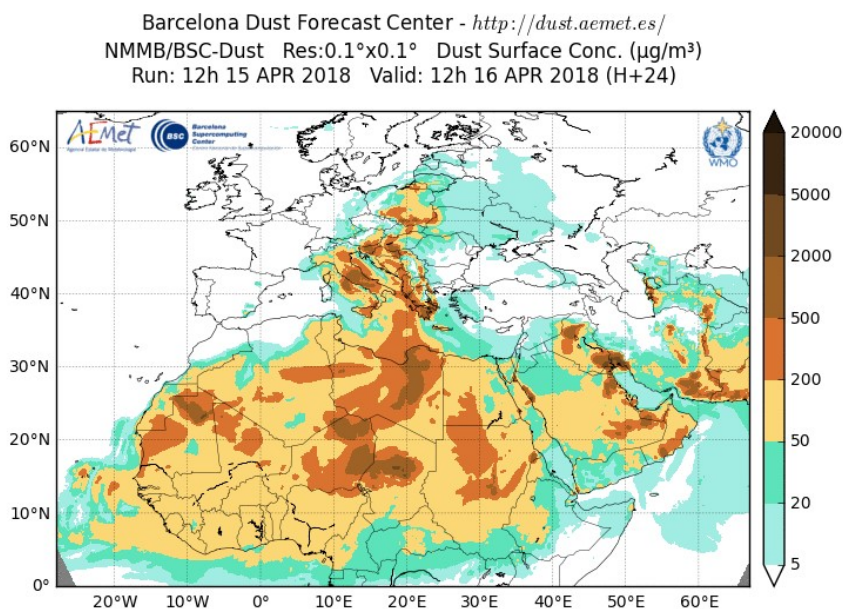
		oktober–marec	april–september
Iskrba	$\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3,8	2,9
	Organski ogljik ($\mu\text{gC}/\text{m}^3$)	3,7	2,4
	Elementarni ogljik ($\mu\text{gC}/\text{m}^3$)	0,27	0,14

6.6 Preseganja mejnih vrednosti zaradi naravnih virov

Uredba o kakovosti zunanjega zraka [6] določa, da lahko za namen ugotavljanja skladnosti z mejnimi vrednostmi, dnevne ravni delcev PM_{10} v zunanjem zraku zmanjšamo za ustrezno razliko, če se ugotovi, da je povišanje ravni delcev PM_{10} v zunanjem zraku povzročil naravni vir. Med naravne vire se šteje: vulkanski prah, saharski prah, gozdne požare ali aerosole iz morja.

Navodilo Evropske komisije *Guidance on the quantification of the contribution of natural sources under the EU Air Quality Directive 2008/50/EC* pravi, da je v primeru ugotovitve prisotnosti saharskega prahu, potrebno na merilnem mestu, ki je tipa regionalno ozadje, določiti prispevek saharskega prahu. Ta prispevek se nato na postaji, kjer je bila izmerjena presežena mejna dnevna vrednost $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, odšteje od izmerjene ravni PM_{10} . V Sloveniji je edino merilno mesto, kjer spremljamo ozadje Iskrba.

V letu 2018 je bilo z modelom NMMB/BSC-Dust sredi aprila viden prehod saharskega prahu nad Slovenijo (slika 6.15). V tem obdobju so bila preseganja mejne dnevne vrednosti za PM_{10} izmerjena le 16. aprila v zahodni Sloveniji (Koper $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, v Novi Gorici $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ter v Novi Gorici Grčna $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$). V celinski Sloveniji so bile ta dan ravni delcev PM_{10} povišane, a do preseganj ni prišlo na nobenem merilnem mestu. 16. aprila je bila na Iskrbi izmerjena za $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ višja vrednost PM_{10} kot 15 dni pred in po tem datumu, kar pripišemo prispevku saharskega prahu. Po odštetju tega prispevka ravnem izmerjenim 16. aprila v Kopru, Novi Gorici in Novi Gorici Grčna, na teh merilnih mestih mejna dnevna vrednost ni več presežena (tabela 6.12). Pribitek saharskega prahu smo upoštevali le na merilnih mestih v DMKZ.



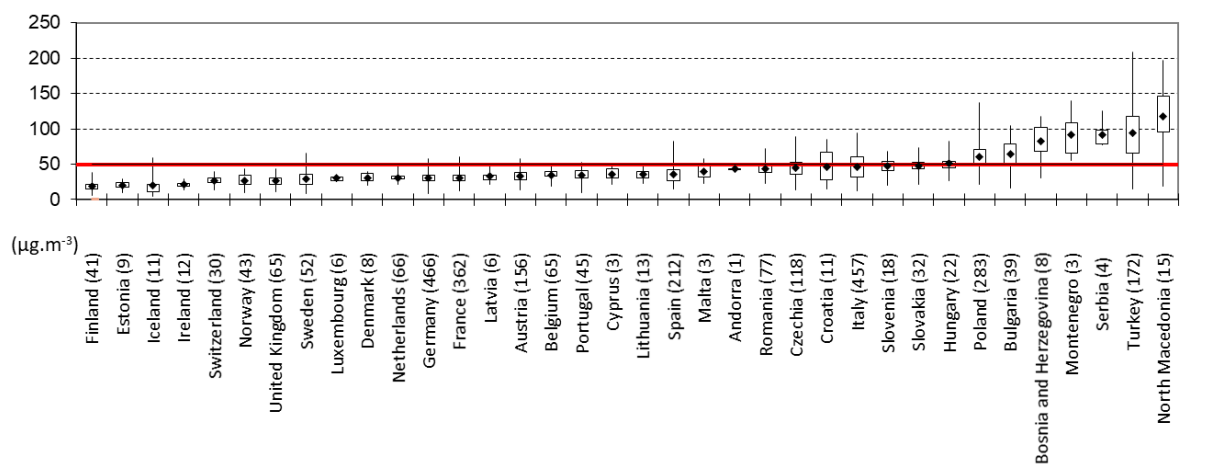
Slika 6.15: Modelski izračun ravni saharskega prahu nad Evropo za dan 16. 4. 2018.

Tabela 6.12: Število preseganj mejne dnevne vrednosti PM₁₀ v letu 2018 pred in po upoštevanju deleža saharskega prahu na postajah DMKZ.

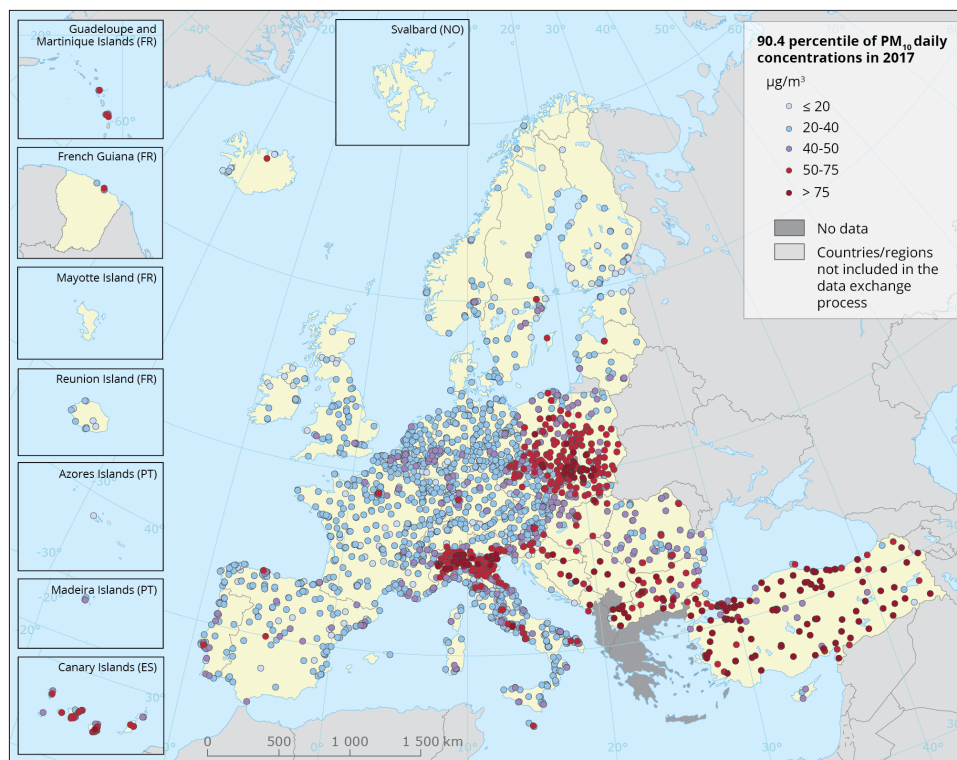
Merilno mesto	Število preseganj mejne dnevne vrednosti	
	pred upoštevanjem saharskega prahu	po upoštevanju saharskega prahu
Koper	4	3
Nova Gorica	6	5
Nova Gorica Grčna	5	4

6.7 Ravni onesnaženosti v EU

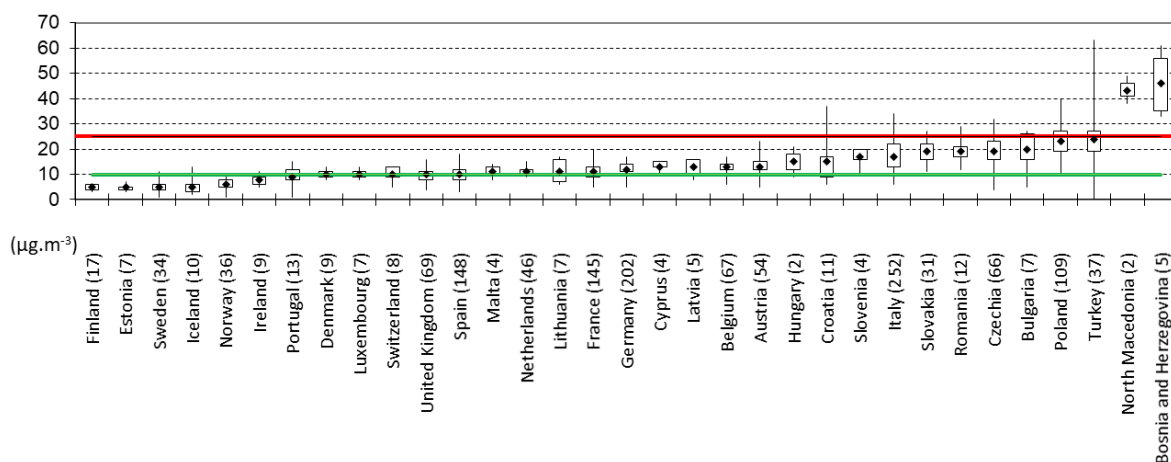
V EU je čezmerna raven delcev v zraku eden izmed najbolj izpostavljenih okoljskih problemov. V letu 2017, za katerega so na razpolago zadnji rezultati primerjalnih obdelav Evropske okoljske agencije, le v sedmih državah na nobenem merilnem mestu niso zabeležili večjega števila preseganj dnevne mejne vrednosti, kot je to dopustno. Slovenija sodi med države z višjo ravno onesnaženosti z delci PM₁₀. Z vidika doseganja skladnosti z dnevnimi mejnimi vrednostmi delcev PM₁₀ je Slovenija med državami Evropske unije v letu 2017 deseta najbolj onesnažena (slika 6.16). Najboljša kakovost zraka je glede na skladnost z dnevnimi mejnimi vrednostmi za delce PM₁₀ v dobro prevetrenih in redkeje naseljenih severnih državah - na Islandiji, Finskem, v Estoniji in na Irskem (slika 6.17), čeprav so v nekaterih od teh držav specifični izpusti na prebivalca med višjimi. Tudi z vidika ravni onesnaženosti z delci PM_{2,5} je Slovenija med državami z višjo ravno onesnaženosti (slike 6.18, 6.19 in 6.20). Primerjalno visoke ravni onesnaženosti z delci v Sloveniji so predvsem posledica visoke gostote izpustov zaradi ogrevanja ter neugodnih pogojev za razredčevanje izpustov v ozračju, ki so zlasti v zimskem času značilni za celinski del Slovenije.



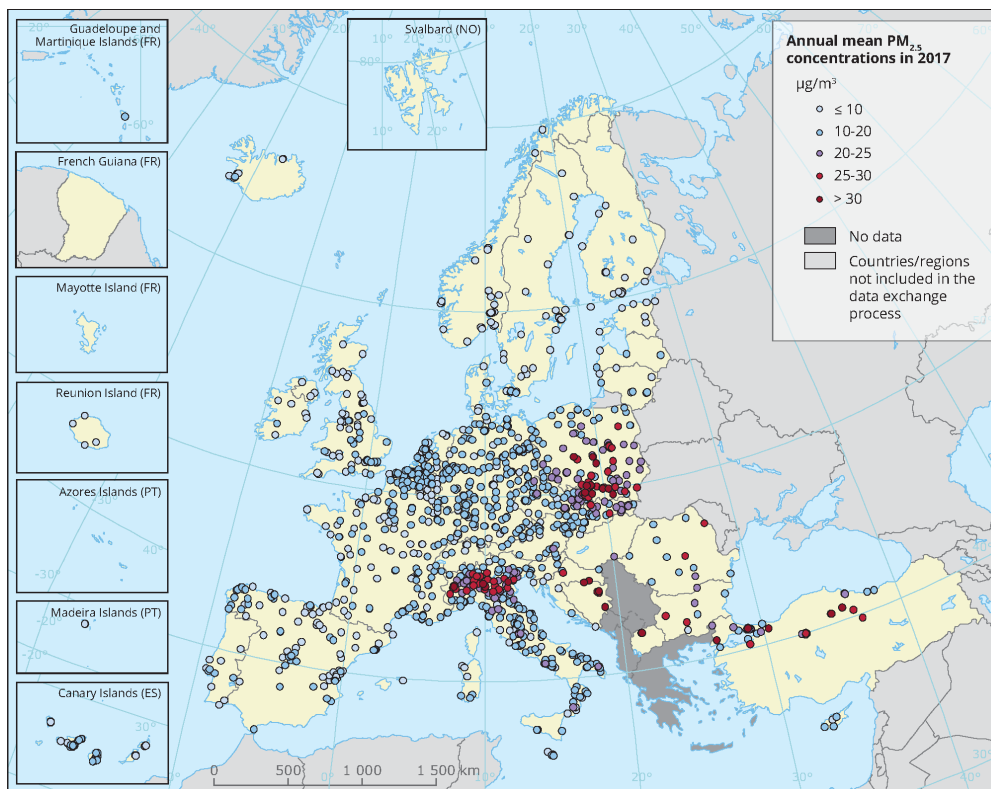
Slika 6.16: Primerjava ravni onesnaženosti zraka z delci PM₁₀ v Evropski Uniji v letu 2017 s 36. najvišjo dnevno vrednostjo izmerjeno na posameznem merilnem mestu držav EU v primerjavi z mejno vrednostjo 50 µg/m³ (rdeča črta). Če je ta večja od 50 µg/m³, pomeni, da je bilo na merilnem mestu več kot 35 prekoračitev dnevne mejne vrednosti za delce PM₁₀. Prikazana je najnižja in najvišja vrednost (36. najvišja vrednost za merilno mesto), oba kvartila in povprečna 36. najvišja vrednost za merilna mesta v posamezni državi.



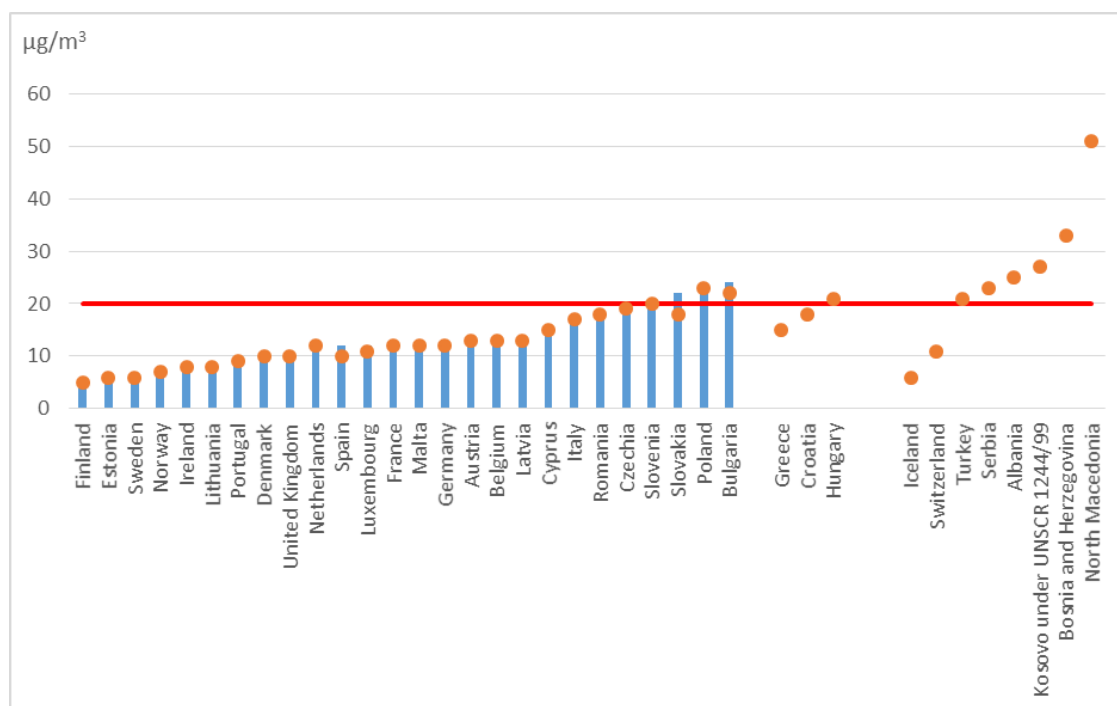
Slika 6.17: Prikaz 90,4 percentila (36. najvišja vrednost) dnevni ravni PM_{10} v Evropski uniji v letu 2017 [1]. Z barvo je prikazan razred, v katerega sodi merilno mesto glede število preseganj mejne dnevne vrednosti.



Slika 6.18: Primerjava ravni onesaženosti zraka z delci $PM_{2,5}$ v Evropski Uniji v letu 2017 [1]. Graf prikazuje 90.41 percentil dnevni vrednosti $PM_{2,5}$, ki sovpada s 36. najvišjo vrednostjo izmerjeno na posameznem merilnem mestu držav EU v primerjavi z mejno vrednostjo $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rdeča črta). Prikazane so najnižja in najvišja vrednost (36. najvišja vrednost za merilno mesto), oba kvartila in povprečna 36. najvišja vrednost za posamezno državo.



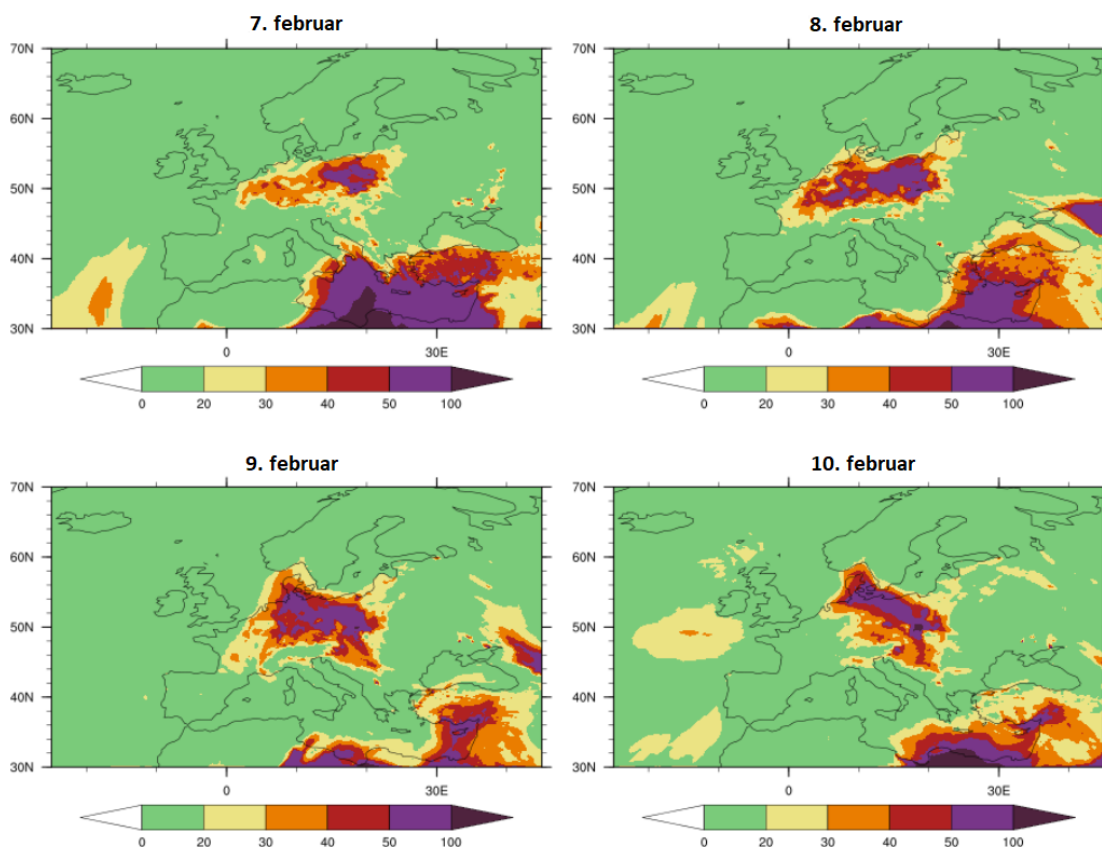
Slika 6.19: Onesnaženost Evropske unije z delci $PM_{2,5}$ [1]. S pikami so označena poročana merilna mesta v EU, z barvo pa razred v katerega se uvrščajo glede na povprečno letno raven $PM_{2,5}$.



Slika 6.20: Stolpci prikazujejo kazalnik povprečne izpostavljenosti (KPI) za delce $PM_{2,5}$, izračunanega v letu 2017 (povprečja 2015–2017), za izbrane države v Evropski Uniji (za določene države se KPI ni izračunal). Pike prikazujejo triletno povprečje (2015–2017) ravni delcev $PM_{2,5}$ vseh mestnih in predmestnih merilnih postaj (za postaje, kjer je bila razpoložljivost podatkov vsaj 75 %) v posameznih državah, ki služi kot približek za KPI. Rdeča črta predstavlja predpisano stopnjo izpostavljenosti, ki jo je bilo treba doseči do leta 2015, in znaša $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [1].

Analizo epizod onesnaženosti v Evropi v letu 2018 je pripravil Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) [13].

Za Slovenijo je od analiziranih epizod, zanimiva epizoda povečanih ravni PM_{10} bila med 7. in 10. februarjem 2018. Epizoda se je pričela nad Srednjo Evropo z največjim onesnaženjem nad Poljsko, nato pa se je razširila predvsem proti zahodu. Modelski izračuni za 9. in 10. februar 2018 pokažejo povišane ravni tudi nad Slovenijo (slika 6.21). Sočasno so se nad vzhodnim Sredozemljem pojavile visoke ravni sahorskega peska, ki je vplival predvsem na povišane ravni delcev v zahodni Evropi.



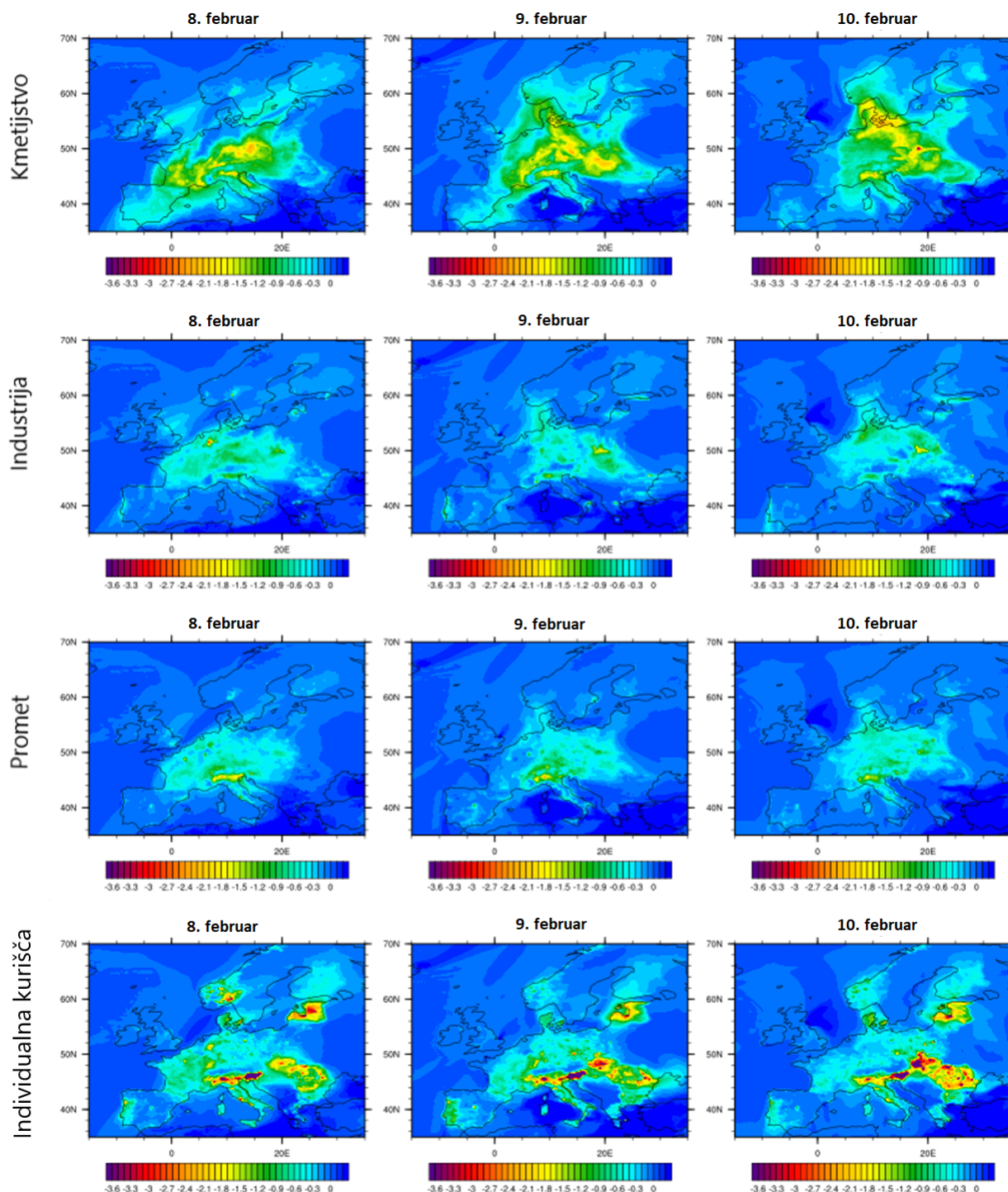
Slika 6.21: Epizoda onesnaženja med 7. in 10. februarjem. Dnevna povprečja ravni PM_{10} v $\mu g/m^3$.

Da bi ocenili izvor onesnaženja so na CAMS analizirali prispevek štirih sektorjev izpustov; kmetijstva, industrije, prometa in stanovanjskega ogrevanja. Model so zagnali večkrat, vsakič s 30 % redukcijo izpustov iz posameznega sektorja. Na sliki 6.22 so na zemljevidih prikazane razlike med osnovnim zagonom in zagoni z reduciranimi izpusti.

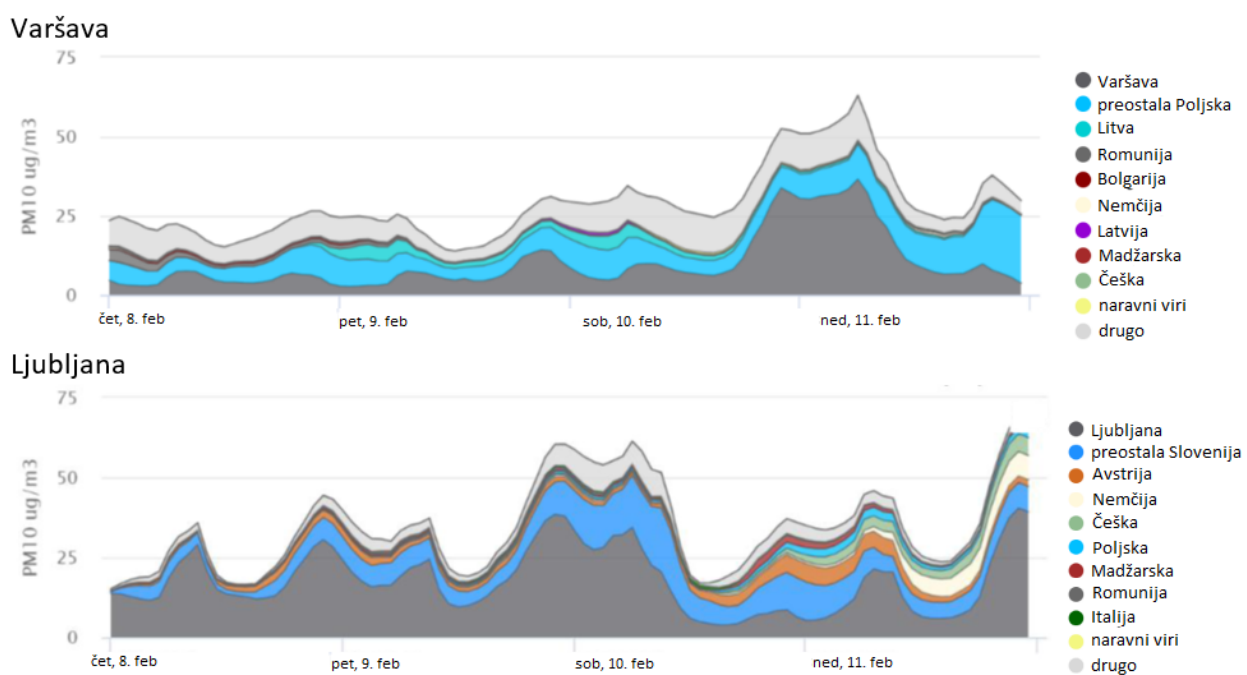
Rezultati kažejo (Slika 6.22), da sta industrija in promet prispevala samo manjši delež k skupnemu onesnaženju. Bistveno večji je prispevek individualnih kurišč, ki na območju Slovenije še posebej izstopajo. Ponekod po Evropi je visok tudi prispevek kmetijskega sektorja, kar je za februar presenetljivo. Ocenjujejo, da bi lahko v modelskem izračunu prišlo do previsoke ocene prispevka kmetijskega sektorja zaradi prenizko ocenjenih izpustov individualnih kurišč.

S pomočjo modelske analize prispevka posameznih virov so ocenili tudi lokalni prispevek in prispevek posameznih držav k skupnim ravnam PM_{10} za Ljubljano in Varšavo. Tekom cele epizode je bil prispevek lokalnih izpustov največji (slika 6.23), sledil je prispevek preostalih izpustov iz države.

V Ljubljani je le občasno (npr. 11. februarja) bilo zaznati opazen prispevek ostalih Evropskih držav. Pri primerjavi mest je potrebno omeniti, da je v Ljubljani vpliv sosednjih držav bistveno večji zaradi bližine državne meje. Rezultati potrjujejo, da smo v primeru epizod PM₁₀, v veliki meri za onesnažen zrak odgovorni sami.



Slika 6.22: Prispevek posameznih sektorjev izpustov k ravnom PM₁₀ med izbrano epizodo. Vrednosti predstavljajo razliko med dnevnim povprečjem PM₁₀ dobljenim z zagonom CAMS modela s 30% redukcijo izpustov iz posameznega sektorja ter referenčnim zagonom brez redukcije. Ravni so podane v µg/m³.



Slika 6.23: Prispevek vrednosti PM₁₀ v Varšavi in v Ljubljani med 8. in 11. februarjem glede na izvor izpustov. Grafa prikazujeta prispevke virov izpustov znotraj mesta (lokalno), ter prispevke virov izpustov po državah.

7. Onesnaževala v delcih - benzo(a)piren in težke kovine

7.1 Benzo(a)piren

Benzo(a)piren je policiklična aromatska spojina s petimi obroči. Nastaja pri nepopolnem zgorevanju goriv, tako fosilnega izvora kakor tudi biomase. Glavni vir predstavljajo izpusti iz zastarelih malih kurilnih naprav gospodinjstev na trdna goriva, za katere je značilen slabši proces zgorevanja, slab energetski izkoristek ter visok izpust delcev in organskih spojin. Pomemben vir benzo(a)pirena je tudi promet. Benzo(a)piren je kancerogen. Prenatalna izpostavljenost je povezana z nizko porodno težo ter vpliva na kognitiven razvoj otrok.

7.1.1 Zahteve za kakovost zraka

Ciljna vrednost za benzo(a)piren je predpisana v Uredbi o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [7]. Prikazana je v tabeli 7.1.

Tabela 7.1: Ciljna vrednost za benzo(a)piren v ng/m³.

	Cilj	Čas merjenja	Vrednost
Ciljna vrednost	Zdravje	Koledarsko leto	1

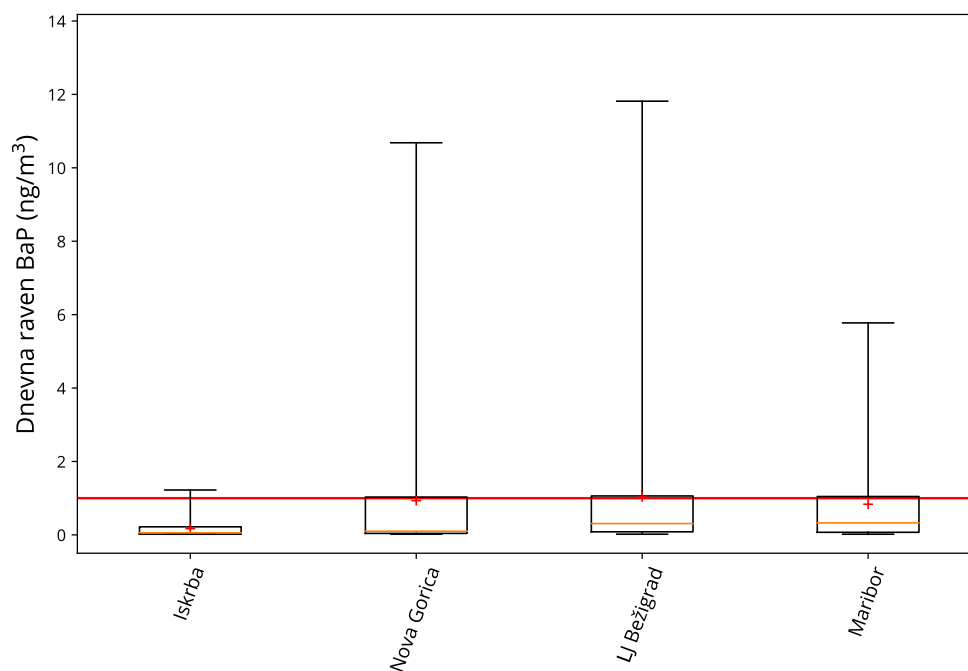
7.1.2 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih vrednosti benzo(a)pirena v letu 2018 je prikazan v tabeli 7.2 ter na slikah 7.1 in 7.2. V letu 2018 smo v Ljubljani meritve benzo(a)pirena prestavili iz merilnega mesta Biotehniška fakulteta na merilno mesto Bežigrad, na novo smo meritve uvedli tudi v Novi Gorici. Poleg tega smo meritve izvajali še na merilnih mestih Maribor Center in Iskrba. V letu 2018 so ravni benzo(a)pirena na vseh merilnih mestih ostale na isti ravni kot leta 2017 (tabela 7.3 in slika 7.3). Povprečna letna vrednost je na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad dosegla ciljno vrednost. Na Iskrbi je bila povprečna letna vrednost po pričakovanjih najnižja.

Letni poteki ravni benzo(a)pirena (slika 7.2) kažejo, da so najvišje ravni izmerjene v hladnejšem obdobju leta. Takrat so izpusti večji, dodatno pa so za hladno obdobje leta značilni tudi neugodni meteorološki pogoji (slaba prevetrenost, izraziti temperaturni obrati). Poleti so ravni na vseh lokacijah znatno nižje.

Tabela 7.2: Letna razpoložljivost z dnevnimi podatki (% pod) in povprečna letna raven (C_p) benzo(a)pirena v ng/m^3 .

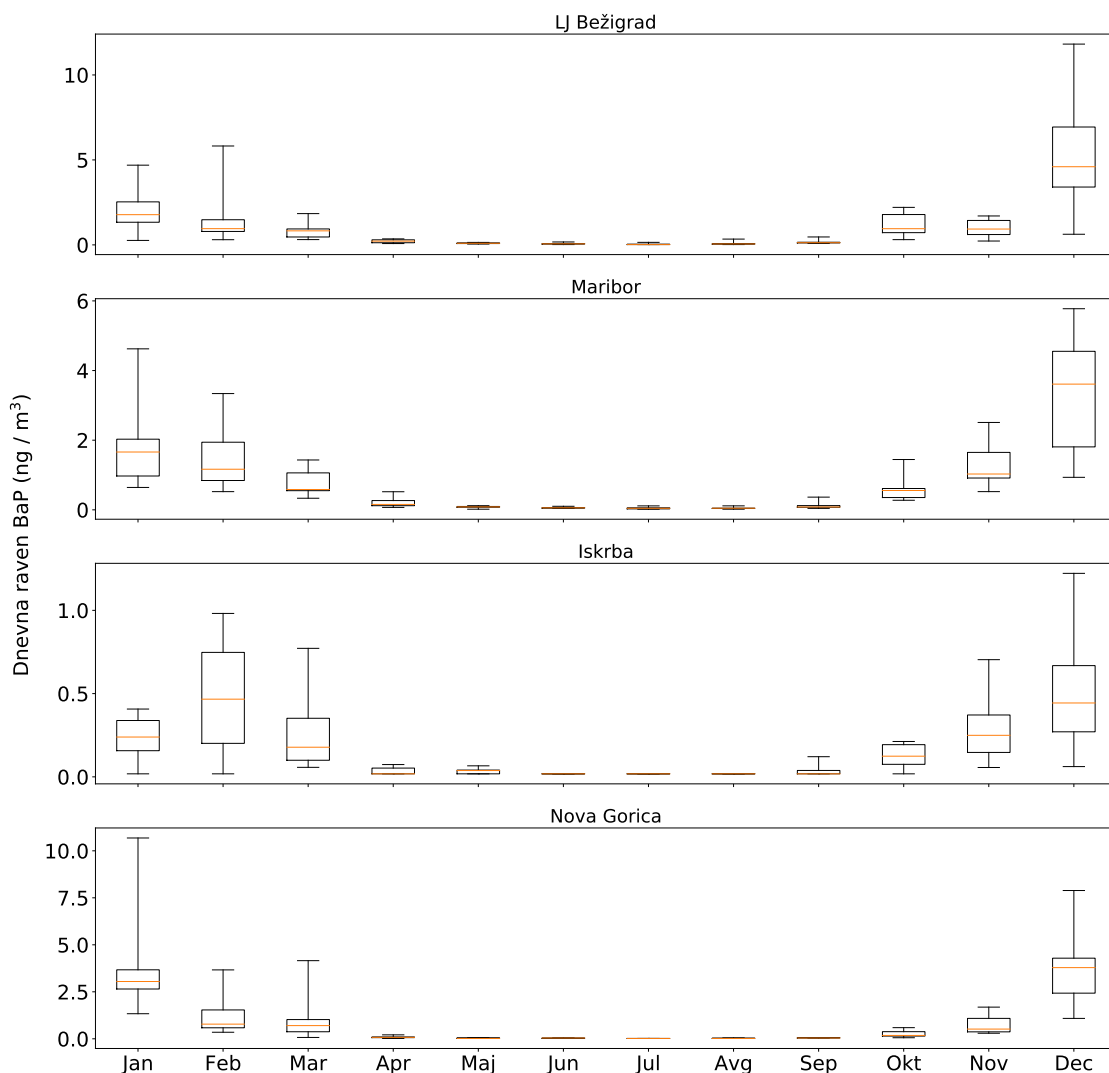
	% pod.	C_p
LJ Bežigrad	33	1,0
Maribor	33	0,83
Nova Gorica	33	0,93
Iskrba	33	0,17



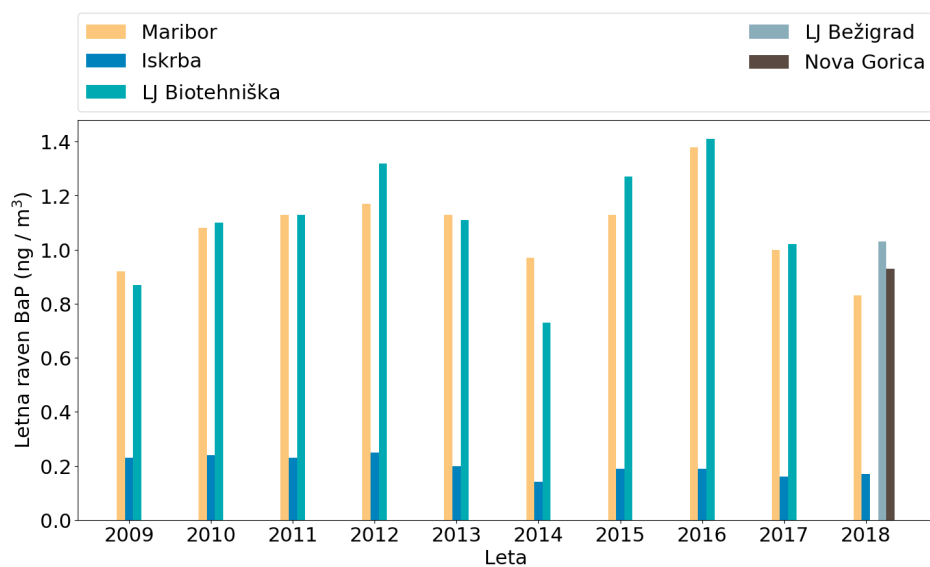
Slika 7.1: Porazdelitev dnevnih ravni benzo(a)pirena na merilnih mestih v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja letna raven, oba kvartila in mediana. Križci označujejo povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.

Tabela 7.3: Povprečna letna raven benzo(a)pirena ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na različnih postajah po letih.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Maribor	0,92	1,1	1,1	1,2	1,1	0,97	1,1	1,4	1,0	0,83
LJ Biotehniška	0,87	1,1	1,1	1,3	1,1	0,73	1,3	1,4	1,0	/
LJ Bežigrad	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1,0
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,93
Iskrba	0,23	0,24	0,23	0,25	0,20	0,14	0,19	0,19	0,16	0,17



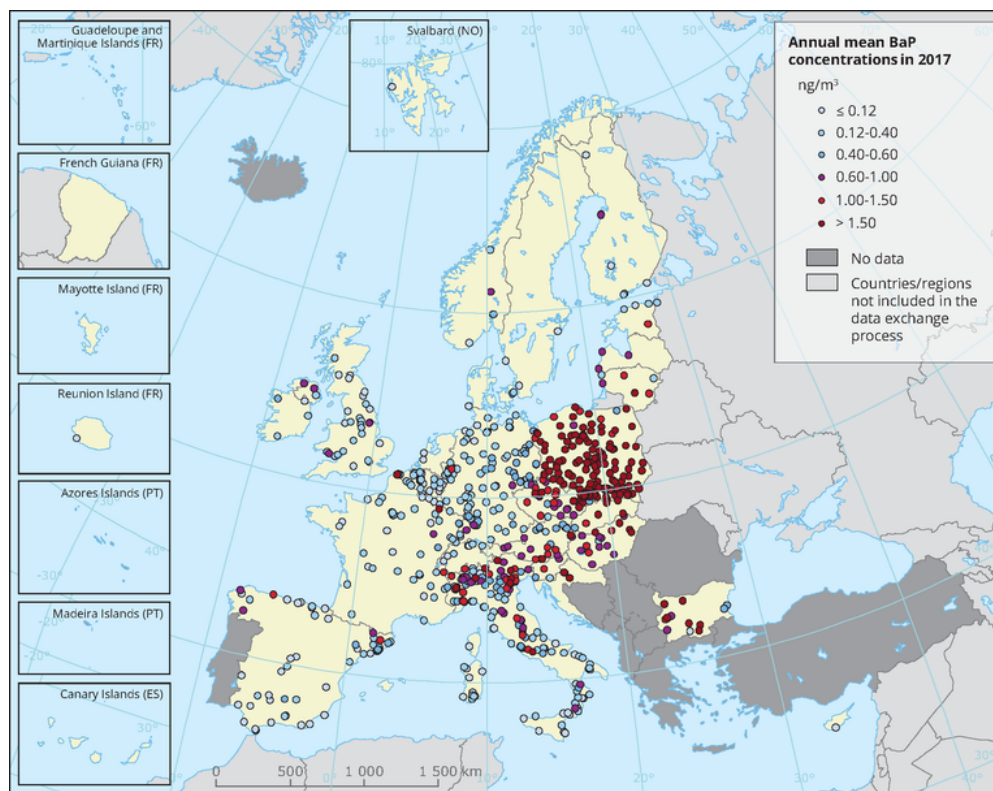
Slika 7.2: Porazdelitev dnevni ravni benzo(a)pirena na različnih postajah po mesecih v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana za posamezen mesec.



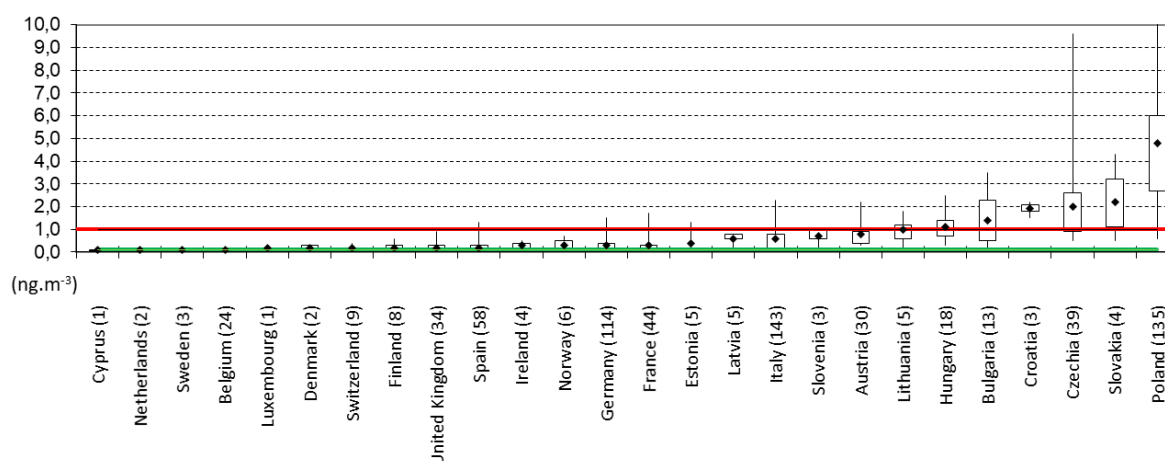
Slika 7.3: Porazdelitev povprečnih letnih ravni benzo(a)pirena na različnih postajah po letih.

7.1.3 Ravni onesnaženosti v EU

Slovenija se po onesnaženosti z benzo(a)pirenom uvršča v zgornjo polovico držav Evropske unije. Ravni benzo(a)pirena so najvišje na Poljskem, Češkem in Slovaškem, kar je v veliki meri posledica uporabe trdih goriv za ogrevanje v malih kurilnih napravah gospodinjstev. Letna ciljna vrednost je presežena v večini držav (sliki 7.4 in 7.5).



Slika 7.4: Prikaz povprečne letne ravni BaP v Evropski uniji v letu 2017 [1]. Z barvo je prikazan razred, v katerega sodi merilno mesto glede na povprečno letno raven.



Slika 7.5: Primerjava ravni onesnaženosti zraka z benzo(a)pirenom v Evropski uniji v letu 2017.

7.2 Težke kovine

Izpusti arzena (As), kadmija (Cd), svınca (Pb) in niklja (Ni) so posledica aktivnosti več industrijskih dejavnosti in zgorevanja premoga. Čeprav so v ozračju njihove ravni nizke, prispevajo k depoziciji in zato so ponekod povišane vsebnosti tako v zemlji in sedimentih kot tudi v organizmih. Težke kovine v okolju ostajajo, nekatere se v živih organizmih akumulirajo in lahko tako predstavljajo grožnjo za človekovo zdravje (npr. kopičenje težkih kovin prek prehranske verige v ribah).

Arzen v ozračju je posledica tako naravnih kot antropogenih virov. Med pomembnejše antropogene vire spadajo izpusti topilnic, izgorevanje goriv in uporaba pesticidov. Toksičnost arzena je zelo odvisna od kemijske zvrsti. Precej bolj toksičen je anorgansko vezan arzen. Povezujejo ga s povečanim tveganjem za razvoj raka kože in pljuč.

Najpomembnejše izpuste kadmija predstavlja proizvodnja barvnih kovin, železa ter jekla, izgorevanje fosilnih goriv v stacionarnih virih, sežiganje odpadkov in proizvodnja cementa. Nezanemarljiv vir predstavlja tudi gnojenje, tako z mineralnimi kot organskimi gnojili. Nevaren je predvsem kostem in ledvicam, poveča pa tudi tveganje za pljučnega raka.

Antropogeni viri svınca na globalni ravni so rezultat zgorevanja fosilnih goriv v prometu, proizvodnje cementa, sežiganja odpadkov, proizvodnje barvnih kovin, železa ter jekla. V Evropi so se izpusti iz prometa zaradi obvezne uporabe katalizatorjev v novih avtomobilih in s tem omejitve uporabe osvinčenega bencina po letu 2001 precej znižali. Svinec spada med kovine, ki imajo toksičen vpliv na možgane. Poleg možganov in živčevja se kopiči tudi v ledvicah, jetrih in kosteh.

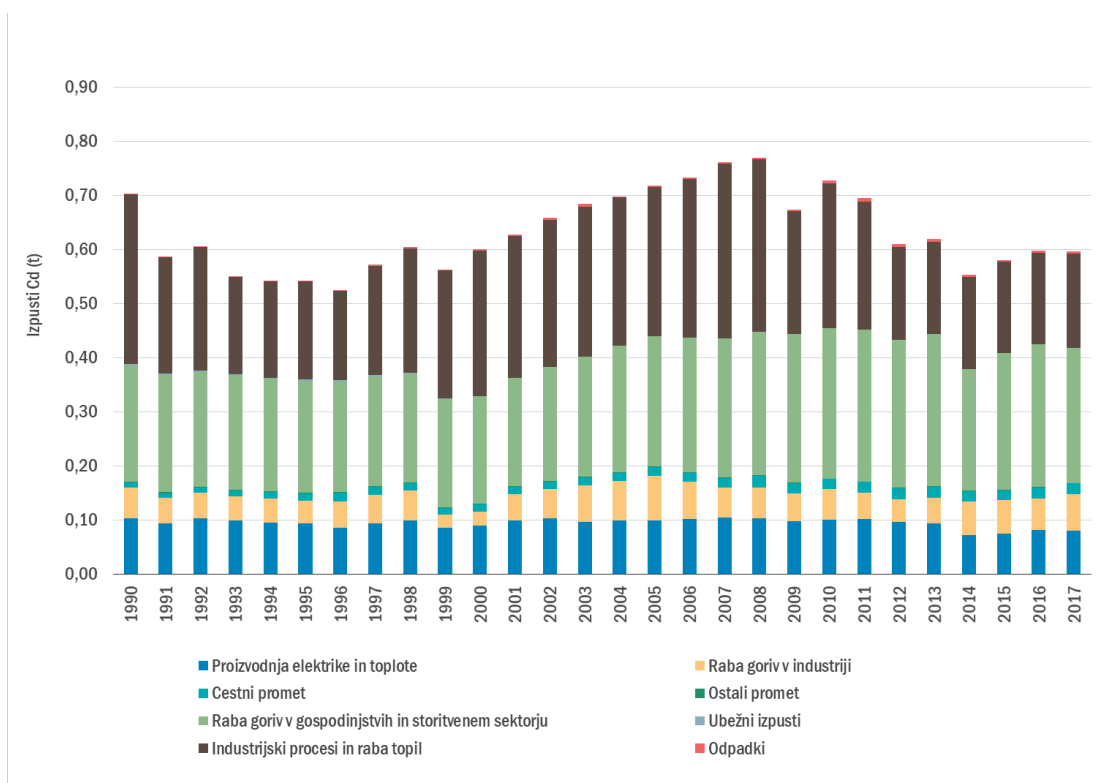
Nikelj se pojavlja v zemlji, vodi in ekosistemih. Pomembni naravni viri so povezani z resuspenzijo zemlje in vulkanskimi izbruhi. Glavni antropogeni vir predstavlja zgorevanje naftnih derivatov. Dodatni izpusti nastajajo še pri pridobivanju niklja, sežiganju odpadkov in odpadnega blata, proizvodnji jekla, elektronski industriji in zgorevanju premoga. Nikelj je v manjših količinah za organizme potrebna kovina, pri višjih vrednostih pa povzroča povišano dovzetnost za nastanek raka pljuč, nosu in prostate. Poleg tega povzroča alergične reakcije na koži, motnje hormonske regulacije ter negativno vpliva na respiratorni in imunski sistem. Najbolj izražene so alergične reakcije, saj naj bi bilo približno 10–20 % populacije občutljive na nikelj.

7.2.1 Izpusti

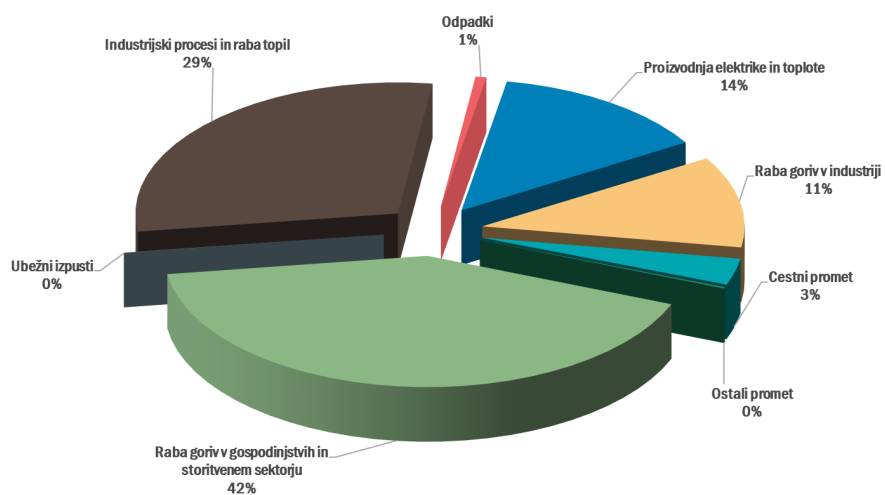
Letni izpusti Cd so v Sloveniji leta 2017 znašali 0,6 ton. V primerjavi z letom 1990 so se zmanjšali za 15 % (slika 7.6). Največji delež k skupnim izpustom Cd je v letu 2017 prispevala raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju (42 %, slika 7.7).

Letni izpusti Pb so v Sloveniji leta 2017 znašali 7,2 ton. V obdobju 1990-2017 so se zmanjšali za 98 %, predvsem zaradi opustitve osvinčenih motornih bencinov (slika 7.8). Največji delež k skupnim izpustom Pb je prispeval cestni promet (46 %, slika 7.9).

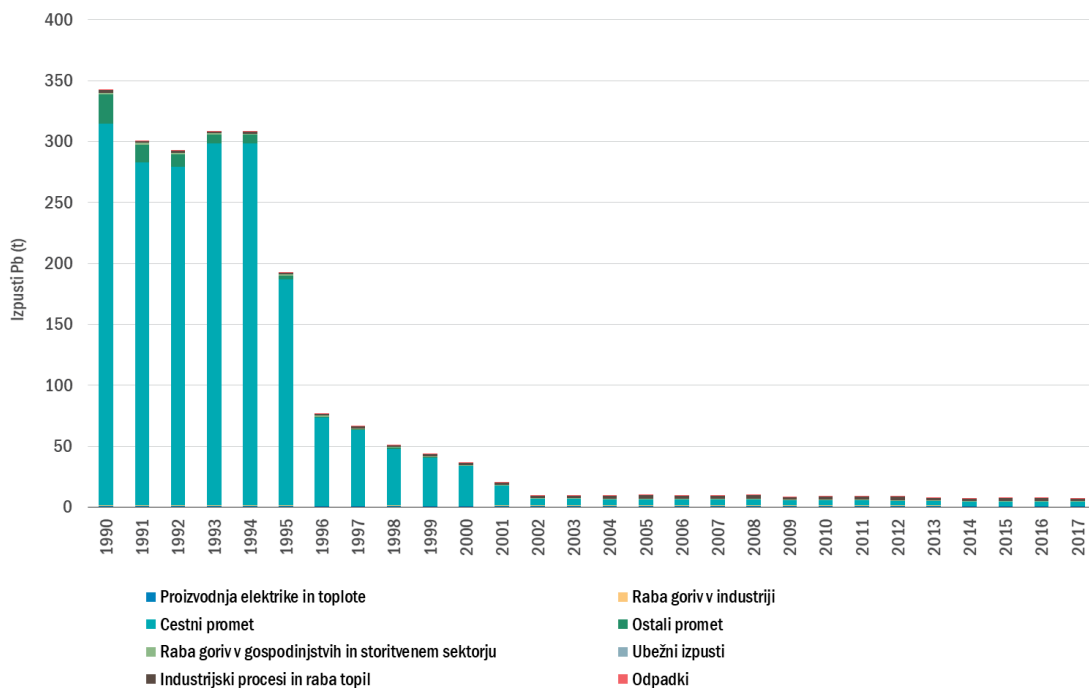
Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [26]. Skupne državne vrednosti izpustov Cd in Pb ne presegajo vrednosti iz izhodiščnega leta 1990.



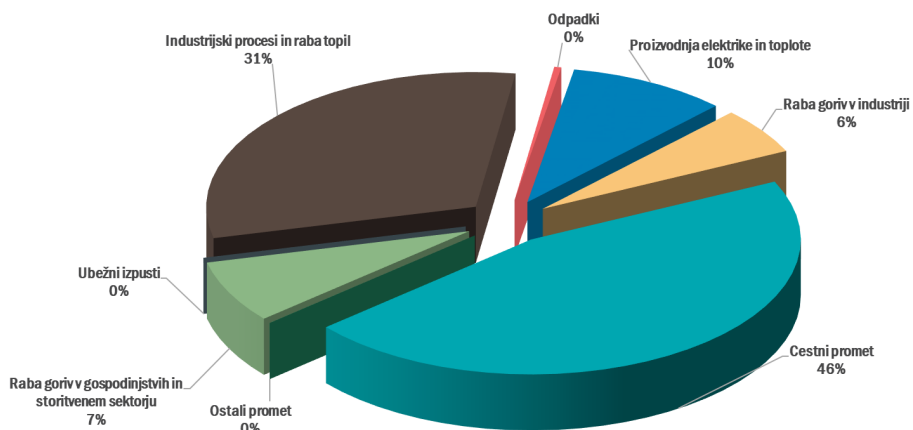
Slika 7.6: Letni izpusti kadmija po sektorjih v Sloveniji.



Slika 7.7: Izpusti kadmija po sektorjih v Sloveniji v letu 2017.



Slika 7.8: Letni izpusti svinca po sektorjih v Sloveniji.



Slika 7.9: Izpusti svinca po sektorjih v Sloveniji v letu 2017.

7.2.2 Zahteve za kakovost zraka

Ciljne vrednosti za nikelj, arzen in kadmij so predpisane v Uredbi o arzenu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [7], mejna vrednost za svinec je predpisana v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [6]. Predpisane vrednosti so podane v tabeli 7.4.

Tabela 7.4: Mejna vrednost za svinec ter ciljne vrednosti za arzen, kadmij in nikelj.

	Cilj	Čas povprečenja	Vrednost v ng/m^3
Arzen	zdravje	koledarsko leto	6
Kadmij	zdravje	koledarsko leto	5
Nikelj	zdravje	koledarsko leto	20
Svinec	zdravje	koledarsko leto	500

7.2.3 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih povprečnih dnevni vrednosti težkih kovin v letu 2018 je prikazan v tabeli 7.5 ter na slikah od 7.10 do 7.13. Meritve težkih kovin izvajamo na petih merilnih mestih: Ljubljana Bežigrad, Maribor, Žerjav, Iskrba in Celje. Povprečne letne ravni niklja, arzena, kadmija in svinca so bile v letu 2018 na vseh merilnih mestih nižje od zahtev za kakovost zraka. Najvišje ravni svinca, kadmija in arzena so bile izmerjene v Žerjavu, najvišje vrednosti niklja pa na merilnem mestu Ljubljana Bežigrad. V letu 2018 smo v Ljubljani meritve težkih kovin predstavili iz merilnega mesta Biotehniška fakulteta na merilno mesto Bežigrad. Obe merilni mesti sta tipa mestno ozadje in rezultati niklja, arzena in kadmija so primerljivi. Ravni svinca so na merilni postaji Ljubljana Bežigrad zaradi bližine parkirišča v povprečju še enkrat višje kot ravni izmerjene na Biotehniški fakulteti.

Letni poteki ravni težkih kovin kažejo, da so vrednosti najvišje v hladnejšem obdobju leta (slike 7.14 do 7.17). Takrat so izpusti večji, dodatno pa so za hladno obdobje leta značilni tudi neugodni meteorološki pogoji za razredčevanje izpustov. Zimski maksimumi so manj izraziti na merilnem mestu Žerjav, kjer so povišani nivoji svinca povezani z delovanjem okoliške industrije. Obenem ni mogoče izključiti resuspenzije svinca iz kontaminirane zemlje. Primerjava ravni težkih kovin v obdobju od 2009 do 2018 kaže, da obremenjenost ostaja približno na istem nivoju (tabele 7.6 do 7.9 in slike 7.18 do 7.21).

Tabela 7.5: Letna pokritost s podatki (% pod) in povprečna raven težkih kovin (C_p) v ng/m^3 v letu 2018.

	% pod	Arzen	Nikelj	Kadmij	Svinec
Maribor	21	0,49	1,7	0,19	8,4
LJ Bežigrad	19	0,42	3,6	0,25	12,7
Iskrba	19	0,26	0,96	0,08	2,1
Celje	19	0,48	1,5	0,39	7,4
Žerjav	66	1,7	1,3	1,9	400

Tabela 7.6: Povprečna letna raven niklja v ng/m³.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Maribor	2,4	3,0	3,2	3,8	3,4	2,0	1,6	1,6	1,8	1,7
LJ Biotehniška	5,2	4,5	7,2	5,7	6,5	3,3	3,6	2,6	2,8	/
LJ Bežigrad	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3,6
Iskrba	2,6	1,8	2,3	2,4	2,3	1,0	0,88	0,83	0,78	0,96
Celje	/	/	/	/	/	/	/	1,6	1,6	1,5
Žerjav	1,7	1,8	2,4	2,4	2,8	1,9	2,7	1,2	1,1	1,3

Tabela 7.7: Povprečna letna raven svınca v ng/m³.

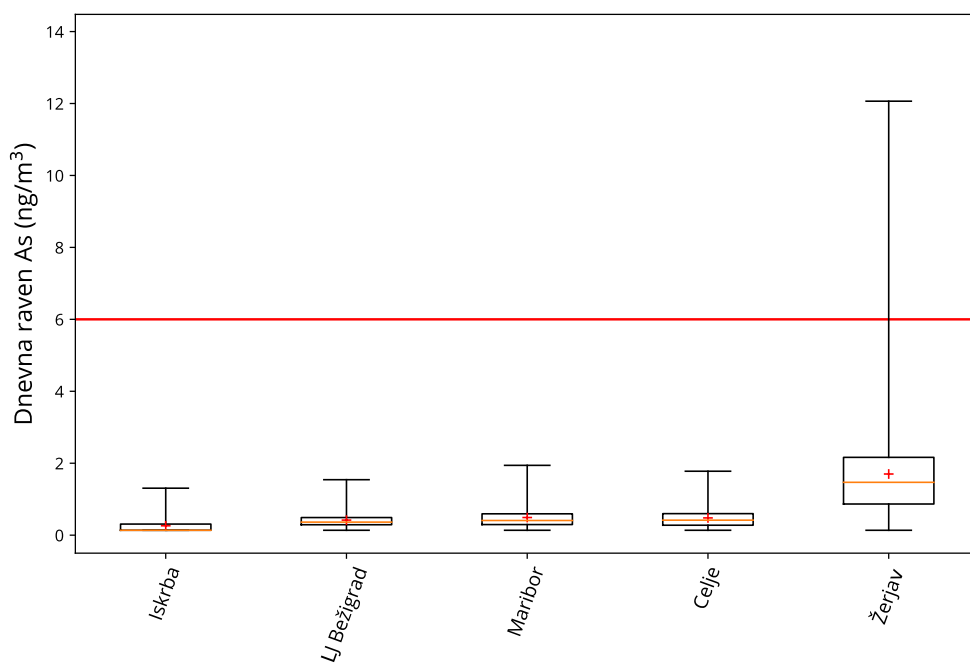
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Maribor	9,7	11,7	11,5	10,5	10,6	25,0	11,1	7,0	7,5	8,4
LJ Biotehniška	8,3	8,3	10,8	7,4	6,6	5,6	7,1	6,1	5,8	/
LJ Bežigrad	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12,7
Iskrba	3,3	3,3	3,6	2,9	2,1	2,3	2,0	1,6	1,8	2,1
Celje	/	/	/	/	/	/	/	7,5	7,6	7,4
Žerjav	293	254	300	252	384	329	338	351	320	400

Tabela 7.8: Povprečna letna raven arzena v ng/m³.

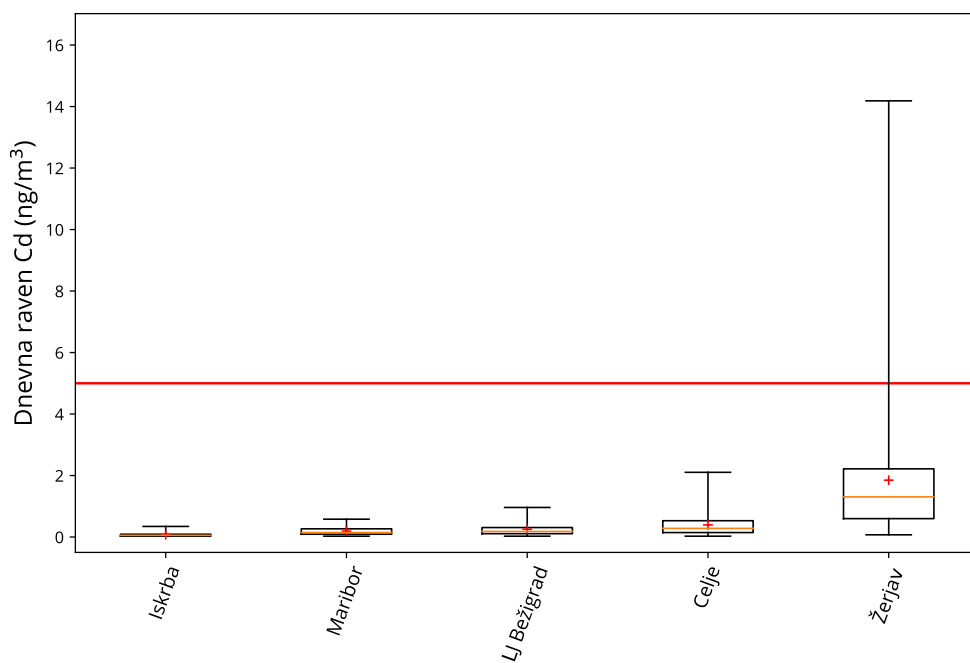
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Maribor	0,61	0,80	0,76	0,66	0,48	0,61	0,58	0,44	0,48	0,49
LJ Biotehniška	0,47	0,48	0,58	0,56	0,65	0,42	0,50	0,40	0,44	/
LJ Bežigrad	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,42
Iskrba	0,40	0,33	0,45	0,38	0,29	0,30	0,31	0,23	0,26	0,26
Celje	/	/	/	/	/	/	/	0,53	0,55	0,48
Žerjav	2,7	2,2	1,9	2,0	1,7	1,9	2,1	1,9	1,3	1,7

Tabela 7.9: Povprečna letna raven kadmija v ng/m³.

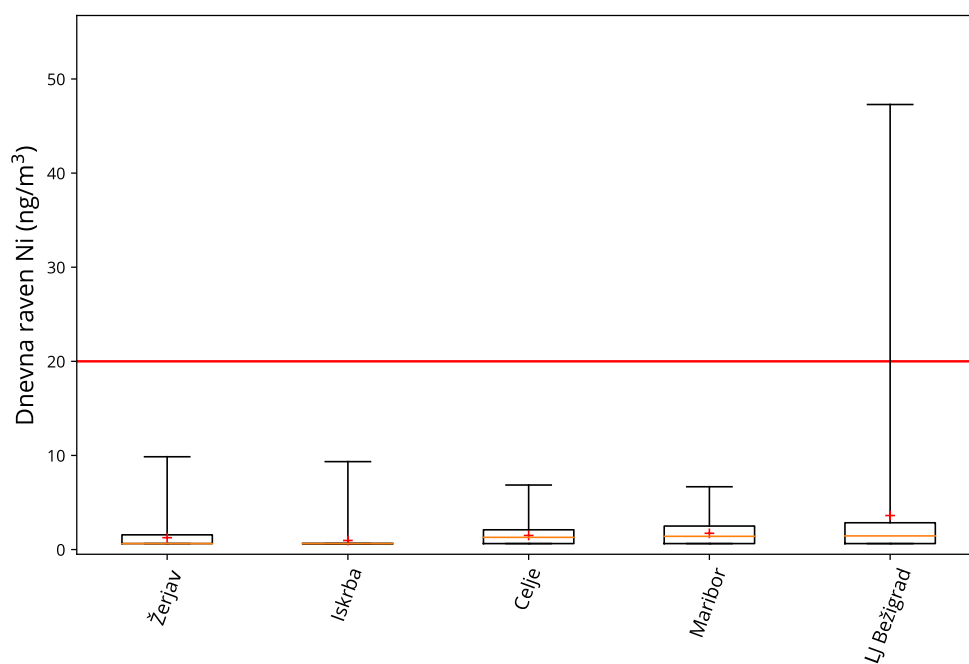
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Maribor	0,27	0,31	0,55	0,24	0,24	0,22	0,20	0,19	0,17	0,19
LJ Biotehniška	0,22	0,26	0,47	0,25	0,28	0,22	0,23	0,22	0,19	/
LJ Bežigrad	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,25
Iskrba	0,10	0,11	0,26	0,11	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08
Celje	/	/	/	/	/	/	/	0,95	0,38	0,39
Žerjav	2,6	4,4	2,5	1,5	2,5	2,7	4,9	5,7	1,9	1,9



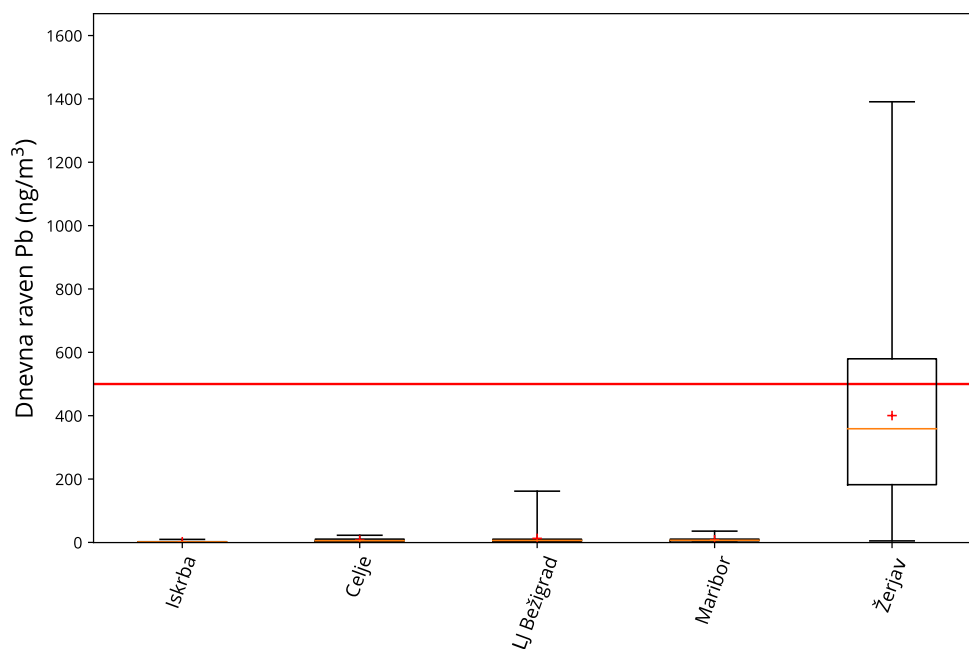
Slika 7.10: Porazdelitev dnevne ravni arzena na petih merilnih mestih v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



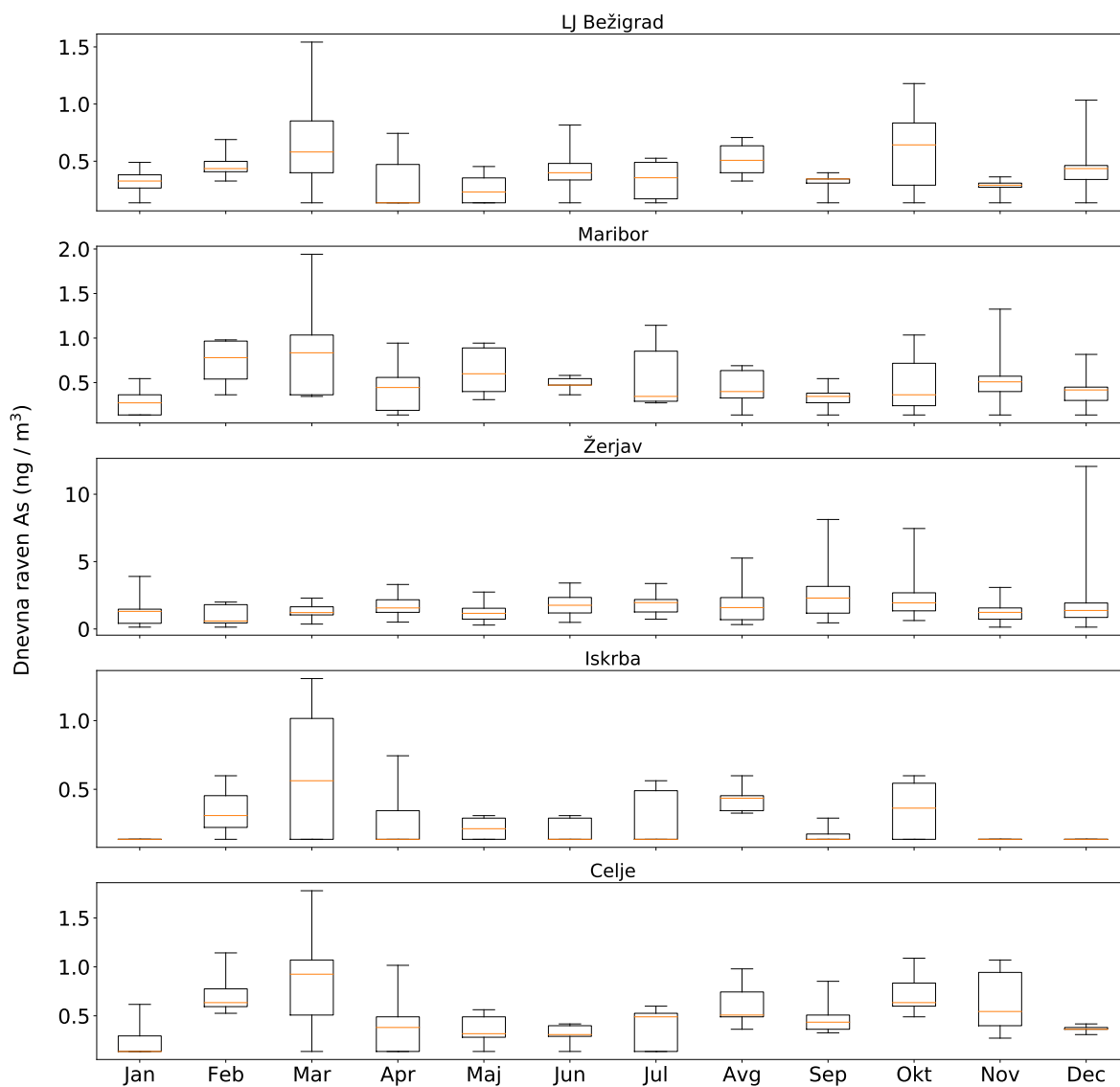
Slika 7.11: Porazdelitev dnevne ravni kadmija na petih merilnih mestih v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



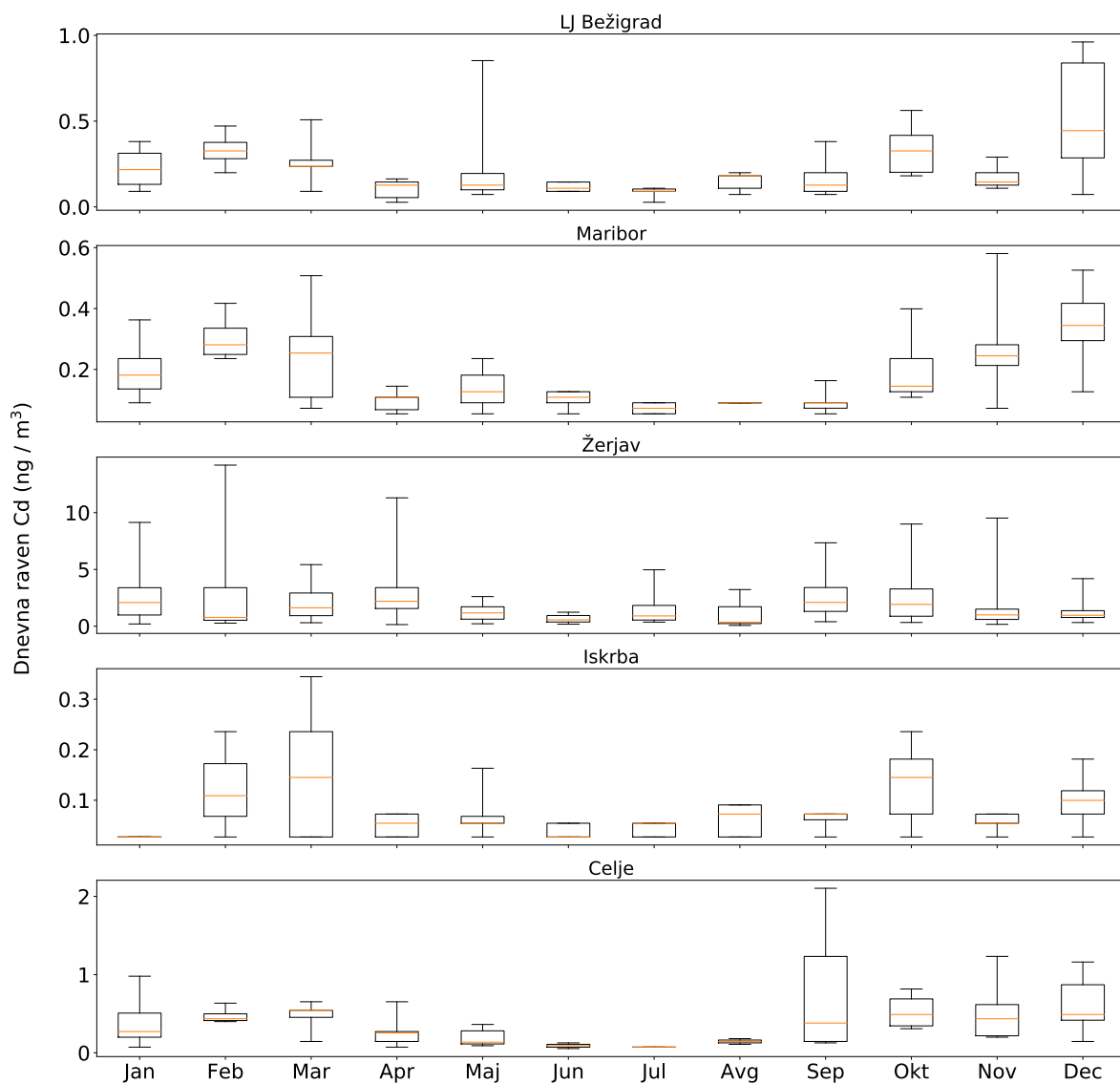
Slika 7.12: Porazdelitev dnevne ravni niklja na petih merilnih mestih v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



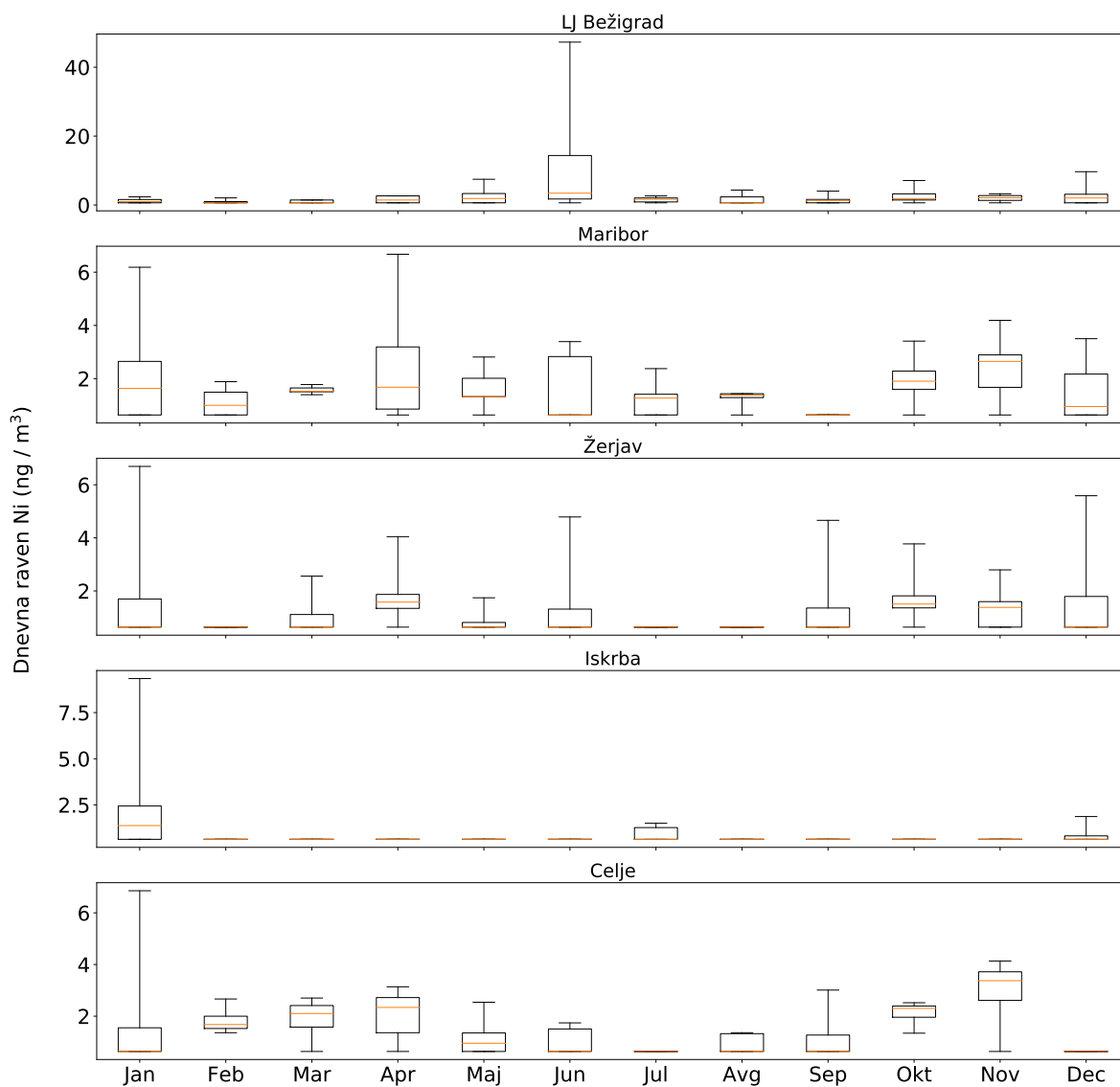
Slika 7.13: Porazdelitev dnevne ravni svineca na petih merilnih mestih v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



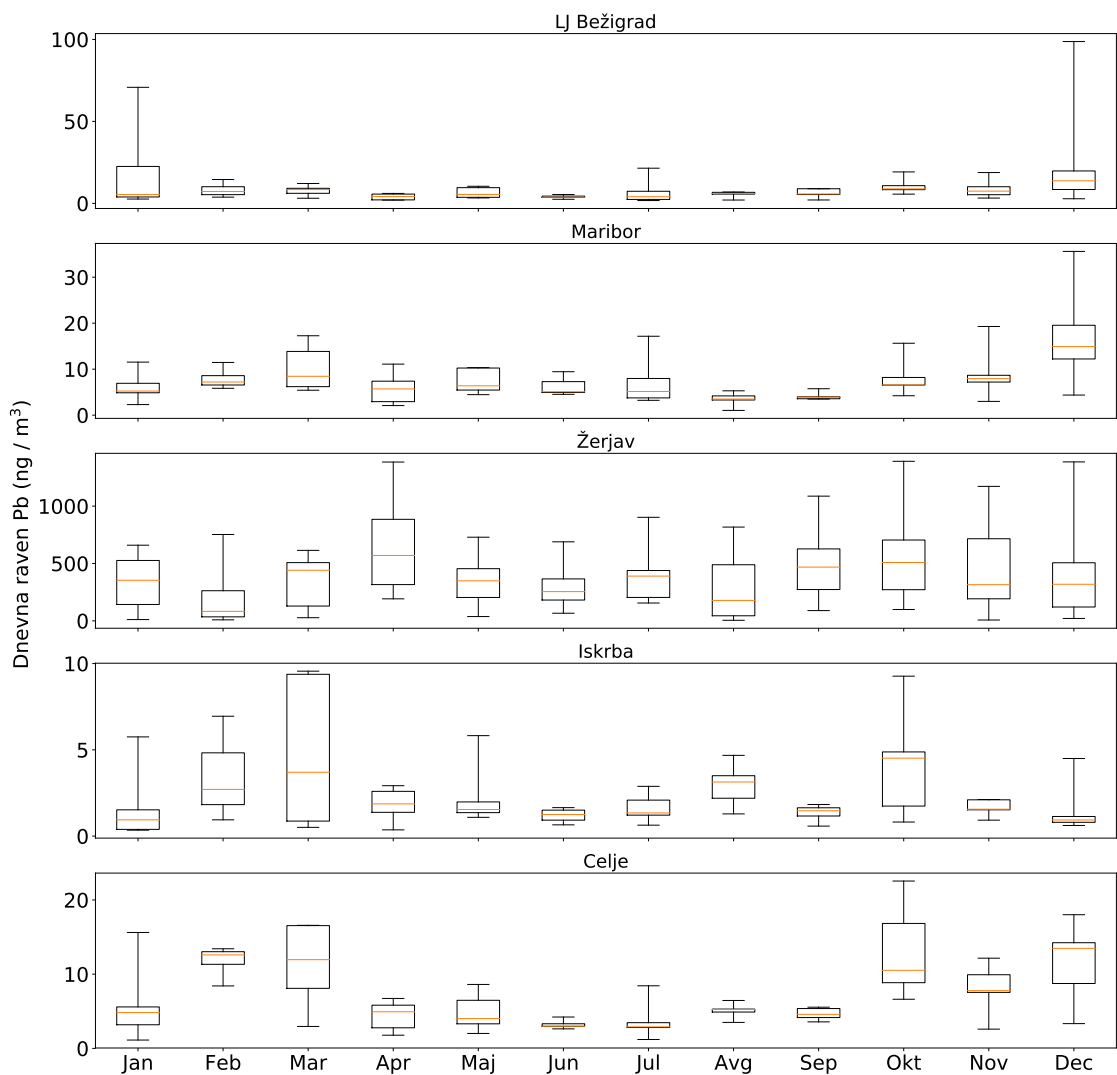
Slika 7.14: Porazdelitev dnevne ravni arzena na petih merilnih mestih po mesecih v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



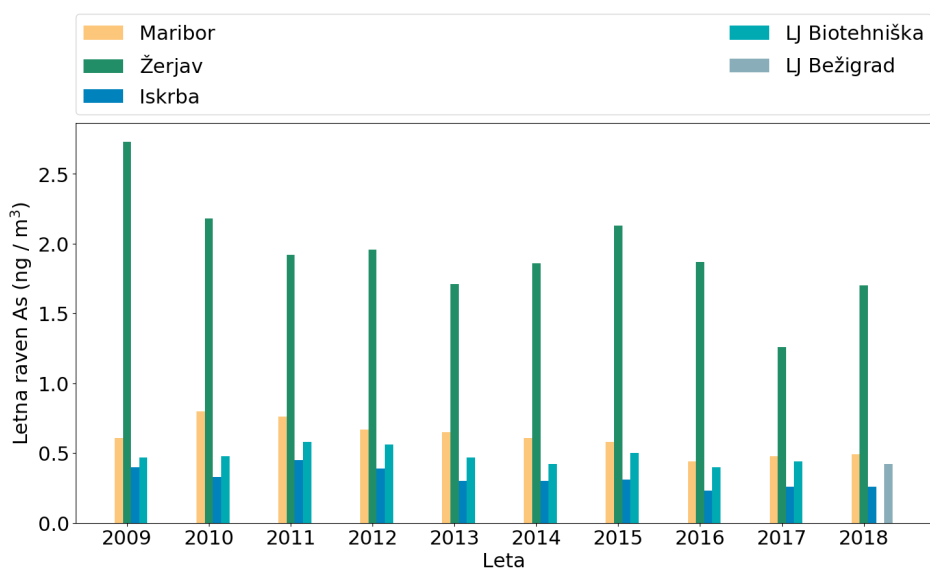
Slika 7.15: Porazdelitev dnevne ravni kadmija na petih merilnih mestih po mesecih v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



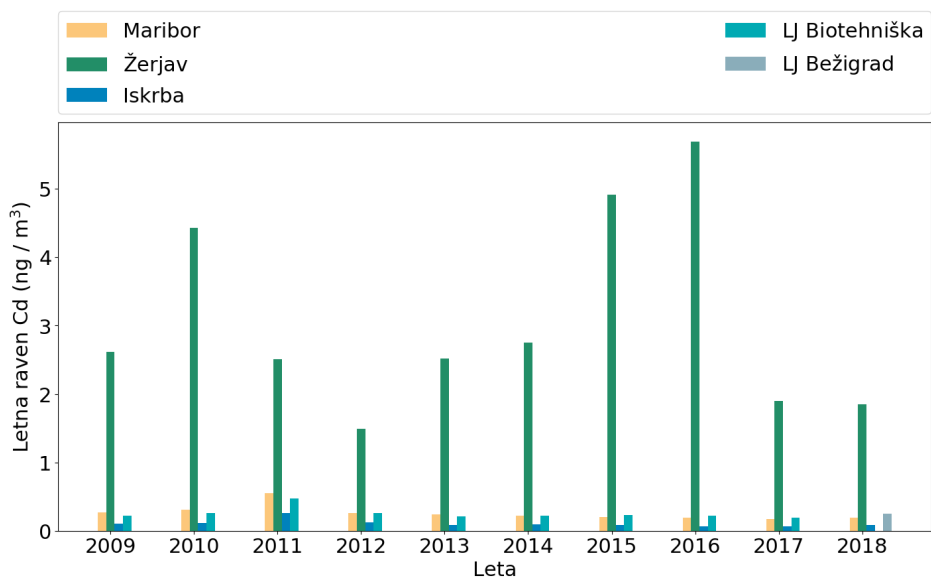
Slika 7.16: Porazdelitev dnevne ravni niklja na petih merilnih mestih po mesecih v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



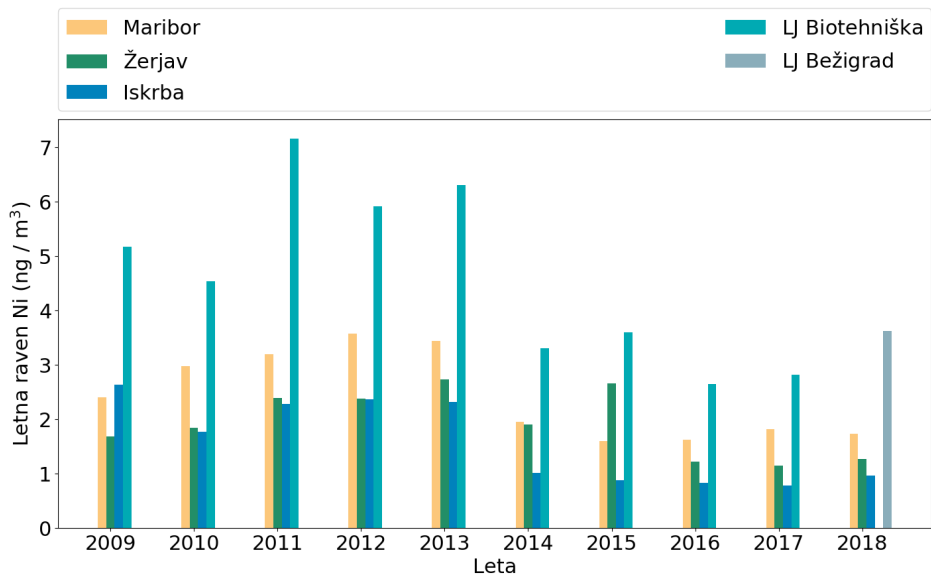
Slika 7.17: Porazdelitev dnevne ravni svineca na petih merilnih mestih po mesecih v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



Slika 7.18: Porazdelitev povprečnih letnih ravni arzena po letih.



Slika 7.19: Porazdelitev povprečnih letnih ravni kadmija po letih.



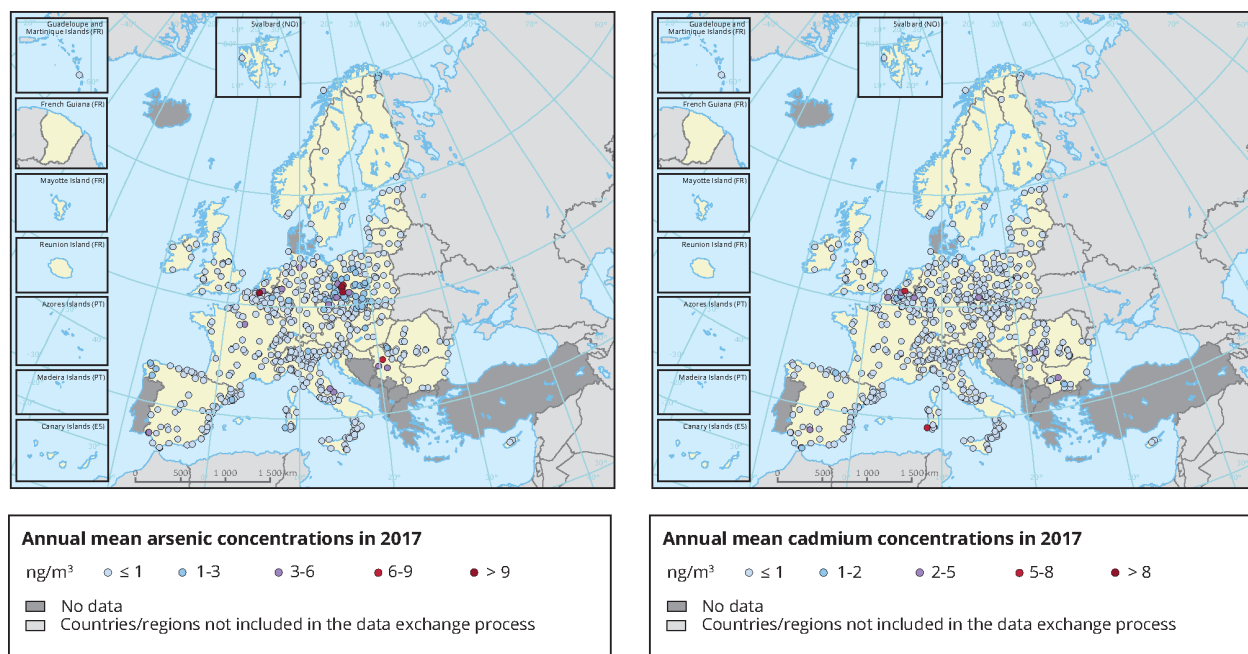
Slika 7.20: Porazdelitev povprečnih letnih ravni niklja po letih.



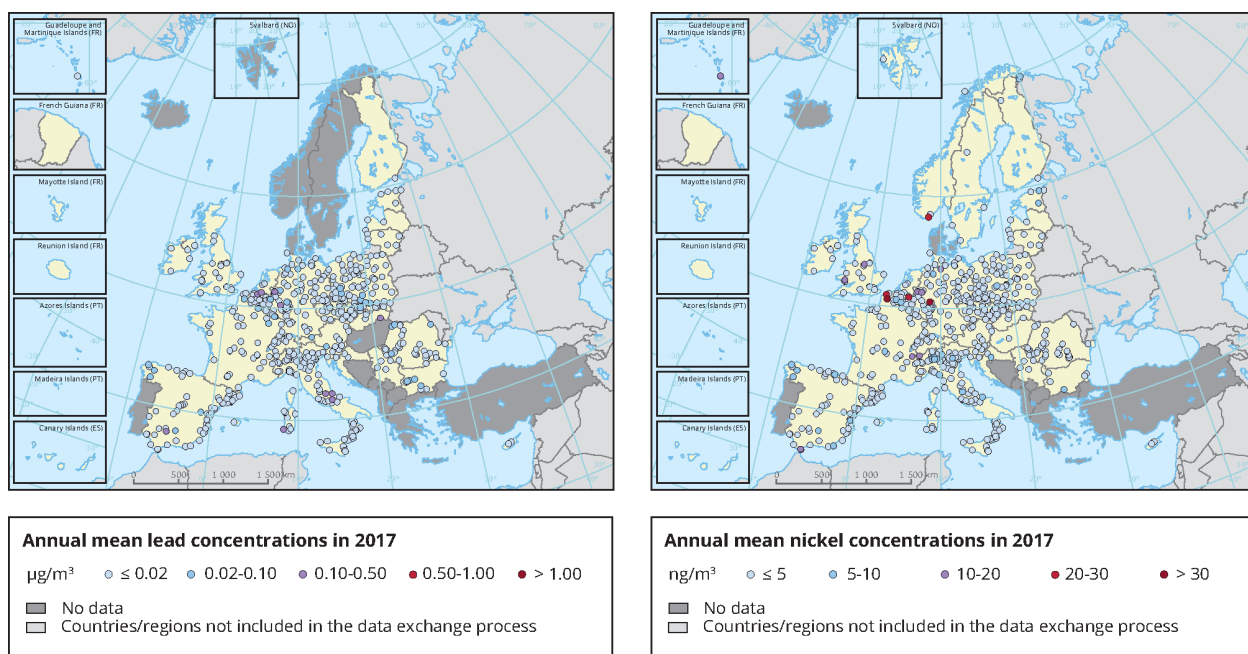
Slika 7.21: Porazdelitev povprečnih letnih ravni svineca po letih.

7.2.4 Ravni onesnaženosti v EU

V Sloveniji je nizka onesnaženost zunanje zraka z arzenom, kadmijem, svincem in nikljem kar je razvidno tudi na slikah 7.22 in 7.23.



Slika 7.22: Prikaz povprečne letne ravni arzena in kadmija v Evropski uniji v letu 2017 [1]. Z barvo je prikazan razred, v katerega sodi merilno mesto glede na povprečno letno raven.



Slika 7.23: Prikaz povprečne letne ravni svinca in niklja v Evropski uniji v letu 2017 [1]. Z barvo je prikazan razred, v katerega sodi merilno mesto glede na povprečno letno raven.

8. Ozon

Molekula ozona je sestavljena iz treh atomov kisika. Zaradi nestabilne strukture je ozon močno reaktiven plin in zato v prevelikih ravneh škodljiv. V ozračju sta dve plasti z večjo vsebnostjo ozona:

- Stratosferski ozon se nahaja na višini okoli 20 km nad tlemi. Ta plast absorbira večino ultravijoličnih žarkov v sončnem sevanju in s tem ščiti življenje na Zemlji.
- Troposferski ozon se nahaja v plasti od tal do nekaj kilometrov nad zemeljskim površjem. Previsoke ravni negativno vplivajo na zdravje ljudi, škodujejo pa tudi rastlinam in živalim.

Ozon je sekundarno onesnaževalo, zato v prizemni plasti zraka ni njegovih neposrednih izpustov. Ker so kompleksne reakcije, ki vodijo do nastanka ozona intenzivnejše ob visoki temperaturi in močnem sončnem obsevanju, je onesnaženost zraka z ozonom največja poleti. Snovem, iz katerih nastaja ozon, pravimo predhodniki ozona in obsegajo dušikove okside, ogljikov monoksid, atmosferski metan ter nemetanske hlapne organske spojine (npr. etan, propan, butan, pentan, izopren, heksan, benzen, toluen, ksilen, trimetilbenzen, ...). Dušikovi oksidi so predvsem posledica izpustov iz prometa (motorji z notranjim izgorevanjem) in energetike. Hlapne organske snovi pa prispevajo izpusti povezani s prometom, industrijo in obrtjo, distribucijo motornih goriv, kurjenjem biomase in uporabo topil v gospodinjstvih. Na prometnih merilnih mestih so ravni ozona nižje, ker ta hitro reagira z dušikovim monoksidom iz izpušnih plinov in razpade nazaj v običajni dvoatomni kisik tako, da odda atom kisika molekuli dušikovega monoksida. Kraji z naraščajočo nadmorsko višino in odprtim reliefom imajo vse bolj značilnosti prostega ozračja, kjer je na eni strani manjši neposredni vpliv izpustov predhodnikov ozona, na drugi strani pa je močnejše sevanje sonca. Povprečne letne ravni ozona so zato v višjih predelih Slovenije praviloma višje kot v nižjih predelih. Vpliv temperature in sončnega sevanja na ravni ozona se kaže tudi v nižjih maksimalnih ravneh ozona v celinskem delu Slovenije v primerjavi s Primorsko.

8.1 Zahteve za kakovost zraka

V tabeli 8.1 so prikazane predpisane ciljne, opozorilne in alarmne vrednosti iz Uredbe o kakovosti zunanjega zraka [6] in smernice WHO. Za varovanje zdravja je predpisana ciljna maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost. Ta vrednost glede na Uredbo o kakovosti zunanjega zraka znaša $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in je lahko presežena največ 25-krat v koledarskem letu, pri čemer se za izračun upošteva povprečje zadnjih treh let. Dolgoročno naravnana ciljna vrednost za varovanje zdravja

je enaka, le da ne predvideva preseganj predpisane vrednosti. Smernice WHO so strožje, saj je predlagana vrednost nižja ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), preseganja te vrednosti pa niso dovoljena. Ker na zdravje vpliva tudi kratkotrajna izpostavljenost sta predpisani 1-urna opozorilna ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in alarmna vrednost ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$), zaradi negativnega vpliva ozona na vegetacijo pa tudi ciljna vrednost in dolgoročni cilj za varstvo rastlin.

Tabela 8.1: Ciljne, opozorilna in alarmna vrednost za ozon ter WHO smernice.

	Cilj	Čas merjenja	Mejna ali ciljna vrednost	Dovoljeno število preseganj	WHO
Ciljna vrednost	Zdravje	maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	25 dni v triletnem povprečju	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Ciljna vrednost	Vegetacija	AOT40 akumulirana od maja do julija	$18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ povprečje petih let		
Dolgoročna ciljna vrednost	Zdravje	maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$		
Dolgoročna ciljna vrednost	Vegetacija	AOT40 akumulirana od maja do julija	$6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$		
Opozorilna vrednost	Zdravje	1 ura	$180 \mu\text{g}/\text{m}^3$		
Alarmna vrednost	Zdravje	1 ura	$240 \mu\text{g}/\text{m}^3$		

AOT40 vrednost je izražena v $(\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot \text{ure}$ in pomeni vsoto razlik med urnimi ravnmi večjimi od $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in ravnjo $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v danem času z upoštevanjem enournih vrednosti, izmerjenih vsak dan med 8:00 in 20:00 po srednjeevropskem času (CET).

8.2 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih ravni in število preseženih ciljnih, opozorilnih in alarmnih vrednosti v letu 2018 je podan v tabelah 8.2–8.6 ter na slikah 8.1 in 8.3.

Leto 2018 je bilo v Sloveniji drugo najtoplejše odkar potekajo meritve, tudi poleti so temperature povsod presegle dolgoletno povprečje, najvišje izmerjene temperature pa niso segle rekordno visoko. Izmerjene ravni ozona so bile v primerjavi z letom 2017, ki je bilo poleti toplejše, nižje in manj je bilo zabeleženih preseganj opozorilne in ciljne vrednosti. V tem letu so bila preseganja opozorilne vrednosti za ozon zabeležena le na Primorskem, in sicer v Kopru, Novi Gorici in na Otlici. Vsa preseganja so bila zabeležena 30. junija ter 19. julija in 20. julija 2018. Alarmna vrednost v Sloveniji ni bila presežena že več kot deset let. Primerjava med merilnimi mesti kaže, da so bile najvišje ravni ozona izmerjene na Primorskem, najnižje pa na merilnih mestih izpostavljenih izpustom iz prometa. Najvišje urne vrednosti so bile izmerjene v Kopru, $185 \mu\text{g}/\text{m}^3$, v Novi Gorici, $211 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in na Otlici, $209 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (slika 8.1).

Najvišje povprečne letne vrednosti so izmerjene na višje ležečih merilnih mestih, na Krvavcu in Otlici. Najvišja raven v letu 2018, $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$, je bila kot že vsa leta doslej izmerjena na Krvavcu.

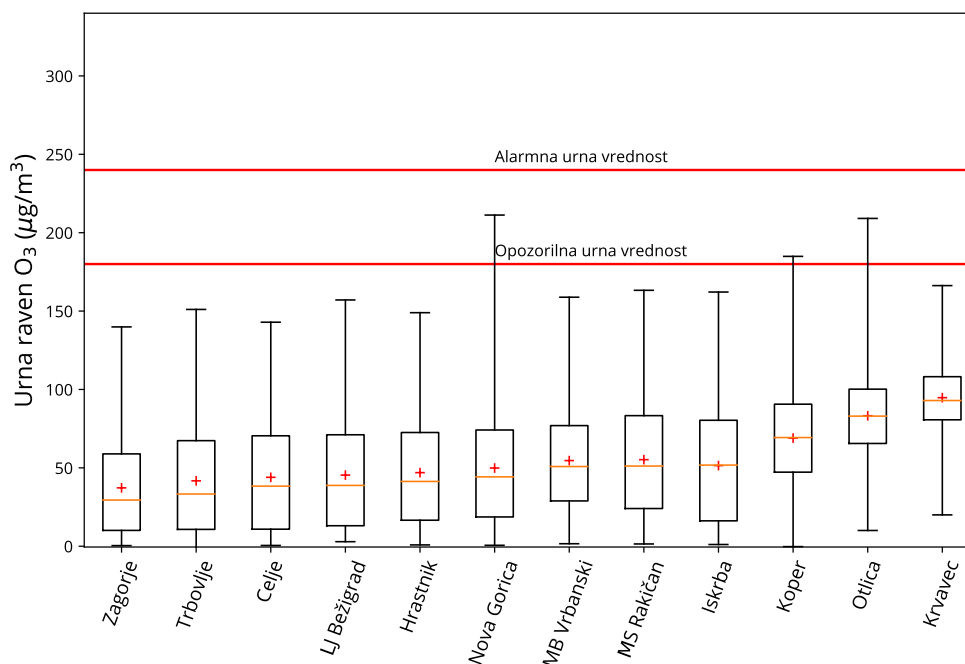
Maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost je bila v letu 2018 presežena na vseh merilnih mestih in na polovici merilnih mest je bilo preseganj več kot 25. Preseganja so bila zabeležena le v topli polovici leta v obdobju med marcem in septembrom, kar je razvidno iz tabel 8.3–8.6 in slike 8.3. Dovoljeno število preseganj 8-urne povprečne vrednosti v triletnem povprečju je bilo preseženo v Ljubljani, Novi Gorici, Kopru ter na Otlici in Krvavcu (tabela 8.9).

Za varovanje rastlin je predpisana ciljna vrednost AOT40. Ocenjujemo jo kot 5-letno povprečje AOT40 na merilnih mestih zunaj pozidanih območij (Murska Sobota Rakičan, Iskrba, Krvavec,

Otlica). Na vseh merilnih mestih so vrednosti višje od ciljne vrednosti.

Tabela 8.2: Raven ozona v zunanjem zraku ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2018. Prikazana je razpoložljivost podatkov (% pod), povprečna letna raven (C_p), maksimalna urna in maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost (max), število preseganj opozorilne (>OV) in alarmne vrednosti (>AV), število prekoračitev 8-urne ciljne vrednosti, AOT40 ter WHO smernice.

Merilno mesto	%pod	Leto C_p	varovanje zdravja				varovanje rastlin		8 ur WHO	
			1 ura max	>OV	>AV	8 ur max	8 ur >CV	maj-julij AOT40		5 let AOT40
Merilna mreža DMKZ										
LJ Bežigrad	100	45	157	0	0	145	22	16585	/	87
MB Vrbanski	99	55	159	0	0	151	30	20672	/	115
Celje	100	44	143	0	0	135	14	13187	/	71
MS Rakičan	97	55	163	0	0	143	30	22623	19511	116
Nova Gorica	99	50	211	9	0	184	42	22764	/	105
Trbovlje	100	42	151	0	0	142	10	10834	/	70
Zagorje	100	37	140	0	0	126	2	5904	/	33
Hrastnik	100	47	149	0	0	141	13	15231	/	91
Koper	99	69	185	1	0	169	54	28929	/	130
Otlica	100	83	209	3	0	178	55	28610	27656	158
Iskrba	97	51	162	0	0	148	17	14970	18701	89
Krvavec	98	95	166	0	0	152	67	26761	29904	173
Dopolnilna merilna mreža										
TE Šostanj										
Zavodnje	98	79	159	0	0	154	44	22368	/	/
Velenje	98	44	136	0	0	122	1	6918	/	/
TE Brestanica										
Sv. Mohor	99	68	162	0	0	139	30	17290	/	/
MO Maribor										
Pohorje	98	77	149	0	0	142	19	18176	/	/



Slika 8.1: Porazdelitev urnih ravni O_3 na merilnih mestih DMKZ v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Znak + prikazuje letno povprečje.

Zaradi vpliva sončnega obsevanja in temperature zraka na kemijske reakcije, pri katerih nastaja ozon, so ravni tega onesnaževala poleti precej višje kot pozimi (tabele 8.3 – 8.6, slika 8.3).

Na sliki 8.3 so prikazane mesečne vrednosti dnevni ravni ozona za več merilnih mest skupaj, ločeno za urbano in ruralno okolje. Letni potek je podoben za obe skupini, le da so povprečne dnevne vrednosti višje na večinoma višje ležečih ruralnih merilnih mestih. Na višje ležečih odprtih legah (Krvavec, Otlica) je dnevni hod precej manj izrazit. Na teh območjih je manj možnosti za reakcije z drugimi snovmi (npr. svežimi izpusti iz prometa) ter urbanimi površinami kot na merilnih mestih v nižjih in bolj urbanih predelih.

Za ozon je značilen izrazit dnevni hod, ki je za izbrana merilna mesta prikazan na sliki 8.2. Na merilnih mestih v nižinah nastopi izrazit maksimum med 13. in 17. uro, ko je sončno obsevanje močno in so temperature zraka najvišje. Najnižje ravni so zaznane v času jutranje prometne konice, ko ozon reagira z dušikovimi oksidi iz prometa. Na Krvavcu ni vpliva prometa.

Povprečne letne ravni ozona v zadnjih letih ne kažejo opaznih trendov. Razlike med posameznimi leti so posledica vremenskih razmer, posebej tistih poletij, ko so pogoji za nastanek ozona zaradi močnejšega sončnega obsevanja in višjih temperatur ugodnejši kot pozimi. Po visokih povprečnih letnih vrednostih izstopa predvsem leto 2003. To leto izstopa tudi po velikem številu preseganj ciljne 8-urne vrednosti. Po drugi strani je za leti 2014 in 2016 značilno manjše število preseganj ciljne 8-urne vrednosti. V teh dveh letih ni bilo zabeleženega nobenega preseganja opozorilne vrednosti. Leto 2018 je bilo med najtoplejšimi vendar poletje ni bilo zelo vroče, zato je bilo nekaj preseganj opozorilne in 8-urne vrednosti, izmerjene vrednosti so bile nižje kot leto poprej. Podatki o povprečnih letnih ravneh ozona za posamezna merilna mesta in število preseganj ciljne 8-urne vrednosti so podani v tabelah 8.7–8.9, v tabeli 8.10 je prikazano število preseganj opozorilne vrednosti. Na slikah 8.4 in 8.5 so prikazane statistične vrednosti za vsa merilna mesta DMKZ skupaj po posameznih letih.

Tabela 8.3: Povprečna mesečna raven ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2018.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	22	41	54	68	59	66	68	62	42	26	23	14
MB Vrbanški	22	47	67	75	73	70	80	77	55	40	22	23
Celje	26	37	55	62	63	60	64	59	40	26	19	16
MS Rakičan	28	56	73	73	73	71	75	66	50	38	26	16
Nova Gorica	16	48	50	65	64	72	76	70	58	42	24	13
Trbovlje	30	45	58	63	51	48	52	51	33	25	24	20
Zagorje	24	40	50	56	50	45	48	48	31	20	20	16
Hrastnik	33	50	64	69	61	57	60	56	39	29	25	21
Koper	38	60	66	86	82	89	100	93	81	65	40	28
Otlica	64	76	90	106	97	97	100	101	87	77	51	53
Iskrba	44	61	73	71	54	56	54	55	44	40	35	32
Krvavec	77	82	93	112	111	102	112	113	96	88	75	75
Zavodnje	55	67	83	98	93	88	104	105	84	72	41	55
Velenje	25	47	61	65	57	54	57	50	35	31	20	21
Sv. Mohor	45	62	81	93	87	81	82	84	69	59	35	37
Pohorje	52	61	80	96	95	88	102	100	84	72	43	57

Tabela 8.4: Maksimalna urna raven ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) po mesecih v letu 2018.

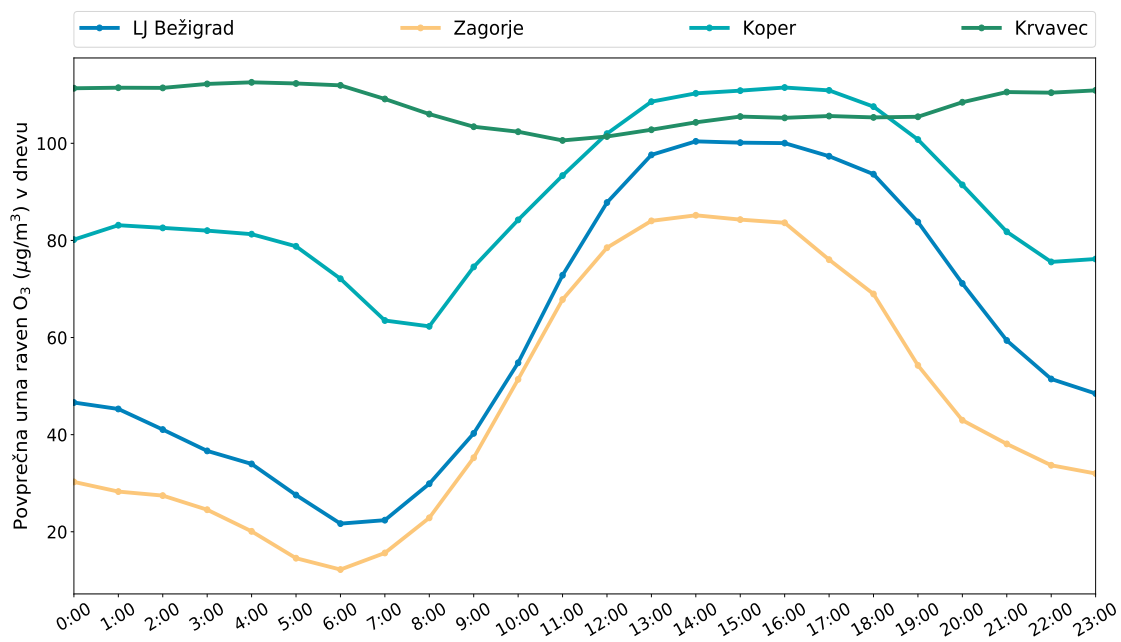
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	82	95	117	132	127	150	157	153	123	105	87	67
MB Vrbanski	82	98	112	140	142	141	151	159	128	122	79	68
Celje	86	93	122	140	124	142	142	143	114	105	91	71
MS Rakičan	79	106	163	147	140	131	149	152	136	123	83	70
Nova Gorica	77	93	117	135	137	211	195	167	157	112	78	66
Trbovlje	86	99	123	150	139	142	139	151	115	106	89	72
Zagorje	82	95	114	140	118	116	128	134	99	95	76	61
Hrastnik	88	100	124	148	147	142	145	149	124	109	86	73
Koper	81	95	117	144	133	185	174	177	169	114	88	71
Otlica	93	107	132	151	143	209	182	160	164	118	82	84
Iskrba	89	100	125	139	126	126	153	162	121	118	89	76
Krvavec	107	108	127	146	144	153	149	166	121	125	112	92
Vnajnarje	66	75	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Zavodnje	89	105	123	138	135	146	155	159	136	121	86	88
Velenje	82	101	119	136	116	120	131	125	112	107	77	76
Sv. Mohor	86	113	123	141	149	134	144	162	154	121	84	76
Pohorje	81	96	116	138	133	135	139	149	125	119	89	83

Tabela 8.5: Število prekoračitev urne opozorilne ravni ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ozona v letu 2018.

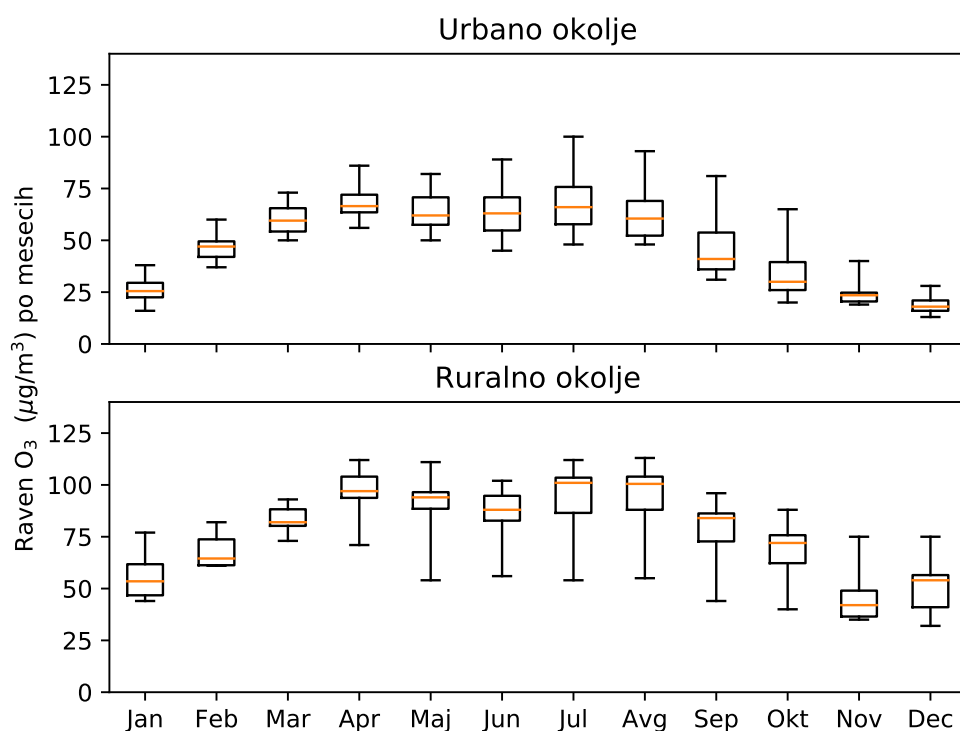
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MB Vrbanski	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MS Rakičan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nova Gorica	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0
Trbovlje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zagorje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hrastnik	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Koper	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Otlica	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
Iskrba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krvavec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vnajnarje	0	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Zavodnje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Velenje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sv. Mohor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pohorje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 8.6: Število prekrasitev 8-urne ciljne ravni ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ozona v letu 2018.

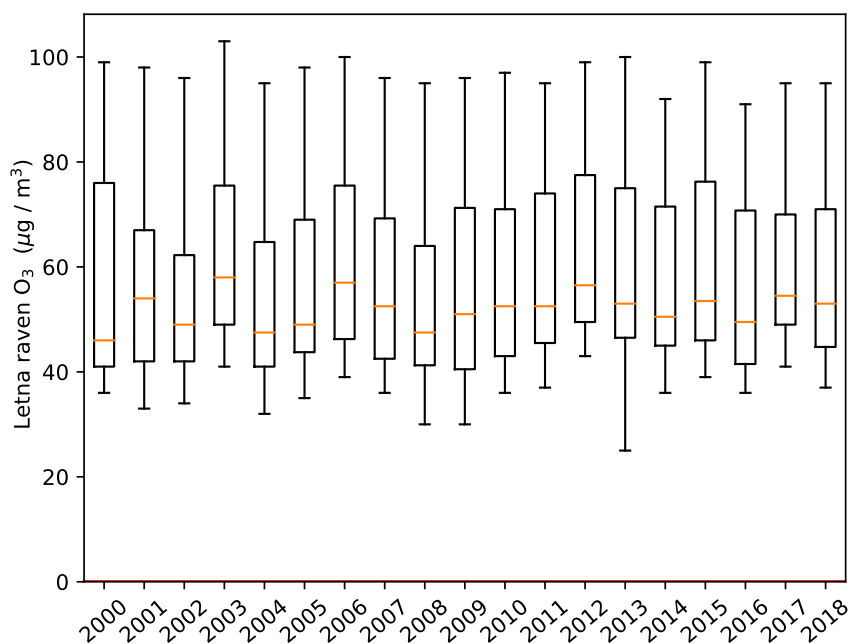
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	0	0	0	4	0	3	9	6	0	0	0	0
MB Vrbanski	0	0	0	2	3	2	11	12	0	0	0	0
Celje	0	0	0	4	0	1	4	5	0	0	0	0
MS Rakičan	0	0	2	5	3	1	9	10	0	0	0	0
Nova Gorica	0	0	0	6	0	9	14	11	2	0	0	0
Trbovlje	0	0	0	4	0	1	2	3	0	0	0	0
Zagorje	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Hrastnik	0	0	0	3	0	1	5	4	0	0	0	0
Koper	0	0	0	6	0	11	18	14	5	0	0	0
Otlica	0	0	2	11	4	11	11	14	2	0	0	0
Iskrba	0	0	1	5	1	0	7	3	0	0	0	0
Krvavec	0	0	2	15	10	8	15	17	0	0	0	0
Vnajnarje	0	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Zavodnje	0	0	0	7	2	3	14	17	1	0	0	0
Velenje	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Sv. Mohor	0	0	0	7	5	3	6	8	1	0	0	0
Pohorje	0	0	0	2	3	2	8	9	0	0	0	0



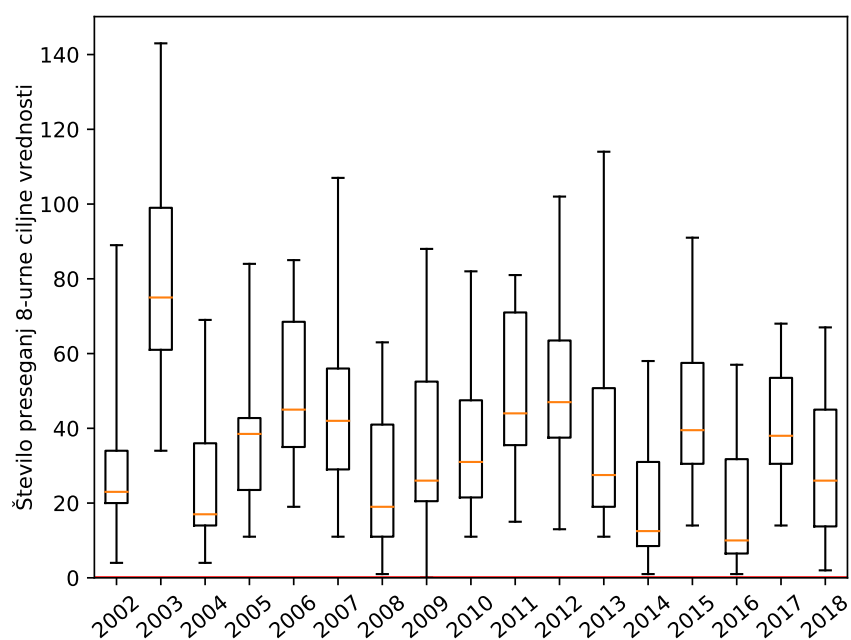
Slika 8.2: Povprečni dnevni potek ravni O₃ na izbranih merilnih mestih med aprilom in septembrom 2018.



Slika 8.3: Porazdelitev povprečne dnevne ravni O₃ po mesecih na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.



Slika 8.4: Porazdelitev povprečne letne ravni O₃ na vseh merilnih mestih za posamezna leta. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.



Slika 8.5: Porazdelitev preseganj 8-urne ciljne vrednosti za ozon na merilnih mestih DMKZ za posamezna leta. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.

Tabela 8.7: Povprečna letna raven ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) za obdobje 2000-2018.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Krvavec	99	98	96	103	95	98	100	96	95	96	97	95	99	100	92	99	91	95	95
Iskrba	61	58	53	60	54	56	60	54	50	53	55	51*	56	52	52	51	50	59	51
Otlica	/	/	/	/	/	/	95	88	82	83	83	80	87	88*	78	83	78	84	83
LJ Bežigrad	42	44	41	48	42	44	45	42	42	40	41	43	46	46	38	43	39	49	45
Maribor	36	33	37	44	34	35	39	37	37	39	40	37	43	25*	/	/	/	/	/
Celje	41	44	46	50	38	43	45	42	41	39	42	45	49	46	42	42	39	46	44
Trbovlje	37	/	40	48	35	37	41	38	33	40	42	41	46	43	39	42	36	44	42
Hrastnik	46	37	46	52	43	35	50	44	41	42	48	47	51	48	45	47	41	52	47
Zagorje	/	/	34	41	32	44	39	36	30	30	36	41	43	42	36	39	36	41	37
MS Rakičan	46	54	52	58	48	50	50	47	45	45	51	52	55	53	45	46	48	53	55
Nova Gorica	/	/	45	58	47	48	50	47	43	44	46	53	57	53	46	52	46	50	50
Koper	/	/	/	/	/	/	74	66	67	69	68	72	74	73	69	74	67	73	69
Zavodnje	58	75	66	78	64	75	76	71	65	72	73	77	78	75	70	77	72	73	79
Velenje	38	40	54	55	43	46	54	51	42	49	51	80	52	51	46	46	43	49	44
Kovk	76	71	65	78	69	72	72	67	61	68	71	74	76	67	80	87	75	/	/
Sv. Mohor	/	/	/	/	57	68	66	64	59	54	54	48	67	75	67	70	54	68	68
Vnainjarje	77	63	67	73	67	68	76	70	60	74	73	74	82	86*	76	74	66	69	/
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	49	55	49	56	55
MB Pohorje	86	/	/	88	76	79	82	76	74	74	71	71	80	76	72	81	72	74	77

* Podatki so zaradi prevelikega izpada podatkov informativnega značaja.
Opomba: Podatki za leta od 1992-2000 so na voljo v [14].

Tabela 8.8: Število preseganj 8-urne ciljne vrednosti ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) v posameznem letu za obdobje 2002–2018.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
LJ Bežigrad	23	73	31	36	45	42	19	26	20	44	47	29	7	42	13	51	22
Maribor	4	18	1	0	7	3	0	4	3	0*	5	0*	/	/	/	/	/
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7	53	7	31	30
Celje	29	75	17	43	38	32	15	20	22	39	39	21	10	29	7	29	14
MS Rakičan	36	99	15	31	26	33	9	15	22	44	47	26	9	31	7	34	30
Nova Gorica	34	101	42	41	55	47	24	31	41	66	65	48	31	65	34	51	42
Trbovlje	9	61	4	13	32	15	6	23	21	23	23	11	10	22	5	28	10
Zagorje	4	34	5	11	19	11	1	0	11	15	13	13	1	14	1	14	2
Hrastnik	20	60	14	21	39	26	13	21	31	36	36	24	15	33	5	33	13
Koper	/	/	/	42	72	51	58	57	56	81	62	64	42	79	51	61	54
Otlica	/	/	/	/	85	98	50	67	54	76	73	59*	31	55	31	61	55
Iskrba	23	82	36	58	65	61	32	48	36	35	54	33	24	37	14	42	17
Krvavec	89	143	69	84	84	107	63	88	82	76	102	114	58	91	57	68	67

* Podatki so zaradi prevelikega izpada podatkov informativnega značaja.

Tabela 8.9: Število preseganj 8-urne ciljne vrednosti ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) v drsečem povprečju treh let za obdobje 2002–2018. Prekoračitve predpisane vrednosti so označene odebeljeno.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
LJ Bežigrad	42	47	37	41	35	29	22	30	37	40	28	26	21	35	29
Maribor	8	6	3	3	3	2	2	2*	3	/	/	/	/	/	/
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	24	22	30	23
Celje	40	45	33	38	28	22	19	27	33	33	23	20	15	22	17
MS Rakičan	50	48	24	30	23	19	15	27	38	39	27	22	16	24	24
Nova Gorica	59	61	46	48	42	34	32	46	57	60	48	48	43	50	42
Trbovlje	25	26	16	20	18	15	17	22	22	19	15	14	12	18	14
Zagorje	14	17	12	14	10	4	4	9	13	14	9	9	5	10	6
Hrastnik	31	32	25	29	26	20	22	29	34	32	25	24	18	24	17
Koper	/	/	/	55	60	55	57	65	66	69	56	62	57	64	55
Otlica	/	/	/	/	78	72	57	66	68	69*	54*	48*	39	49	49
Iskrba	47	59	53	61	53	47	39	40	42	41	37	31	25	31	24
Krvavec	100	99	79	92	85	86	78	82	87	97	91	88	69	72	64

* Podatki so zaradi prevelikega izpada podatkov informativnega značaja.

Tabela 8.10: Število preseganj opozorilne vrednosti ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) za obdobje 2002–2018.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
LJ Bežigrad	4	18	4	11	9	7	0	0	0	0	3	1	0	0	0	6	0
Maribor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/	/	/	/	0
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0	0	0
Celje	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
MS Rakičan	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nova Gorica	26	100	25	31	33	18	0	0	0	2	18	20	0	6	0	4	9
Trbovlje	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0
Zagorje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hrastnik	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Koper	/	/	/	16	36	9	0	3	2	4	13	22	0	9	0	5	1
Otlica	/	/	/	/	67	43	5	2	3	1	12	33*	0	0	0	15	3
Iskrba	0	11	1	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krvavec	0	8	7	7	23	18	0	0	14	0	10	6	0	1	0	1	0

* Podatki so zaradi prevelikega izpada podatkov informativnega značaja.

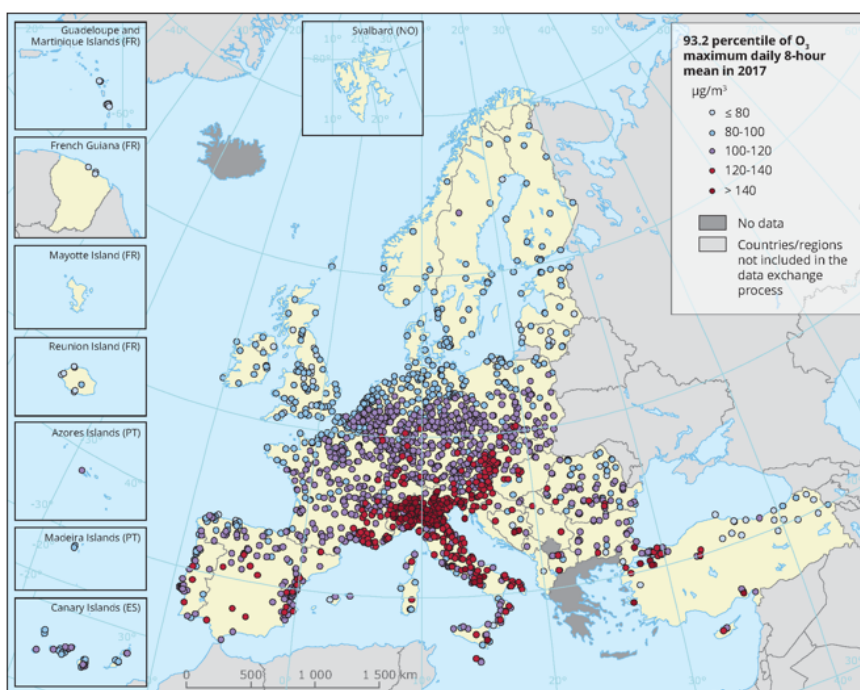
8.3 Epizode čezmerne onesnaženosti

V letu 2018 smo zabeležili preseganje opozorilne urne vrednosti 30. junija, ter 19. in 20. julija. Dne 30. junija so bila zabeležena preseganja opozorilne vrednosti v Novi Gorici, na Otlici in v Kopru. V Novi Gorici in na Otlici so ta dan izmerjene ravni presegle $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V začetku poletja je sonce najvišje na obzorju in je zelo močno, kar ugodno vpliva na nastanek ozona. Do preseganj je prišlo v popoldanskem času, ko so na Primorskem prevladovali šibki zahodni vetrovi.

Dne 19. in 20. julija je nad našimi kraji prevladovalo območje visokega zračnega tlaka s temperaturami nad 30°C in z vetrom zahodnih smeri, ki je k nam prinesel onesnažen zrak iz Italije. Tudi v tem obdobju je bila presežena opozorilna vrednost v Novi Gorici in enkrat na Otlici. Najvišja urna raven je bila izmerjena v Novi Gorici, in sicer $195 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

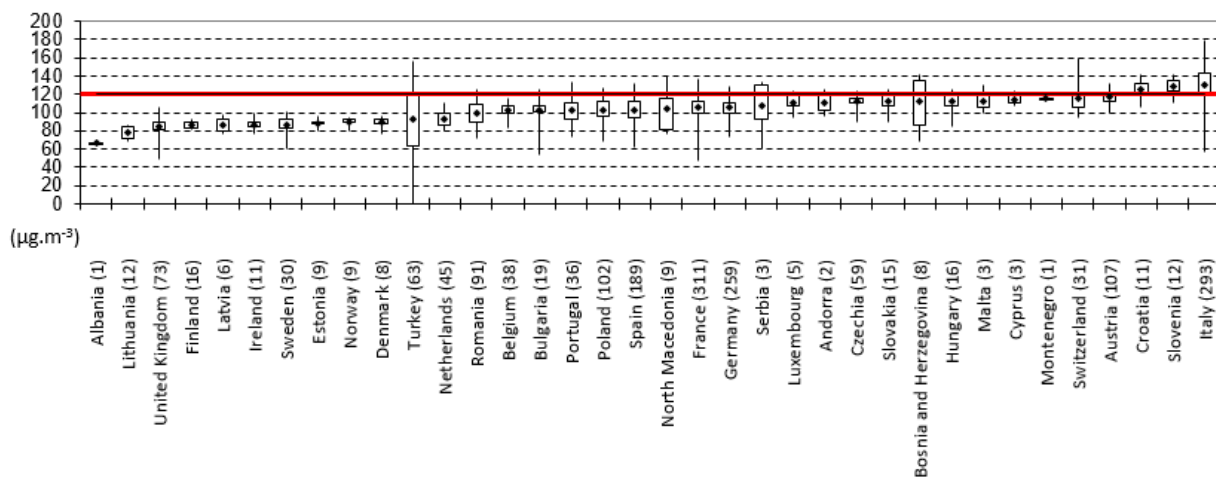
8.4 Analiza ravni onesnaženosti v EU

Na raven ozona v veliki meri vplivajo podnebne razmere in leto 2017 je bilo med najtoplejšimi leti v zgodovini meritev. Raven ozona je višja v južnem delu Evrope, ker je tvorba ozona intenzivnejša pri višjih temperaturah in močnejšem sončnem obsevanju. Visoka raven ozona je tudi v območjih zgoščenih izpustov prekursorjev ozona, kot na primer v sosednji Padski nižini, kar je lepo razvidno iz prikaza onesnaženosti posameznih merilnih mest v Evropski uniji (slika 8.6). Glede na doseganje skladnosti s ciljno vrednostjo sodi Slovenija v skupino z ozonom bolj obremenjenih držav (slika 8.7).



Slika 8.6: Šestindvajseta najvišja dnevna 8-urna povprečna koncentracija O_3 v letu 2017 [1] za poročana merilna mesta držav Evropske unije (označene s piko). Z barvo je označen razred, v katerega spadajo merilna mesta glede na 26. 8-urno povprečno koncentracijo O_3 .

V letnem poročilu Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) [13] so predstavljene informacije o kakovosti zraka v letu 2018 za neizpostavljena področja v Evropi za vsa glavna

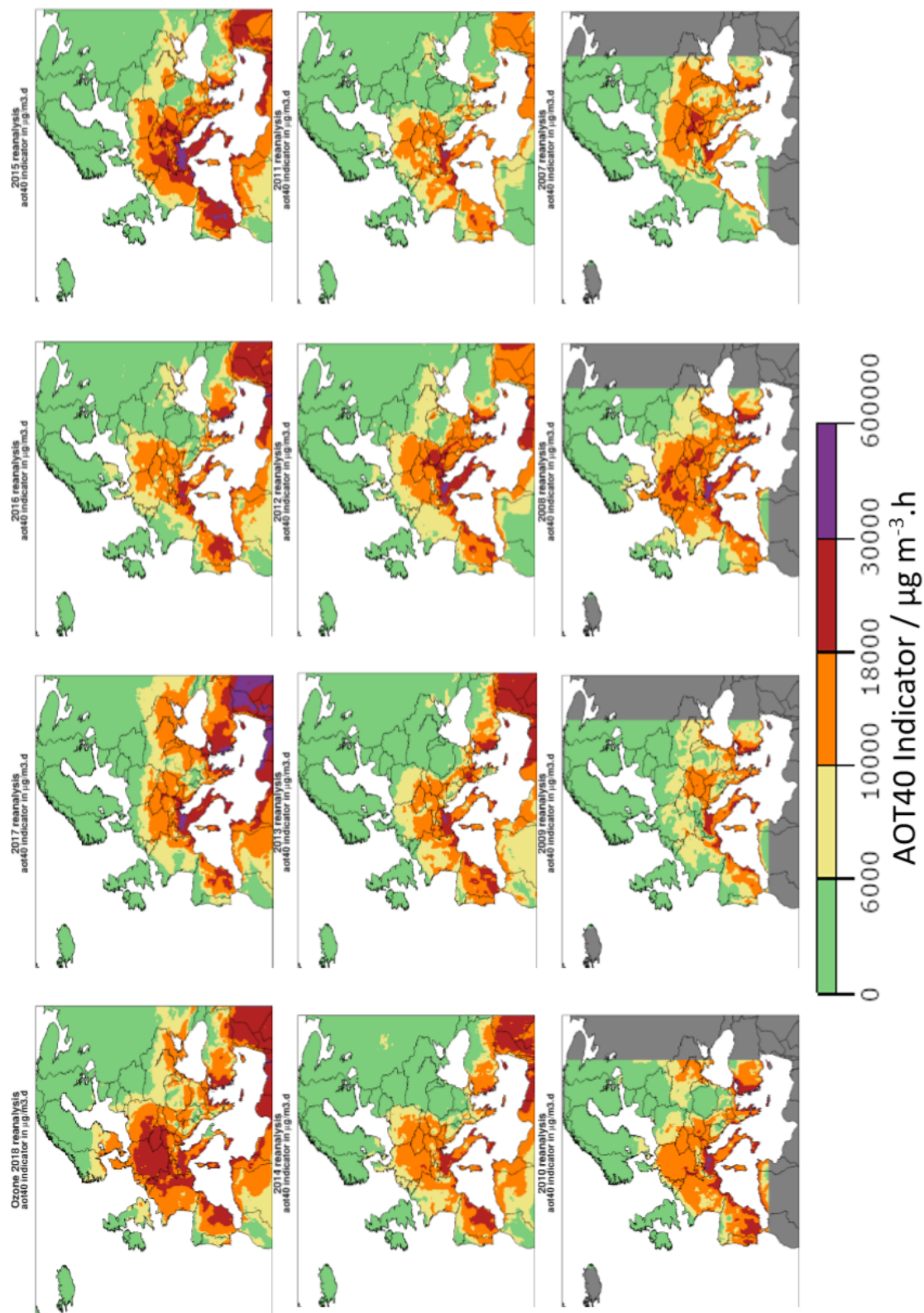


Slika 8.7: Stopnja skladnosti za ozon z dnevno 8-urno ciljno vrednostjo za države EU [1] za leto 2017. Graf prikazuje 26. najvišjo 8-urno vrednost (93,15 percentil) na posameznem merilnem mestu po državah EU v primerjavi s ciljno vrednostjo (rdeča črta). Prikazane so najnižja in najvišja koncentracija (26. najvišja za merilno mesto), oba kvartila in povprečna 26. najvišja koncentracija za posamezno državo.

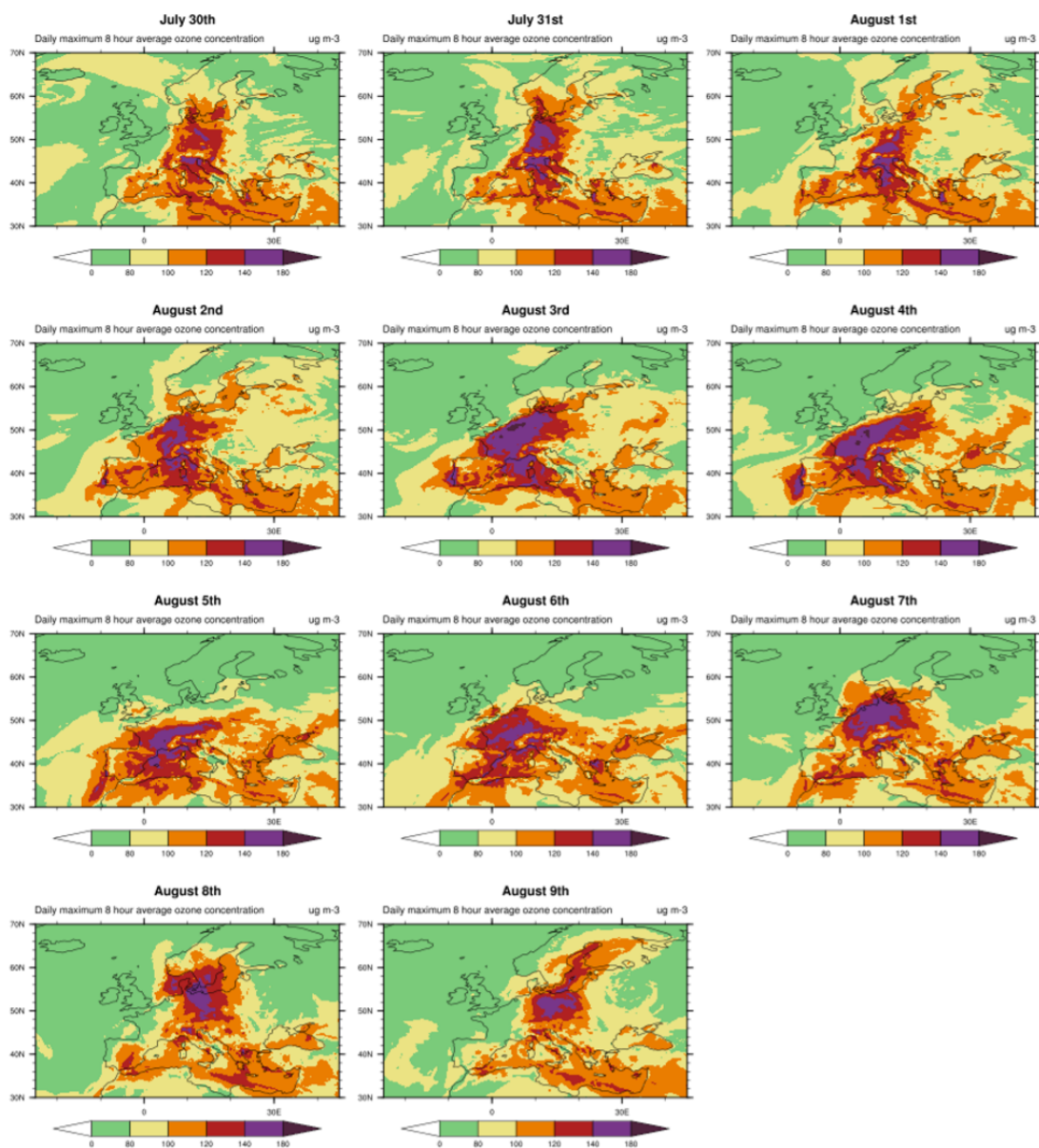
onesnaževala, tudi ozon. Poročilo temelji na nekontroliranih meritvah in modelskih rezultatih modela CAMS.

V letu 2018 je bilo v celotni Evropi zabeleženih veliko več preseganj opozorilne urne in dolgoročne ciljne vrednosti za ozon kot v prejšnjih letih, kar je pogojeno z meteorološkimi razmerami, saj je bilo leto 2018 med najtoplejšimi leti. V severnem delu Evrope so bile temperature neobičajno visoke, suša in požari so povzročili znatno škodo na vegetaciji. V južnem delu Evrope je bilo več padavin kot običajno in ravni onesnaženosti z ozonom niso bile ekstremno visoke, zato najbrž tudi v Sloveniji ni opaziti, da bi to leto odstopalo od prejšnjih.

Izjemno za to leto je, da je bilo veliko več preseganj ozona izmerjenih v severnem delu Evrope, predvsem v Nemčiji in južni Skandinaviji. Največ preseganj opozorilne urne in dolgoročne ciljne vrednosti je bilo zabeleženih v daljši epizodi od 30. julija do 9. avgusta 2018, ko je nad Evropo prevladovalo obširno področje visokega zračnega pritiska z visokimi temperaturami. Z modelom je bilo dokazano, da sta promet in industrija glavna antropogena vira, ki sta prispevala k povišanemu ravni ozona v tem času. V Sloveniji v tem obdobju ni bilo preseganj opozorilne urne vrednosti, na nekaterih merilnih mestih v tem obdobju ni bilo niti preseganj 8-urnih vrednosti.



Slika 8.8: Prikaz AOT40 v letih od 2007 do 2018.



Slika 8.9: Prikaz maksimalne 8-urne dnevne vrednosti v obdobju od 30. 7. 2018 do 9. 8. 2018.

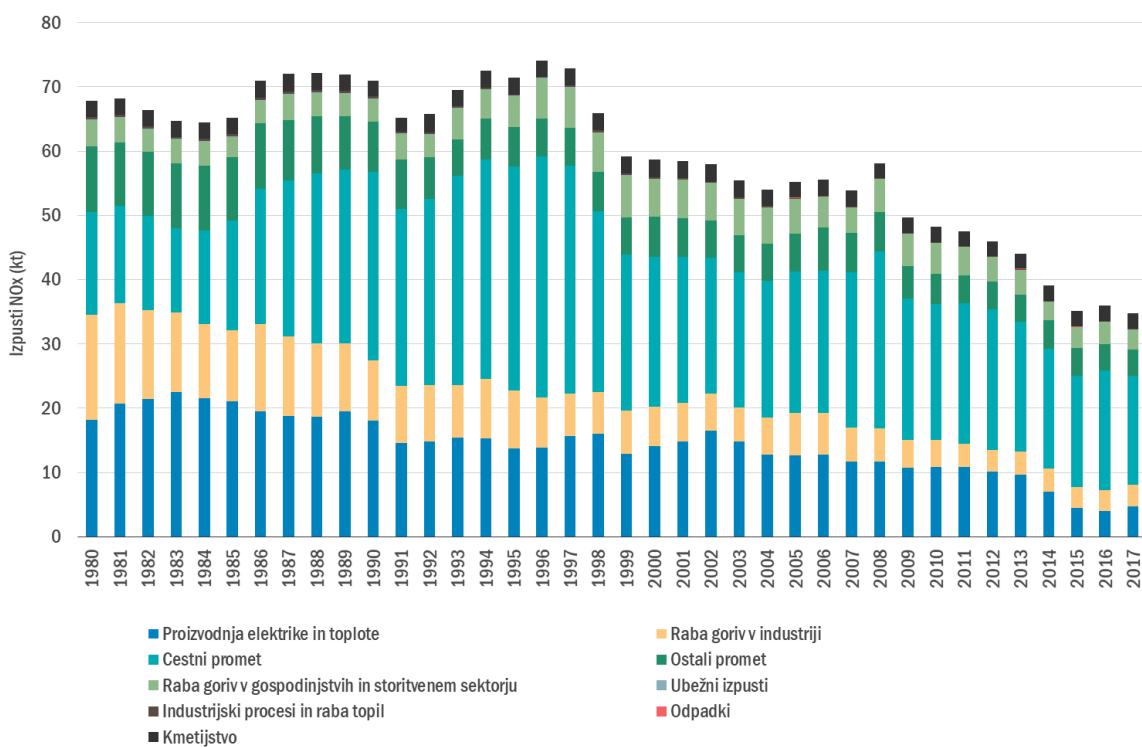
9. Dušikovi oksidi

Dušikovi oksidi so spojine, ki so sestavljeni iz atomov kisika in dušika. Obstaja šest takšnih spojin: NO, NO₂, N₂O, N₂O₃, N₂O₄, N₂O₅. V ozračju je največ dušikovega monoksida (NO) in dušikovega dioksida (NO₂). Iz izpustov prihaja v zrak največ dušikovega monoksida, ki se v ozračju postopno oksidira v dušikov dioksid. Zdravju je bolj škodljiv dušikov dioksid. Dušikovi oksidi spadajo med predhodnike ozona in posredno vplivajo na podnebne spremembe. Neposredni toplogredni učinek ima sicer nestrupeni N₂O, ki je po učinku segrevanja ozračja takoj za CO₂, CH₄ in halogeniranimi ogljikovodiki [15].

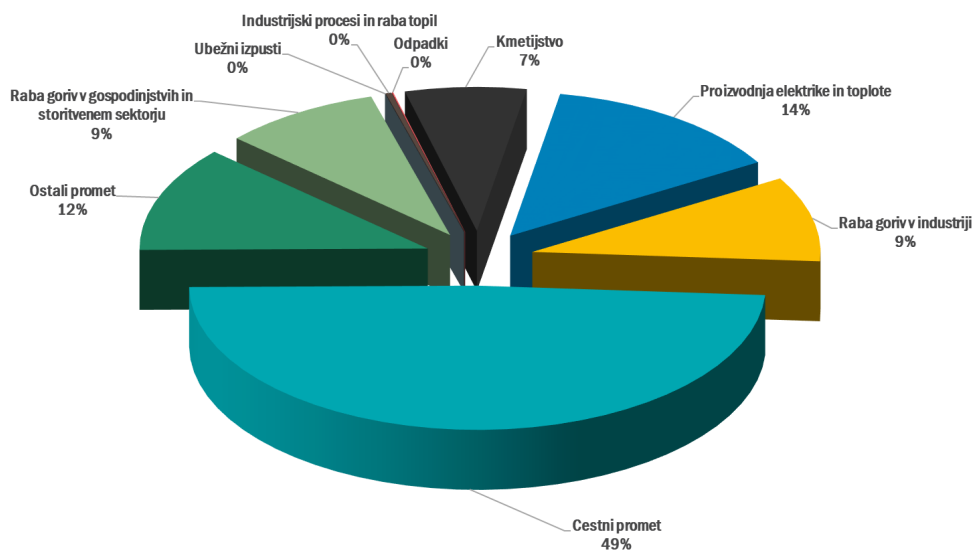
9.1 Izpusti

Skoraj polovico dušikovih oksidov prihaja v ozračje iz prometa, precejšen delež pa prispeva tudi proizvodnja električne in toplotne energije. Letni izpusti NO_x so v Sloveniji leta 2017 znašali 35 tisoč ton. V obdobju 1980-2017 so se zmanjšali za 49 %. Največji vir izpustov NO_x je v letu 2017 predstavljal cestni promet, saj je k skupnim državnim izpustom prispeval kar 49 %. Izpusti NO_x po posameznih virih so prikazani na slikah 9.1 in 9.2.

Slovenija izpolnjuje obveznosti iz Direktive (EU) 2016/2284 o zmanjšanju nacionalnih emisij za nekatera onesnaževala zraka (NEC Direktiva) [3] in iz Protokola o zmanjševanju zakisljevanja, evtrofikacije in prizemnega ozona (Goeteborški protokol) h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [9]. Skupni izpusti NO_x so bili v letu 2017 za 23 % nižji od ciljne vrednosti (45 tisoč ton), ki ne sme biti presežena od leta 2010 dalje. Slovenija prav tako izpolnjuje zahteve iz Protokola o nadzoru nad dušikovimi oksidi h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [9]. Skupne državne vrednosti izpustov dušikovih oksidov ne presegajo vrednosti iz izhodiščnega leta 1987. Izpusti dušikovih oksidov se podajajo kot vsota vseh dušikovih oksidov izraženih v ekvivalentu NO₂.



Slika 9.1: Letni izpusti dušikovih oksidov po sektorjih v Sloveniji.



Slika 9.2: Izpusti dušikovih oksidov po sektorjih v Sloveniji v letu 2017.

9.2 Zahteve za kakovost zraka

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [6] sta predpisani mejni in alarmna vrednost za zaščito zdravja ter kritična vrednost za zaščito vegetacije. Prikazane so v tabeli 9.1.

Tabela 9.1: Mejni, alarmna in kritična vrednost za dušikove okside ter WHO smernice.

	Cilj	Čas merjenja	Vrednost	Dovoljeno število preseganj	WHO
Mejna vrednost	Zdravje	1 ura	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂	18 ur na leto	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂
Mejna vrednost	Zdravje	Koledarsko leto	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂		40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂
Alarmna vrednost	Zdravje	1 Ura	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂		
Kritična vrednost	Vegetacija	Koledarsko leto	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO _x		

9.3 Ravni onesnaženosti

Letna in urna mejna vrednost NO₂ (tabela 9.2), ki je predpisana za zaščito zdravja, v letu 2018 ni bila presežena na nobenem merilnem mestu.

Za zaščito vegetacije je predpisana kritična letna vrednost NO_x, ki se uporablja za neizpostavljena ruralna merilna mesta. V DMKZ med ruralna merilna mesta uvrščamo Mursko Soboto Rakičan in Iskrbo, kjer pa ne merimo ravni NO_x. V dopolnilni merilni mreži sta to merilni mesti Zavodnje in Sveti Mohor. Na nobenem ruralnem merilnem mestu kritična vrednost za NO_x ni bila presežena (tabela 9.2).

Porazdelitev urne ravni NO₂ na merilnih mestih DMKZ je prikazana na sliki 9.3. Tudi najvišje izmerjene urne vrednosti so na teh merilnih mestih pod mejno urno vrednostjo, ki je lahko po zakonodaji presežena 18-krat v enem letu.

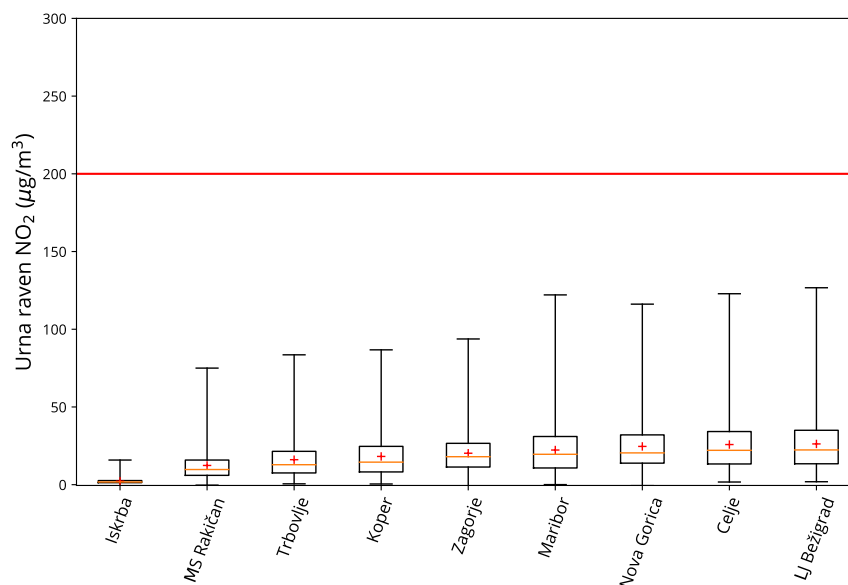
Ravni NO₂ imajo značilen letni in dnevni hod. Na vseh merilnih mestih so bile najnižje ravni izmerjene v poletnih mesecih, ko so vremenske razmere za razredčevanje izpustov ugodnejše. V tem obdobju so manjši tudi izpusti dušikovih oksidov zaradi zmanjšanega prometa (dopusti, počitnice, večja uporaba koles). Ravni NO₂ so najvišje pozimi, ko je ozračje najbolj stabilno in najslabše prevetreno, izpusti pa nekoliko višji kot poleti (tabeli 9.3 in 9.4 ter sliki 9.5 in 9.6).

Dnevni hod kaže, da so najnižje ravni med delovniki izmerjene ponoči (slika 9.7). Zjutraj in popoldne se ob jutranji in popoldanski prometni konici pojavljata dve obdobji višjih ravni zaradi povečanih izpustov dušikovih oksidov. Na sliki 9.7 lahko opazimo razliko med delavniki ter vikendi. Med tednom so večino dneva ravni višje zaradi intenzivnejšega prometa, medtem ko so med vikendi višje vrednosti v zgodnjih jutranjih urah.

Tabela 9.2: Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečna letna (C_p) in maksimalna letna vrednost (max) izražene v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ter število preseganj mejne (>MV) in alarmne (>AV) vrednosti za NO_2 . Razpoložljivost podatkov (% pod) in povprečna letna vrednost za NO_x (C_p) izražena v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v letu 2018.

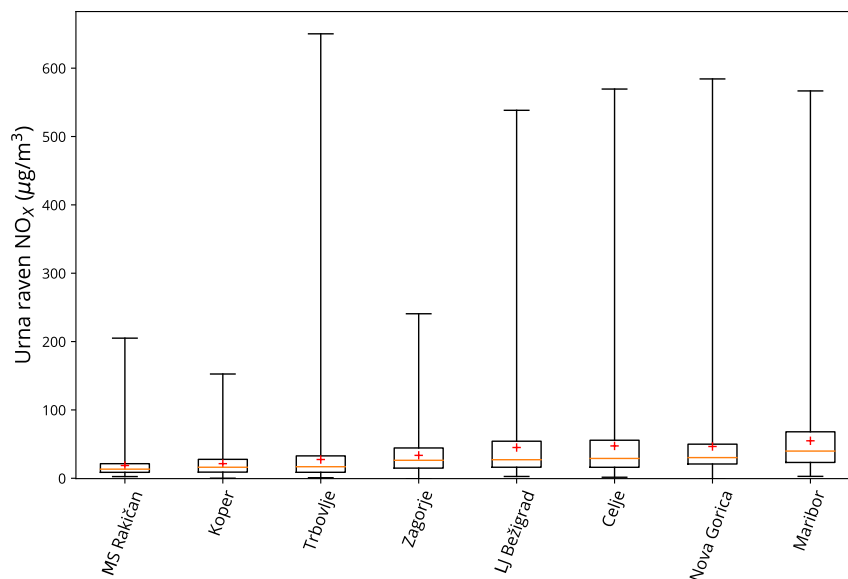
Merilno mesto	varovanje zdravja NO_2					varovanje rastlin NO_x	
	%pod	C_p	max	>MV	>AV	%pod	C_p
Merilna mreža DMKZ							
LJ Bežigrad	100	26	127	0	0	100	45
Maribor	92	22	122	0	0	92	55
Celje	100	26	123	0	0	100	47
MS Rakičan	98	12	75	0	0	98	19
Nova Gorica	91	25	116	0	0	91	46
Trbovlje	99	16	84	0	0	99	27
Zagorje	100	20	94	0	0	100	34
Koper	98	18	87	0	0	99	21
Iskrba	99	2	16	0	0	/	/
Dopolnilna merilna mreža							
TE Šoštanj							
Šoštanj	100	12	65	0	0	100	21
Zavodnje	99	5	52	0	0	99	6
Škale	99	7	45	0	0	99	8
TE Brestanica							
Sv. Mohor	100	7	48	0	0	100	8
OMS MOL							
LJ Center*	63	48	150	0	0	63	128
MO Celje							
CE Gaji	99	17	105	0	0	99	46
MO Maribor							
MB Vrbanski	82	15	134	0	0	82	19

* Podatki so zaradi prevelikega izpada podatkov informativnega značaja.



Slika 9.3: Porazdelitev urne ravni NO_2 na merilnih mestih DMKZ v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje urno mejno vrednost.

V zadnjih desetih letih je bilo zabeleženo preseganje letne mejne vrednosti za zaščito zdravja le na merilnem mestu Ljubljana Center, drugje preseganj ni bilo (tabela 9.6). Meritve kažejo, da



Slika 9.4: Porazdelitev urne ravni NO_x na merilnih mestih DMKZ v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.

se letne povprečne ravni dušikovega dioksida nekoliko spreminjajo (slika 9.8) predvsem zaradi meteoroloških pogojev. Ob toplejših zimah z več vetra in padavin ter ob manjšem številu temperaturnih obratov so ravni nižje, ob nasprotnih pogojih pa višje. Podatki o povprečni letni ravni za posamezna merilna mesta od leta 2000 so prikazani v tabeli 9.6. Na sliki 9.8 je prikazana porazdelitev povprečne letne ravni NO_2 na vseh merilnih mestih od leta 2002 naprej.

Tabela 9.3: Povprečna mesečna raven NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2018.

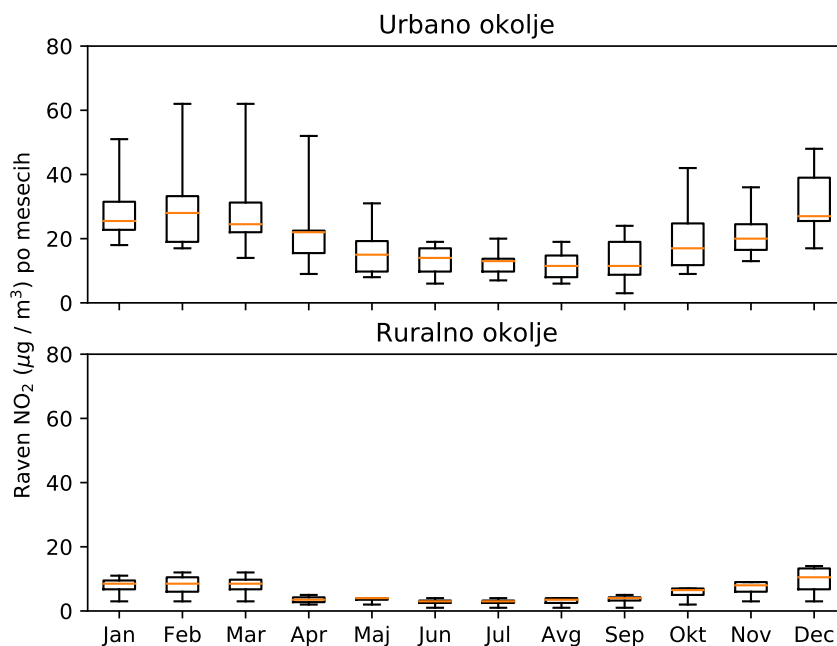
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	36	37	32	22	20	17	17	19	24	30	24	38
Maribor	27	29	31	22	19	15	13	13	11	11	30	39
Celje	30	39	34	24	19	17	16	17	22	27	26	40
MS Rakičan	19	17	15	10	8	6	7	8	9	12	14	26
Nova Gorica	39	27	22	23	21	19	20	19	19	24	21	39
Trbovlje	22	25	22	15	13	10	10	10	12	16	15	24
Zagorje	23	32	25	18	15	15	13	13	19	23	21	26
Koper	24	17	24	22	15	13	13	14	15	17	17	27
Iskrba	3	3	3	2	2	1	1	1	1	2	3	3
Šoštanj	18	19	14	9	8	9	9	10	8	9	13	17
Zavodnje	8	7	8	3	4	3	3	4	4	6	7	8
Skale	11	12	12	5	4	4	4	4	4	7	9	13
Sv. Mohor	9	10	9	4	4	3	3	3	5	7	9	14
LJ Center	51	62	62	52	31	24	/	/	/	42	36	48
CE Gaji	27	30	26	16	10	11	10	8	9	17	18	23
MB Vrbanski	23	19	24	/	9	8	7	6	5	9	19	27

Tabela 9.4: Maksimalna urna raven NO₂ (µg/m³) po mesecih v letu 2018.

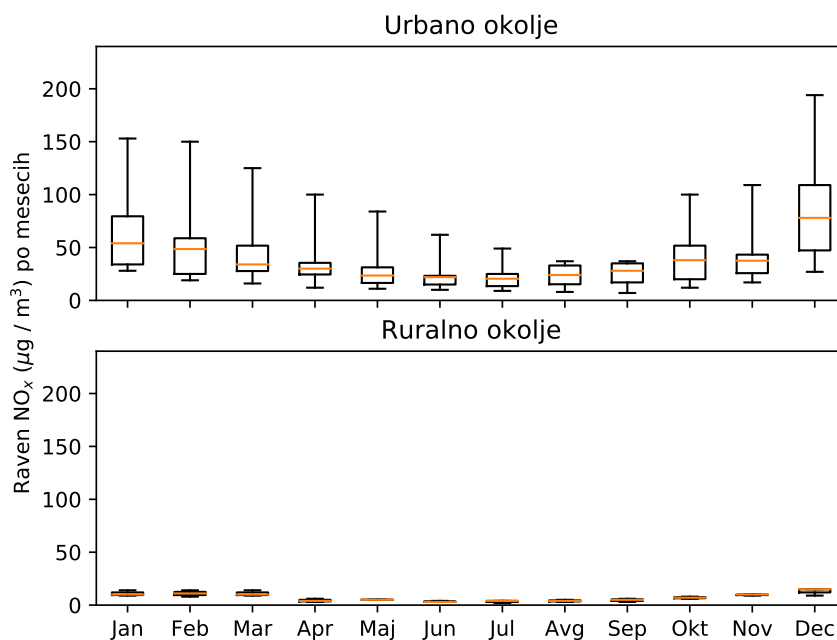
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	111	127	116	106	63	66	63	66	82	84	60	96
Maribor	64	67	103	74	51	51	35	42	35	33	122	95
Celje	105	103	123	85	65	70	55	56	76	84	73	94
MS Rakičan	56	70	57	46	42	27	26	35	45	46	55	75
Nova Gorica	106	111	63	81	61	59	65	66	64	63	56	116
Trbovlje	64	84	78	74	57	39	33	46	45	66	58	77
Zagorje	76	94	84	53	50	36	46	44	58	60	62	68
Koper	81	83	82	87	60	59	51	64	73	77	59	74
Iskrba	16	10	11	6	4	6	14	11	5	5	11	13
Šoštanj	56	57	65	34	56	41	36	24	29	33	37	53
Zavodnje	29	33	32	16	34	52	29	33	24	32	28	37
Škale	30	43	40	25	31	45	15	21	15	28	26	39
Sv. Mohor	32	37	35	19	14	15	21	17	20	32	32	48
LJ Center	115	150	141	141	102	47	/	/	/	98	77	115
CE Gaji	71	92	105	51	43	39	28	30	43	48	66	67
MB Vrbanški	75	80	98	/	30	30	24	27	24	51	69	83

Tabela 9.5: Povprečna mesečna raven NO_x (µg/m³) v letu 2018.

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	77	58	44	30	26	22	21	25	35	54	41	108
Maribor	87	61	62	38	40	36	30	33	35	36	78	112
Celje	73	62	51	33	24	22	20	23	35	57	50	118
MS Rakičan	28	21	18	12	14	11	11	12	14	20	22	49
Nova Gorica	102	48	30	31	30	27	28	33	34	51	37	100
Trbovlje	42	35	30	25	21	15	12	13	16	35	30	56
Zagorje	43	49	38	26	23	22	19	19	28	40	40	56
Koper	30	19	27	24	17	15	14	16	18	20	22	36
Šoštanj	35	26	16	14	15	22	21	26	18	15	17	27
Zavodnje	9	8	9	3	5	3	4	5	5	7	9	9
Škale	14	14	14	6	5	3	2	3	3	6	10	15
Sv. Mohor	10	11	10	4	5	4	4	4	6	8	10	15
LJ Center	153	150	125	100	84	71	/	/	/	100	109	194
CE Gaji	65	56	54	43	35	18	24	37	37	43	38	102
MB Vrbanški	31	22	28	/	11	10	9	8	7	12	27	42



Slika 9.5: Porazdelitev povprečne mesečne ravni NO₂ na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.



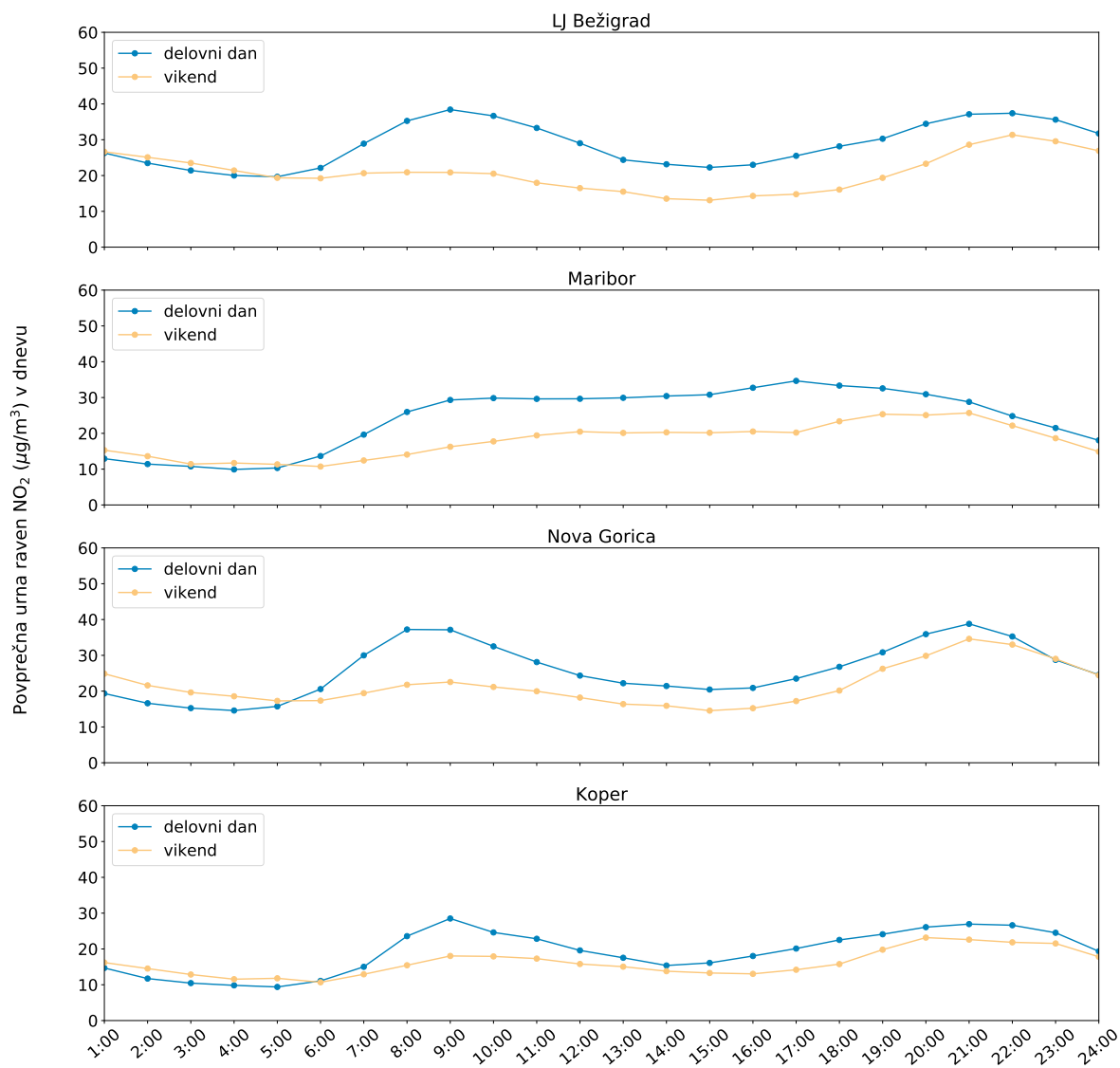
Slika 9.6: Porazdelitev povprečne mesečne ravni NO_x na merilnih mestih v urbanem in ruralnem okolju v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.

Tabela 9.6: Povprečne letne ravni NO₂ (µg/m³) v letih 2000-2018.

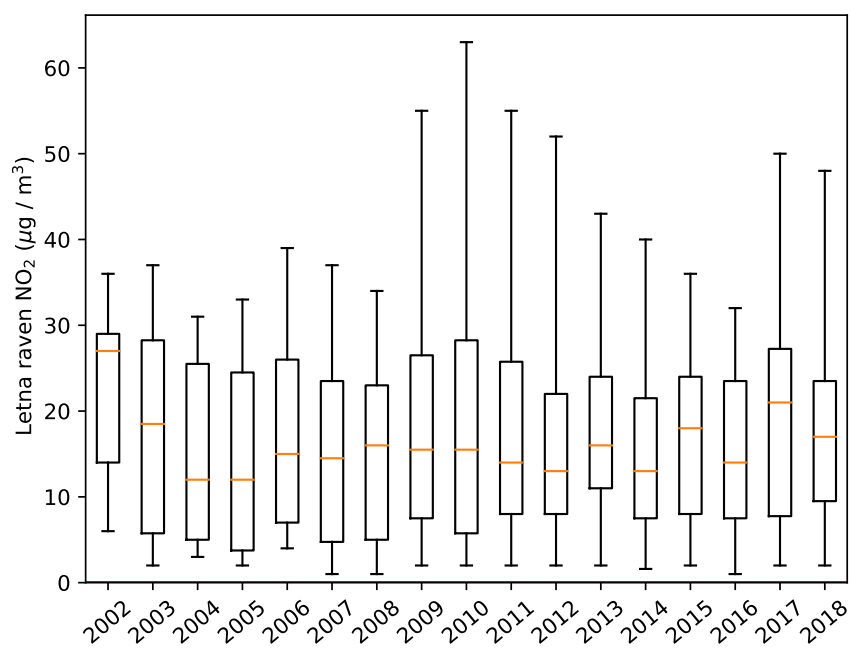
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
LJ Figovec	38	36	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
LJ Bežigrad	/	/	29	32	29	27	29	28	29	31	35	31	22	29	26	30	29	30	26
LJ Center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	55	63	55	52	43	40	36	32	50	48*
Maribor	44	38	36	37	31	33	39	37	34	32	34	34	33	32	30	31	27	27	22
MB Vrhanski	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	12	13	14	13	19	13	13	15
Celje	30	26	24	27	24	26	28	23	21	22	26	25	27	26	28	29	22	28	26
Trbovlje	28	/	28	32	27	24	23	22	23	17	20	17	17	16	17	18	18	21	16
Zagorje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	23	20	25	24	25	20
Nova Gorica	/	/	27	27	25	24	24	25	30	28	29	28	26	25	19	22	24	30	25
Koper	/	/	/	/	/	/	/	/	21	19	21	22	18	21	17	17	15	18	18
MS Rakičan	/	/	14	15	11	14	15	17	16	14	/	16	19	16	12	13	12	21	12
Iskrba	/	/	/	2	3	2	/	1	1	2	2	2	2	2	1.6	2	2	2	2
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8	16	12	18	/	/	/
Zavodnje	7	6	/	6	5	3	4	3	3	4	5	9	10	8	7	7	5	6	5
Škale	8	6	/	8	9	5	9	8	8	9	8	8	8	9	7	8	9	8	7
Kovk	7	6	6	3	13	10	12	12	12	9	9	11	7	13	8	8	6	/	/
Dobovec	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	6	6	15	13	3	1	/	/
Sveti Mohor	/	/	/	/	5	3	4	4	4	7	3	8	5	7	7	7	7	7	7
Vrnjarje	4	5	6	5	5	4	5	5	5	4	4	7	8	8	7	9	9	9	17
CE Gaji	53	38	30	22	/	/	/	/	/	/	/	/	/	20	23	23	16	22	17

Opomba: Podatki za leta od 1992-2000 so na voljo v [14].

* Podatki so zaradi prevelikega izpada podatkov informativnega značaja.



Slika 9.7: Urni potek ravni NO₂ na merilnih mestih v letu 2018.



Slika 9.8: Porazdelitev povprečne letne ravni NO₂ na vseh merilnih mestih za posamezna leta. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.

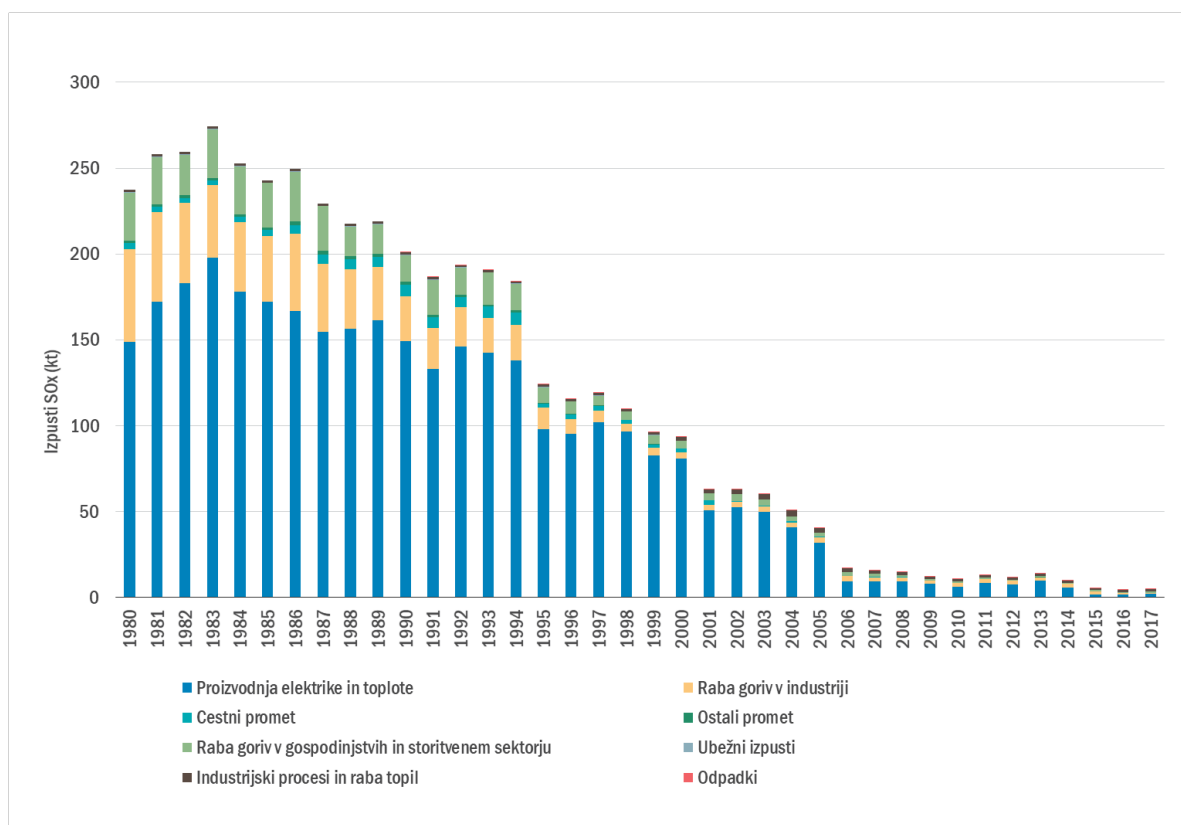
10. Žveplov dioksid

Žveplov dioksid (SO_2) je onesnaževalo, ki je pred nekaj desetletji predstavljalo največji problem za onesnaženost zraka v slovenskih mestih in v okolici termoelektrarn. Največji viri so bili takrat energetika, industrija in kurjenje premoga v individualnih kuriščih. Z opuščanjem premoga v individualnih kuriščih, velikim zmanjšanjem deleža žvepla v tekočih gorivih, izgradnjo odžveplevalnih naprav pri termoenergetskih objektih in s prenehanjem proizvodnje v delu industrije, so se izpusti toliko zmanjšali, da je raven onesnaženosti zunanjega zraka z žveplovim dioksidom na merilnih mestih DMKZ že nekaj let celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom za varovanje zdravja ljudi.

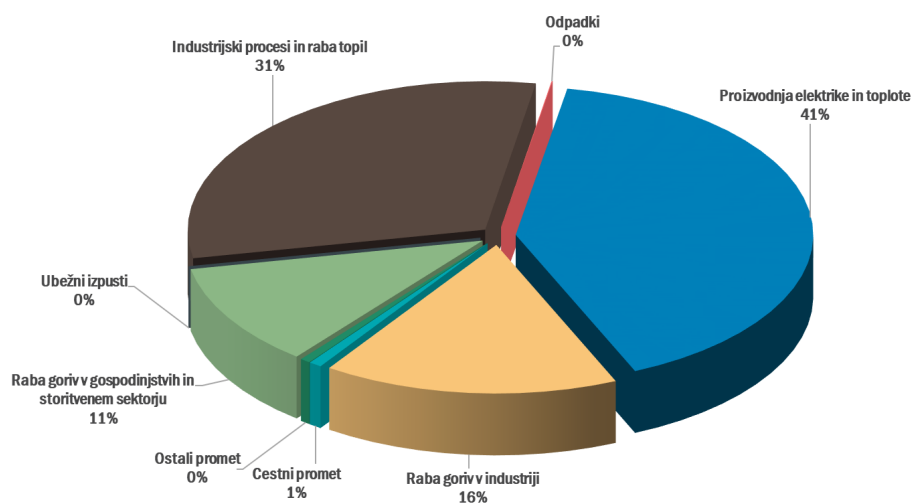
10.1 Izpusti

Največji viri žveplovih oksidov (SO_x) so proizvodnja električne in toplotne energije, industrijski procesi ter raba goriv v industriji, v preteklosti tudi raba premoga za ogrevanje gospodinjstev. Letni izpusti SO_x so v Sloveniji leta 2017 znašali 5 tisoč ton. V primerjavi z letom 1980 so se zmanjšali kar za 98 %. Največji, več kot tretjinski delež k skupnim izpustom SO_x , so v letu 2017 prispevale termoelektrarne in toplarne. Izpusti SO_x po posameznih virih so prikazani na sliki 10.1 in 10.2.

Slovenija izpolnjuje obveznosti iz Direktive (EU) 2016/2284 o zmanjšanju nacionalnih emisij za nekatera onesnaževala zraka (NEC Direktiva) [3] in iz Protokola o zmanjševanju zakisljevanja, evtrofikacije in prizemnega ozona (Goeteborški protokol) h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [9]. Skupni izpusti žveplovih oksidov so bili v letu 2017 za 82 % nižji od ciljne vrednosti (27 tisoč ton), ki ne sme biti presežena od leta 2010 dalje. Slovenija prav tako izpolnjuje zahteve iz Protokola o nadaljnjem zmanjševanju emisij žvepla h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [9]. Izpusti žveplovih oksidov se podajajo kot vsota vseh žveplovih oksidov izraženih kot SO_2 .



Slika 10.1: Izpusti SO_x v Sloveniji po letih in virih.



Slika 10.2: Izpusti SO_x v Sloveniji po virih v letu 2017.

10.2 Zahteve za kakovost zraka

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [6] sta predpisani mejni in alarmna vrednost za zaščito zdravja ter kritični vrednosti za zaščito vegetacije. Prikazane so v tabeli 10.1.

Tabela 10.1: Mejni, kritični in alarmna vrednost za žveplov dioksid ter WHO smernice.

	Cilj	Čas merjenja	Vrednost	Dovoljeno število preseganj	WHO
		10 minut			500 µg/m ³
Mejna vrednost	Zdravje	1 ura	350 µg/m ³	24	
Mejna vrednost	Zdravje	1 dan	125 µg/m ³	3	20 µg/m ³
Alarmna vrednost	Zdravje	1 ura (3 zaporedne)	500 µg/m ³		
Kritična vrednost	Vegetacija	koledarsko leto	20 µg/m ³		
Kritična vrednost	Vegetacija	zima (1.10-31.3)	20 µg/m ³		

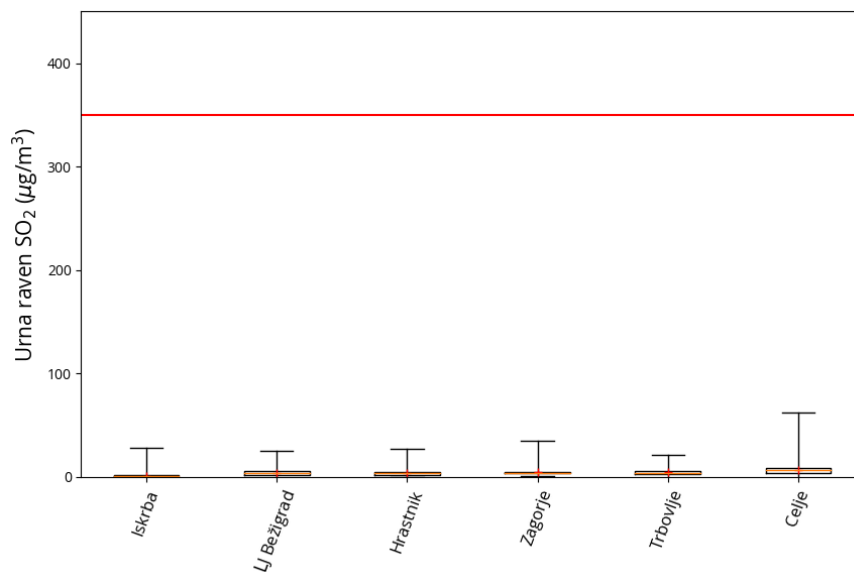
10.3 Ravni onesnaženosti

Povprečna raven SO₂ je že več let na vseh merilnih mestih pod mejno in kritično vrednostjo tako za varovanje zdravja kot tudi za varovanje rastlin. Mejna urna raven SO₂ v letu 2018 ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Le na merilnih mestih okrog Termoelektrarne Šoštanj so bile občasno še vedno izmerjene nekoliko višje vrednosti. Na teh merilnih mestih je bilo v letu 2018 zabeleženo posamično preseganje dnevne vrednosti, ki jo priporoča Svetovna zdravstvena organizacija. Podatki so zbrani v tabelah 10.2 do 10.5.

Tabela 10.2: Povprečna letna in zimska raven (C_p), najvišja dnevna (C_{max}) in najvišja urna (C_{max}) raven izražene v µg/m³. Število preseženih dnevni (>MV) in urnih mejnih vrednosti (>MV) ter alarmnih vrednosti (>AV) in število preseženih dnevni priporočil WHO v letu 2018.

Merilno mesto	%pod	Leto C_p	Zima C_p	1 ura C_{max}	>MV	3 ure >AV	1 dan C_{max}	>MV	WHO
LJ Bežigrad	100	4	5	25	0	0	15	0	0
Celje	99	7	8	62	0	0	20	0	0
Trbovlje	99	4	5	21	0	0	12	0	0
Zagorje	98	4	2	35	0	0	12	0	0
Hrastnik	100	4	4	27	0	0	11	0	0
Iskrba	94	0,9	1,1	28,0	0	0	7,3	0	0
Dopolnilna merilna mreža									
OMS - MOL									
LJ Center	100	1	1	10	0	0	3	0	/
MO Celje									
CE Gaji	98	6	9	38	0	0	14	0	/
TE Šoštanj									
Šoštanj	99	3	3	61	0	0	19	0	/
Topolšica	99	4	5	166	0	0	13	0	/
Zavodnje	99	4	4	219	0	0	43	0	/
Veliki vrh	99	7	6	297	0	0	33	0	/
Graška gora	98	5	6	188	0	0	23	0	/
Velenje	99	4	4	25	0	0	10	0	/
Pesje	99	6	7	37	0	0	20	0	/
Škale	98	5	9	42	0	0	21	0	/
TE Brestanica									
Sv. Mohor	100	5	3	31	0	0	14	0	/

Raven onesnaženosti zunanjega zraka z SO₂ se je od začetka meritev leta 1992 do leta 2018 močno znižala. Podatki do leta 2000 so na voljo v prejšnjih poročilih o Kakovosti zraka v Sloveniji. Povprečna letna raven, najvišja dnevna raven in najvišja urna raven po letu 2000 za posamezna merilna mesta so podane v tabelah 10.6, 10.7 in 10.8. Vsi podatki od leta 1992 so prikazani



Slika 10.3: Porazdelitev urne ravni SO_2 na merilnih mestih DMKZ v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje urno mejno vrednost.

na sliki 10.4. Znatno znižanje ravni (slika 10.4 in tabela 10.6) je posledica zmanjšanja izpustov (slika 10.1). Ravni na merilnih mestih državne mreže so do leta 2007 padale, nato pa so se ustalile na zelo nizki ravni. Na merilnih mestih okoli obeh termoelektrarn so bile razlike med posameznimi leti nekoliko večje in so odvisne od obratovanja naprav in vremenskih razmer. Posebej so očitna znižanja ravni po vgradnji odžveplovalnih naprav na posameznih blokih termoelektrarn (slika 10.4). Konec leta 2014 je z obratovanjem prenehala Termoelektrarna Trbovlje, v maju 2018 so se zaključile meritve onesnaženosti zraka v okolici.

Tabela 10.3: Povprečna mesečna raven SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2018.

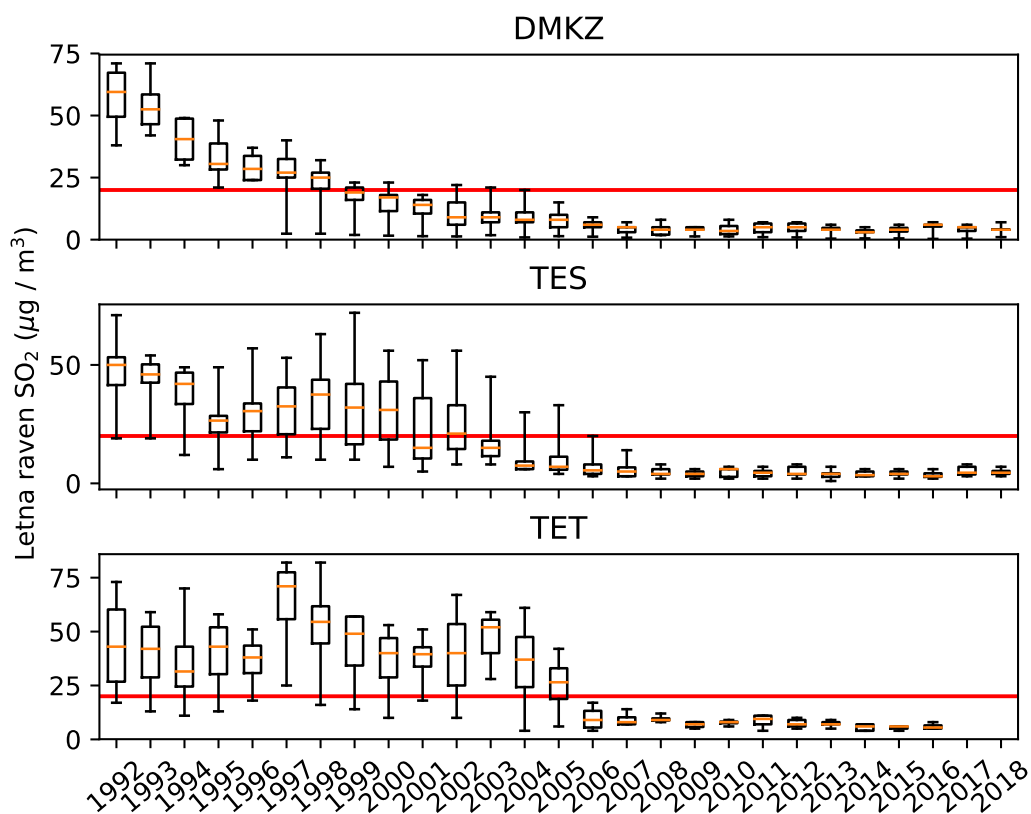
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	6	5	5	2	2	2	2	1	4	6	5	6
Celje	7	9	11	6	8	8	9	5	4	4	3	6
Trbovlje	4	4	6	4	5	6	3	4	4	3	4	3
Zagorje	3	3	4	4	4	4	4	5	8	6	4	5
Hrastnik	3	4	4	4	4	1	1	2	3	5	5	6
Iskrba	/	/	1	1	1	1	0	1	2	1	1	2
Vnajnarje	8	12	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Šoštanj	3	7	2	2	3	3	2	3	3	2	2	1
Topolščica	6	3	2	3	6	3	3	5	4	3	4	2
Zavodnje	3	3	6	3	4	3	1	4	5	5	3	2
Veliki vrh	5	11	5	2	10	14	9	7	3	9	3	3
Graška gora	5	6	8	6	3	4	5	5	3	6	3	4
Velenje	5	4	5	4	4	5	6	4	4	5	4	3
Pesje	6	9	10	10	8	9	1	3	2	4	3	2
Škale	10	10	10	8	3	3	2	2	3	6	3	4
Sv. Mohor	3	4	5	4	5	6	5	5	6	6	6	6
Lj Center	2	1	0	1	1	0	1	1	2	2	2	1
CE Gaji	10	9	8	5	4	6	6	9	5	3	3	5

Tabela 10.4: Najvišja urna raven SO₂ (µg/m³) po mesecih v letu 2018.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	16	24	25	9	15	6	10	13	18	20	12	13
Celje	23	62	47	40	24	16	14	14	18	23	22	28
Trbovlje	10	12	18	7	7	21	5	6	10	17	19	7
Zagorje	5	9	18	8	35	6	5	12	20	19	9	7
Hrastnik	8	9	22	9	27	3	4	15	21	24	18	21
Iskrba	/	/	18	15	17	28	8	6	9	13	9	5
Vnajnarje	38	39	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Šoštanj	11	25	61	22	41	15	7	13	15	18	9	5
Topolšica	15	24	16	10	32	26	29	166	147	20	16	11
Zavodnje	15	14	22	24	53	36	13	67	136	219	76	88
Veliki vrh	22	56	33	7	68	61	18	297	77	72	37	141
Graška gora	20	16	38	21	37	21	39	92	12	50	188	141
Velenje	9	8	14	7	25	10	11	24	11	23	9	16
Pesje	14	15	34	21	37	28	11	15	33	19	11	5
Škale	20	18	32	13	40	12	8	10	42	28	9	38
Sv. Mohor	11	19	30	11	31	7	19	14	22	24	15	13
LJ Center	5	4	3	10	8	2	3	10	9	5	4	4
CE Gaji	38	31	30	32	28	18	22	25	20	22	16	22

Tabela 10.5: Najvišja dnevna raven SO₂ (µg/m³) po mesecih v letu 2018.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	8	9	15	3	4	3	3	3	6	9	10	8
Celje	11	14	20	10	12	12	11	8	7	7	10	8
Trbovlje	8	6	12	6	6	8	4	5	7	7	10	5
Zagorje	4	5	9	5	8	5	4	6	12	9	7	6
Hrastnik	5	7	11	5	5	1	2	4	7	7	7	9
Iskrba	/	/	7	4	2	3	2	2	3	3	4	3
Vnajnarje	13	15	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Šoštanj	4	19	8	5	7	6	3	3	4	4	3	2
Topolšica	12	5	8	5	11	7	5	12	13	5	6	3
Zavodnje	4	6	11	6	9	7	6	10	13	43	15	12
Veliki vrh	9	28	13	5	26	33	12	23	8	23	10	9
Graška gora	11	11	17	11	6	7	7	11	7	16	23	19
Velenje	7	7	9	6	10	6	10	7	7	10	7	7
Pesje	9	13	20	15	13	13	9	6	7	7	5	3
Škale	15	14	21	10	10	7	4	5	6	9	7	7
Sv. Mohor	5	9	14	7	11	6	10	6	13	11	9	7
LJ Center	3	2	1	3	2	0	1	3	3	3	3	2
CE Gaji	12	13	14	12	8	11	9	11	10	7	7	7



Slika 10.4: Porazdelitev povprečne letne ravni SO_2 na merilnih mestih DMKZ in merilnih mestih v okolici TEŠ in TET za posamezna leta. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje letno kritično vrednost.

Tabela 10.6: Povprečne letne ravni SO₂ (µg/m³) za obdobje 2000–2018. Ravni, ki presegajo kritično vrednost za zaščito vegetacije, so napisane v krepki pisavi.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
LJ Figovec	10	9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
LJ Bežigrad	10	11	9	11	8	5	4	3	2	4	2	3	6	4	3	4	6	5	4
LJ Center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	5	4	4	2	2	2	2	2	1
Maribor	13	10	8	9	8	8	5	3	2	5	/	3	4	/	/	/	/	/	/
Celje	17	15	10	10	11	9	7	5	5	5	6	6	7	4	3	5	6	6	7
Trbovlje	18	14	15	16	9	15	7	3	2	5	3	7	7	4	4	6	7	5	4
Hrastnik	23	17	22	8	15	10	9	6	5	4	4	5	5	6	3	4	6	5	4
Zagorje	18	18	16	21	20	12	6	5	4	/	8	7	3	5	5	3	5	3	4
Nova Gorica	/	/	6	7	7	7	7	7	8	4	/	/	/	/	/	/	/	/	/
MS Rakičan	/	/	5	5	5	6	6	5	6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Iskrba	1,6	1,4	1,3	1,8	0,9	1,4	1,2	0,8	1,8	1,3	1,3	1	0,9	0,4	0,5	0,5	0,3	0,4	1,0
Šoštanj	52	51	43	24	13	11	8	9	6	4	7	5	7	4	5	4	2	3	3
Topolšica	18	11	15	16	6	5	4	3	2	3	3	3	3	2	3	5	3	5	4
Veliki vrh	56	52	56	45	30	33	20	14	8	5	6	6	7	4	4	4	3	4	7
Zavodnje	31	21	23	15	8	12	8	6	3	6	6	4	4	5	3	2	2	3	4
Velenje	7	5	8	8	6	4	5	3	4	2	2	3	4	1	3	3	3	4	4
Graška gora	34	15	21	10	6	6	6	5	4	3	2	2	2	3	3	4	4	7	5
Pesje	/	/	/	15	7	6	4	5	6	4	6	5	4	4	5	6	6	7	6
Škale	19	10	14	12	8	8	3	3	4	5	6	7	8	7	6	5	5	8	5
Kovk	53	40	10	52	61	30	12	9	12	8	8	11	10	8	7	6	5	/	/
Dobovec	35	39	40	28	31	23	6	7	8	6	6	8	7	7	6	6	8	/	/
Kum	10	18	/	/	4	6	4	7	9	5	8	4	6	5	4	4	5	/	/
Ravenska vas	45	51	67	59	43	42	17	14	9	8	9	11	9	9	7	6	6	/	/
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	7	4	5	/	/	/
Vnajnarje	6	7	8	10	/	8	4	4	3	/	3	3	3	3	6	4	3	6	/
CE Gaji	20	6	/	8	5	3	1	/	/	/	/	/	/	6	5	5	4	5	6
EIS Krško	51	46	46	55	37	36	23	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	/	/	/	/	10	12	12	14	/	12	15	3	4	4	4	5	3	4	5

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.
Opomba: Podatki za leta od 1992-2000 so na voljo v [14].

Tabela 10.7: Najvišje urne ravni SO₂ (µg/m³) za obdobje 2000–2018. Ravni, ki presegajo mejno vrednost so napisane v krepki pisavi.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
LJ Figovec	128	468	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
LJ Bežigrad	184	273	157	202	129	94	81	46	58	93	29	77	48	41	45	26	29	34	25
LJ center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	78	22	33	37	20	28	28	22	14	10
Maribor	117	180	89	70	64	58	60	21	32	35	68	56	/	/	/	/	/	/	/
Celje	379	666	224	619	396	157	90	76	82	37	64	210	89	43	41	36	36	40	62
Tibovlje	634	552	811	758	521	848	379	264	65	76	52	90	87	40	44	22	23	26	21
Hrastnik	720	731	2168	507	1799	549	134	260	81	52	46	228	103	44	69	16	39	33	33
Zagorje	653	1111	788	693	1165	954	183	83	112	57	37	75	75	31	44	23	15	34	35
Nova Gorica	/	/	64	131	89	98	80	64	35	52	/	/	/	/	/	/	/	/	/
MS Rakičan	/	/	58	55	45	53	54	64	49	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Šoštanj	2855	2099	2000	1392	937	642	1028	643	360	342	1357	124	485	216	333	396	75	47	61
Topolišča	987	835	1350	812	291	284	288	144	211	118	52	130	92	92	90	52	35	44	166
Veliki vrh	1678	1569	1450	1320	1329	1110	771	535	561	344	269	636	887	415	301	143	148	237	297
Zavodnje	1187	954	1536	947	680	1106	731	252	164	577	98	433	150	388	96	274	86	103	219
Velenje	563	187	725	361	164	210	86	87	151	37	110	89	93	60	19	140	24	15	25
Graška gora	1505	990	1024	824	463	497	175	509	242	345	106	148	107	53	76	57	127	60	188
Pesje	/	/	/	495	198	256	162	118	192	51	81	81	75	96	75	184	63	39	37
Škale	/	/	522	396	220	262	184	100	161	104	81	190	131	67	75	230	61	47	42
Kovk	1237	1451	702	1806	1514	1063	511	958	312	389	159	201	564	681	286	28	65	/	/
Dobovec	4073	3978	4043	2910	4056	1662	2290	2088	299	456	209	1036	200	343	277	26	23	/	/
Kum	1131	685			1210	1203	11	125	89	60	99	66	192	115	48	39	94	/	/
Ravenska vas	1471	1397	2093	1378	1779	3275	590	220	437	352	560	528	254	157	75	27	21	/	/
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	135	318	68	36	/	/	/
Vnainarje	/	374	248	232	327	212	115	115	52	45	85	75	63	101	47	58	64	/	/
CE Gaji	356	355		289	74	222	67	/	/	/	/	/	/	55	474	37	136	49	38
EIS Krško	868	1473	1404	1427	877	836	1108	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	/	/	/	/	1385	416	455	74		82	66*	59	37	46	52	35	58	42	31

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

Opomba: Podatki za leta od 1992-2000 so na voljo v [14].

Tabela 10.8: Najvišje dnevne ravni SO₂ (µg/m³) za obdobje 2000–2018. Ravni, ki presegajo mejno vrednost, so napisane v krepki pisavi.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
LJ Figovec	56	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
LJ Bežigrad	67	35	38	59	38	33	41	14	14	36	/	19	25	13	19	14	21	17	15
LJ center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	33	14	14	20	6	11	11	6	7	3
Maribor	75	36	37	35	22	31	24	11	22	28	12	19	27	/	/	/	/	/	/
Celje	165	102	111	72	100	44	35	15	20	22	26	22	34	15	23	12	15	15	20
Trbovlje	134	246	328	100	84	129	43	23	19	19	18	29	35*	15	16	16	19	14	12
Hrastnik	133	184	235	93	625	86	44	30	23	25	21	39	27	19	23	12	11	19	11
Zagorje	157	391	315	136	561	158	47	19	14	14	29	37	26	13	21	9	12	21	12
Nova Gorica	/	/	25	23	47	22	24	19	17	12	/	/	/	/	/	/	/	/	/
MS Rakičan	/	/	16	29	15	33	20	16	28	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Iskrba	/	/	/	/	/	/	/	/	/	38	10	15	15	6	10	10	4	10	7
Šoštanj	560	526	553	288	165	116	308	78	54	33	85	28	44	41	25	33	16	16	19
Topolšica	255	85	254	82	102	42	29	22	26	19	10	13	12	12	15	17	9	10	13
Veliki vrh	383	269	344	413	263	191	106	72	101	42	28	42	51	37	29	25	23	37	33
Zavodnje	344	140	442	182	72	221	85	49	40	69	22	32	18	51	14	22	15	22	43
Velenje	60	54	57	66	64	27	24	26	22	10	14	15	13	5	9	14	12	9	10
Graška gora	343	126	196	88	99	59	55	72	30	27	17	19	15	14	13	15	16	19	23
Pesje	/	/	/	82	55	31	32	29	31	14	25	19	24	18	17	34	15	13	20
Škale	139	68	131	75	55	66	41	33	19	23	25	24	29	25	19	28	14	17	21
Kovk	360	293	258	383	844	219	88	65	38	36	29	56	52	65	23	15	15	/	/
Dobovec	841	1516	695	332	837	346	196	127	41	102	35	110	36	58	32	17	16	/	/
Kum	165	229	/	78	101	6	25	41	30	37	18	30	19	14	24	28	/	/	/
Ravenska vas	353	601	580	325	824	490	120	55	67	42	38	72	38	30	25	19	17	/	/
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	28	26	31	12	/	/	/
Vnjanjarje	49	56	53	51	83	57	42	42	22	/	20	28	16*	16	21	14	12	31	/
CE Gaji	120	40	38	41	45	28	20	/	/	/	/	/	/	20	30	11	12	14	14
EIS Krško	317	240	285	356	347	276	280	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	/	/	/	/	114	41	90	49*	/	36	41*	31	28	14	29	15	17	22	14

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

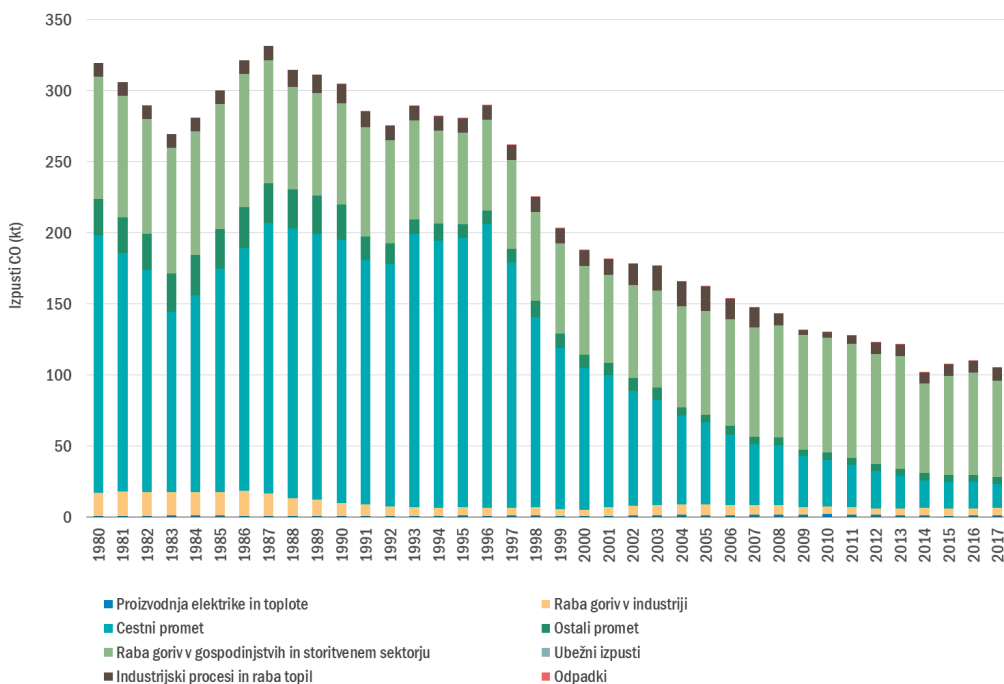
Opomba: Podatki za leta od 1992-2000 so na voljo v [14].

11. Ogljikov monoksid

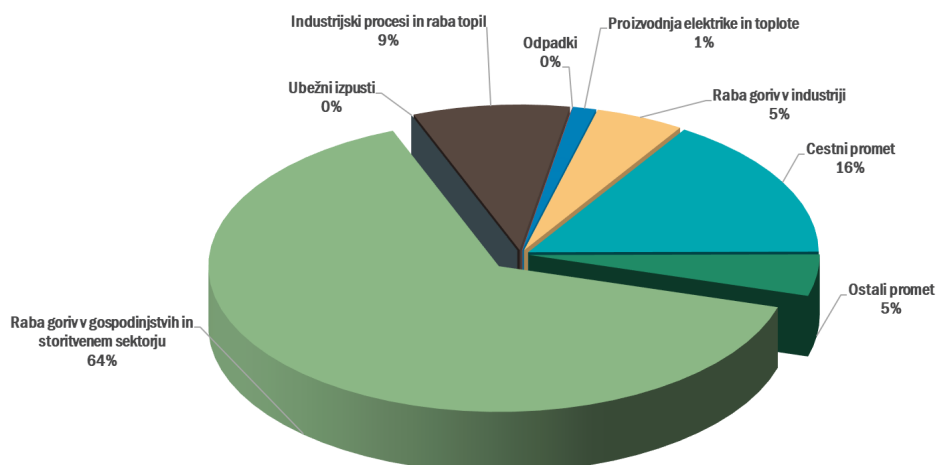
Ogljikov monoksid (CO) je onesnaževalo, ki nastaja zaradi nepopolnega zgorevanja v kuriščih in motorjih z notranjim zgorevanjem ter pri tehnoloških procesih v industriji. Raven onesnaženosti zunanjega zraka s CO je na merilnih mestih DMKZ že nekaj let pod spodnjim ocenjevalnim pragom (8-urne vrednosti ne presegajo 5 mg/m^3).

11.1 Izpusti

Letni izpusti CO so v Sloveniji leta 2017 znašali 105 tisoč ton. V obdobju 1980-2017 so se zmanjšali za 67 % (slika 11.1). Največji, skoraj dvotretjinski delež k skupnim izpustom CO, je v letu 2017 prispevala raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju (slika 11.2). V preteklosti je večinski delež izpustov CO izhajal iz prometa. Sedaj zaradi napredka tehnologije bencinskih motorjev in uvedbe katalizatorjev glavni delež prispevajo mala kurišča, predvsem zaradi uporabe trdnih goriv v zastarelih kotlih in pečeh.



Slika 11.1: Letni izpusti ogljikovega monoksida po sektorjih v Sloveniji.



Slika 11.2: Izpusti ogljikovega monoksida po sektorjih v Sloveniji v letu 2017.

11.2 Zahteve za kakovost zraka

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [6] je predpisana mejna vrednost za zaščito zdravja. Mejna vrednost ter smernice WHO so prikazane v tabeli 11.1.

Tabela 11.1: Mejna vrednost za ogljikov monoksid ter WHO smernice.

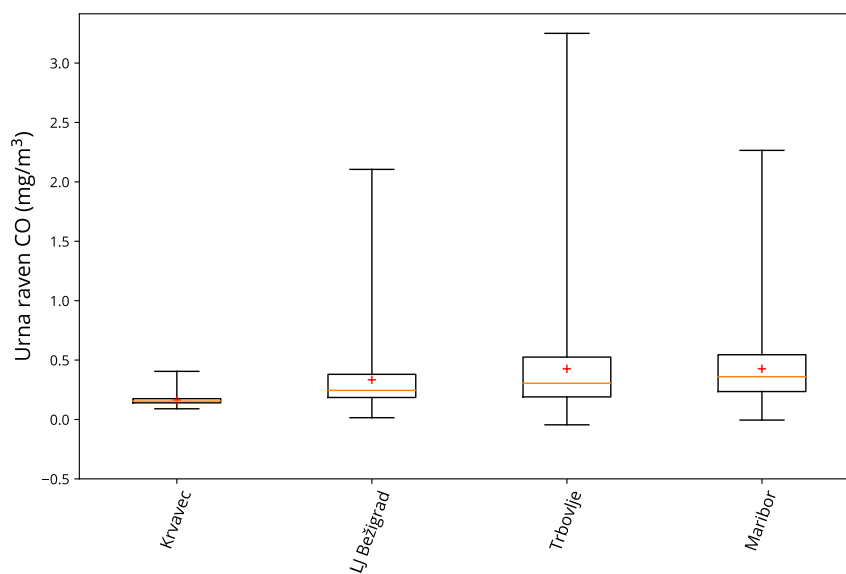
Cilj	Čas merjenja	Vrednost	WHO
Mejna vrednost	Zdravje	maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost	10 mg/m ³
		1 ura	30 mg/m ³

11.3 Ravni onesnaženosti

Ravni ogljikovega monoksida so na območju Slovenije zelo nizke, zato ga merimo le na štirih merilnih mestih. Za ogljikov monoksid je predpisana 8-urna mejna vrednost. V letu 2018 so bile ravni onesnaženosti na vseh merilnih mestih precej pod mejno vrednostjo (tabela 11.2 in slika 11.3). V zadnjih desetih letih so najvišje dnevne 8-urne povprečne vrednosti celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Na vseh merilnih mestih so ravni pod priporočenimi vrednostmi svetovne zdravstvene organizacije.

Tabela 11.2: Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečna letna raven (C_p) in najvišja 8-urna raven (C_{max}) v mg/m^3 , število preseženih mejnih vrednosti (MV) in WHO priporočil v letu 2018.

	Leto		8 ur		1 ura
	% pod	C_p	C_{max}	MV	WHO
LJ Bežigrad	99	0,3	1,9	0	0
Maribor	95	0,4	1,6	0	0
Trbovlje	100	0,4	2,8	0	0
Krvavec	96	0,2	0,4	0	0



Slika 11.3: Porazdelitev urne ravni CO na merilnih mestih DMKZ v letu 2018. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. S + je označena povprečna letna raven.

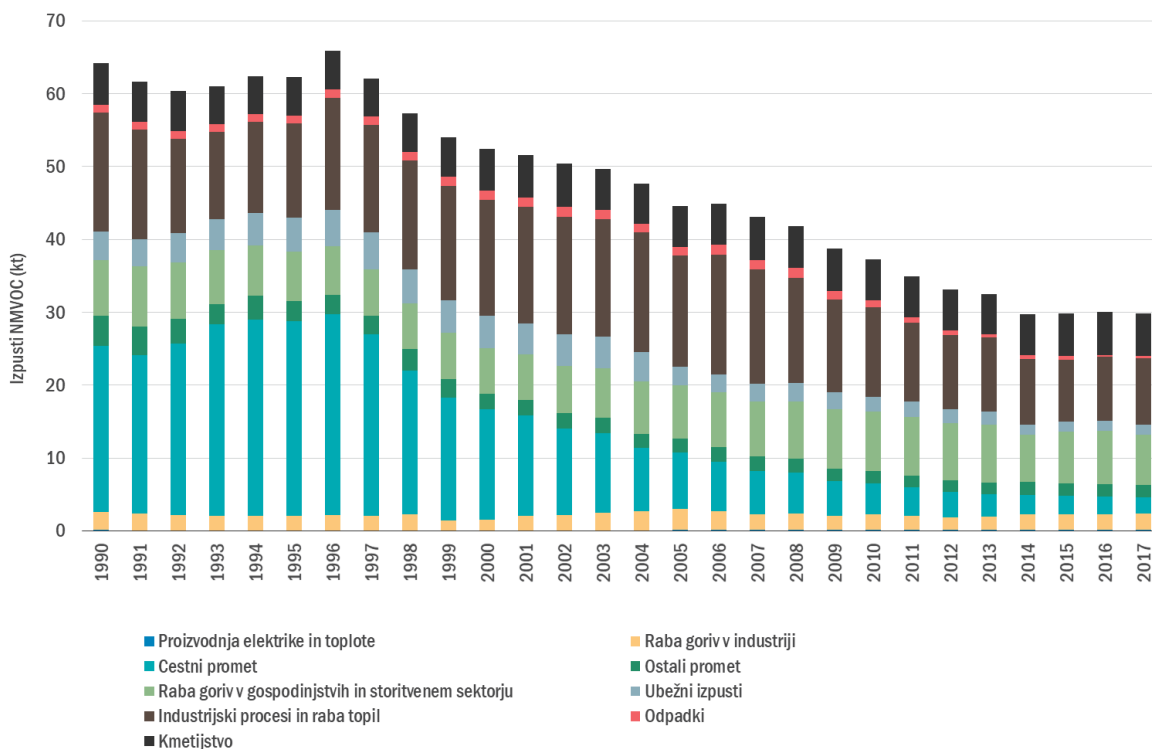
12. Benzen

Benzen je aromatska spojina s formulo C_6H_6 . Je bistra, brezbarvna, lahko hlapna in zelo vnetljiva tekočina. Spada med nemetanske lahko-hlapne ogljikovodike - NMVOC (Non Methane Volatile Organic Compounds), ki predstavljajo širok spekter snovi in nekateri med njimi škodljivo vplivajo na zdravje ljudi. Te snovi povečujejo tvorbo prizemnega ozona in sodelujejo pri učinku tople grede. V telo prihajajo preko respiratornega sistema. Benzen je kancerogen. Ob dolgotrajni izpostavljenosti vpliva na spremembo genetskega materiala v celicah. Kronična izpostavljenost lahko poškoduje kostni mozeg, kar povzroča zmanjšanje števila belih in rdečih krvnih celic.

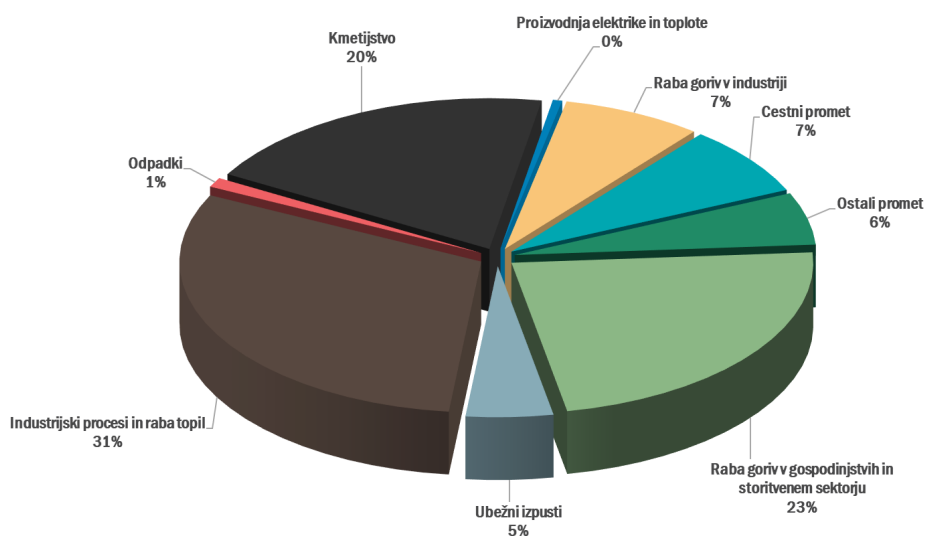
Benzen je dokaj stabilna spojina, ki lahko v ozračju ostane več dni in se zato lahko prenaša na daljše razdalje. V tem času se iz ozračja izloča s pomočjo fotokemičnih reakcij, ki vodijo do tvorbe ozona. Glavni vir izpustov benzena je promet. Benzen se namreč uporablja kot ena izmed sestavin bencina. Drugi viri benzena so še industrija nafte in plina ter dejavnosti, pri katerih se uporabljajo oziroma proizvajajo veziva, barve in topila. Vir benzena so tudi individualna kurišča, ki v zadnjem času za kurjenje uporabljajo vse več lesa in lesnih odpadkov. Naravni izvor benzena so vulkani in gozdni požari. Prisoten je tudi v cigaretnem dimu.

12.1 Izpusti

Benzen v državnih evidencah onesnaževal zraka ne nastopa kot samostojno onesnaževalo. Izpusti benzena so zajeti med izpuste vseh nemetanskih hlapnih organskih snovi (NMVOC). NMVOC so pomembni tudi kot predhodniki ozona. Izpusti NMVOC so se od leta 1990 več kot prepolovili. Najbolj, skoraj za faktor 10, so se zmanjšali izpusti NMVOC iz cestnega prometa, kot posledica uvajanja katalizatorjev in ukrepov za zmanjševanje izhlapevanja bencina iz motornih vozil. Danes znaten del izpustov NMVOC prispevajo male kurilne naprave, ki so predvsem produkti nepopolnega zgorevanja v zastarelih kurilnih napravah na les. Izpusti NMVOC po glavnih kategorijah virov so prikazani na slikah 12.1 in 12.2.



Slika 12.1: Letni izpusti nemetanskih lahko-hlapnih ogljikovodikov po sektorjih v Sloveniji.



Slika 12.2: Izpusti nemetanskih lahko-hlapnih ogljikovodikov po sektorjih v Sloveniji v letu 2017.

12.2 Zahteve za kakovost zraka

Mejna vrednost za benzen je predpisana v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [6]. Prikazana je v tabeli 12.1.

Tabela 12.1: Mejna vrednost za benzen.

	Cilj	Čas merjenja	Vrednost
Mejna vrednost	Zdravje	Koledarsko leto	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

12.3 Ravni onesnaženosti

Ravni benzena v okviru merilne mreže DMKZ stalno merimo na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad in Maribor Center. Poleg teh dveh merilnih mest objavljamo tudi rezultate benzena iz dveh merilnih mest iz dopolnilne merilne mreže: Ljubljana Center in Medvode. Raven onesnaženosti benzena ocenimo s primerjavo izmerjenih in predpisanih vrednosti. Izmerjene ravni so prikazane v tabeli 12.2.

Oba merilnika benzena v mreži DMKZ sta zastarela in zaradi okvar večkrat ne delujeta. Zato smo v letu 2018 star merilnik v Ljubljani nadomestili z novim. V letu 2018 smo imeli veliko težav z merilnikom benzena na merilnem mestu Maribor. Merilnik je bil dve tretjini leta v okvari zato je v tabeli 12.2 povprečne letne vrednosti podatek označen z zvezdico. V letu 2019 je planiran nakup novega.

Povprečna letna vrednost benzena je bila na vseh merilnih mestih tako kot že vsa leta prej pod mejno vrednostjo. Najvišja povprečna letna raven benzena je bila izmerjena na prometnem merilnem mestu Ljubljana Center in je znašala 2,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kar je manj kot polovico predpisane mejne letne vrednosti. Prometno merilno mesto Ljubljana Center je zelo obremenjeno z izpusti iz prometa, zato je tu pričakovati višje ravni benzena kot na lokacijah mestno ozadje.

Ravni benzena so na vseh postajah višje v zimskem obdobju, kar je posledica slabših pogojev za razredčevanje v hladni polovici leta in tudi povečanih izpustov iz individualnih kurišč. Pri dnevnem hodu opazimo rahlo višje ravni benzena v času jutranje prometne konice in zvečer (slika 12.3).

Tabela 12.3 in slika 12.4 prikazujeta primerjavo ravni benzena po letih. Po letu 2009 je v Mariboru zaznati padec ravni benzena, ker se je zaradi izgradnje obvoznice v tem letu znatno zmanjšal promet v neposredni okolici merilnega mesta.

Tabela 12.2: Razpoložljivost urnih podatkov (% pod.) in povprečne letne ravni (C_p) benzena v $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

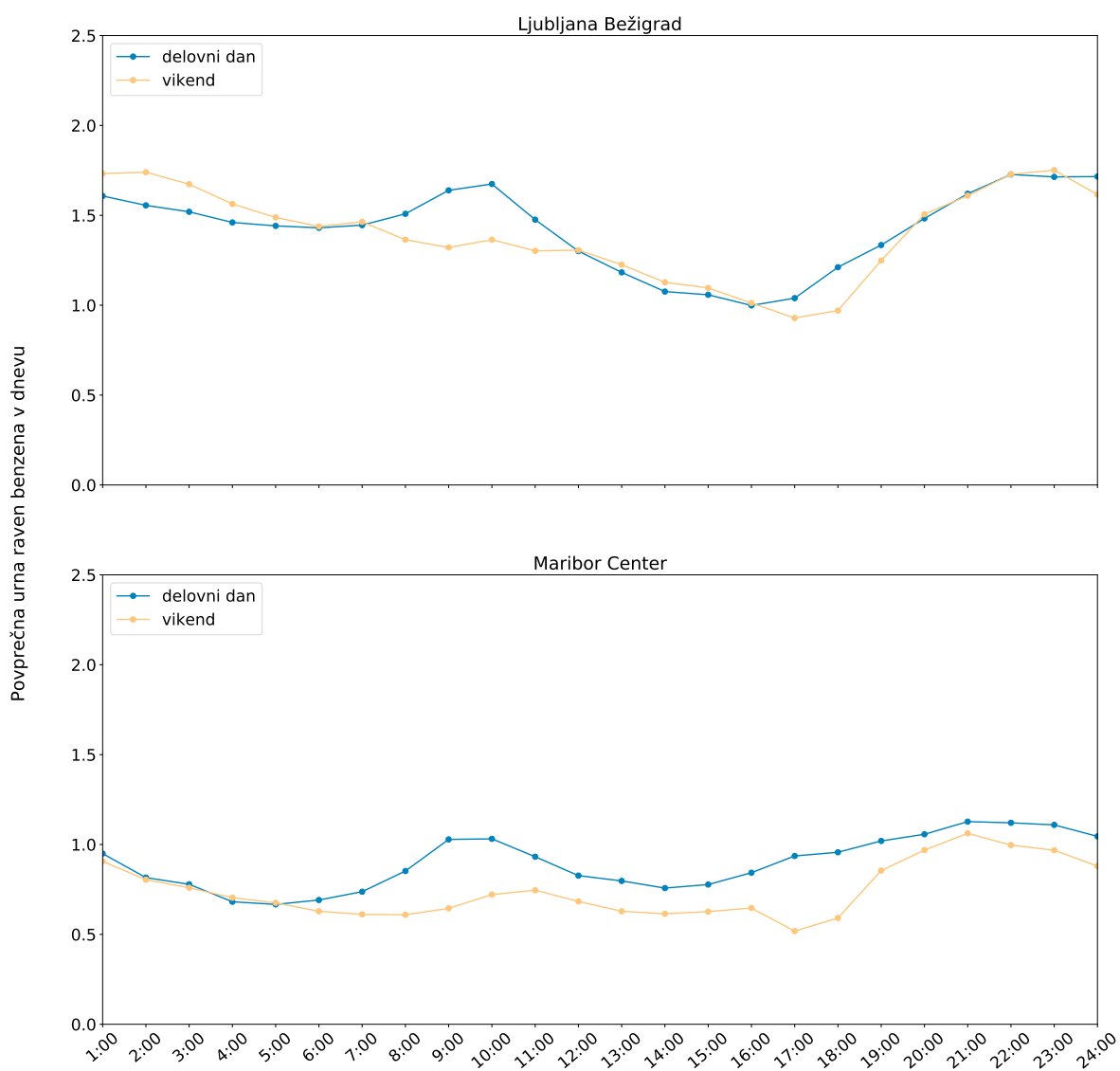
	% pod.	C_p
LJ Bežigrad	83	1,5
Maribor	34	0,7*
LJ Center	74	2,4
Medvode	87	1,4

* Merilnik v okvari.

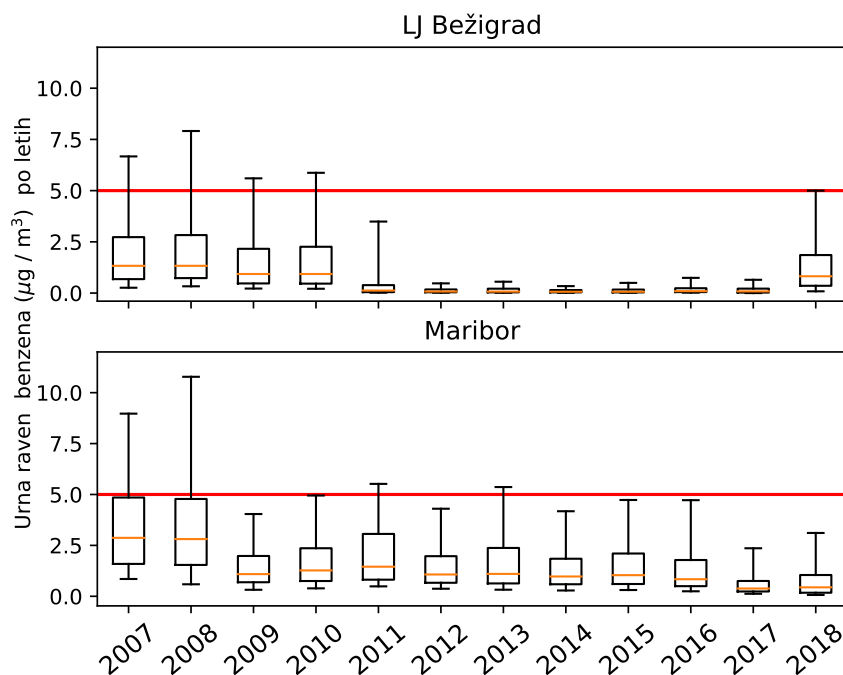
Tabela 12.3: Povprečna letna raven benzena na različnih postajah po letih v $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
LJ Bežigrad	2,1	2,4	1,7	1,8	1,8	1,4	1,6	1,0	1,3	1,9	/	1,5
Maribor	3,6	3,8	1,5	1,8	2,1	1,6	1,8	1,5	1,6	1,4	0,7	0,7*
LJ Center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3,0	2,4
Medvode	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1,4

* Merilnik v okvari.



Slika 12.3: Urni potek ravni benzena v letu 2018 na postajah Ljubljana Bežigrad in Maribor.

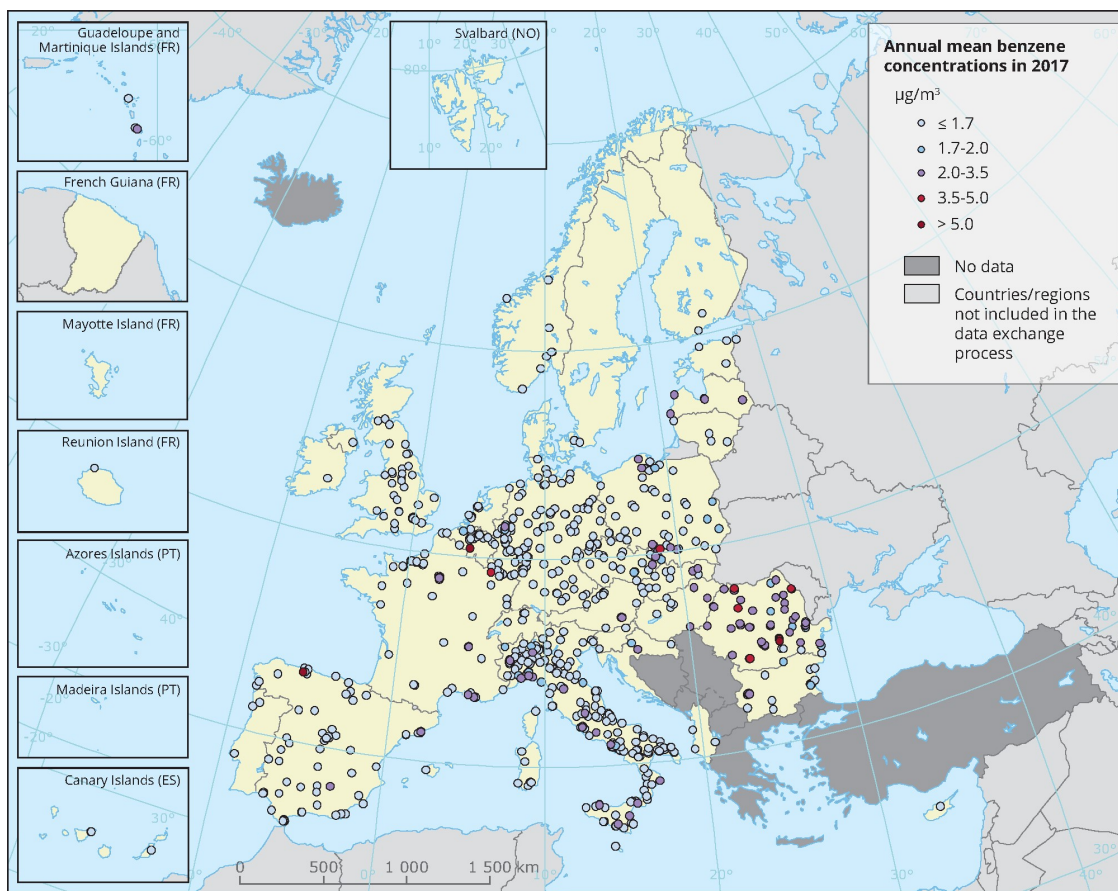


Slika 12.4: Porazdelitev urnih ravni benzena po letih na postajah Ljubljana Bežigrad in Maribor. Prikazani so 5. in 95. percentil, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.

12.3.1 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Ravni benzena je v letu 2017 poročalo 30 evropskih držav (vseh 28 članic Evropske unije razen Grčije ter še Albanije, Norveške in Švice) iz 769 merilnih mest. Letna mejna vrednost $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je bila presežena le na treh merilnih mestih; ena tipa mestno ozadje v Belgiji in dve tipa industrija (Romunija in Španija). Na 86 % merilnih mest v letu 2017 je povprečna letna raven benzena manj kot $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (slika 12.5).

Po priporočilu WHO naj povprečna letna vrednost ne bi presegala $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V letu 2017 je temu kriteriju zadostilo 18 % vseh merilnih mest po Evropi.



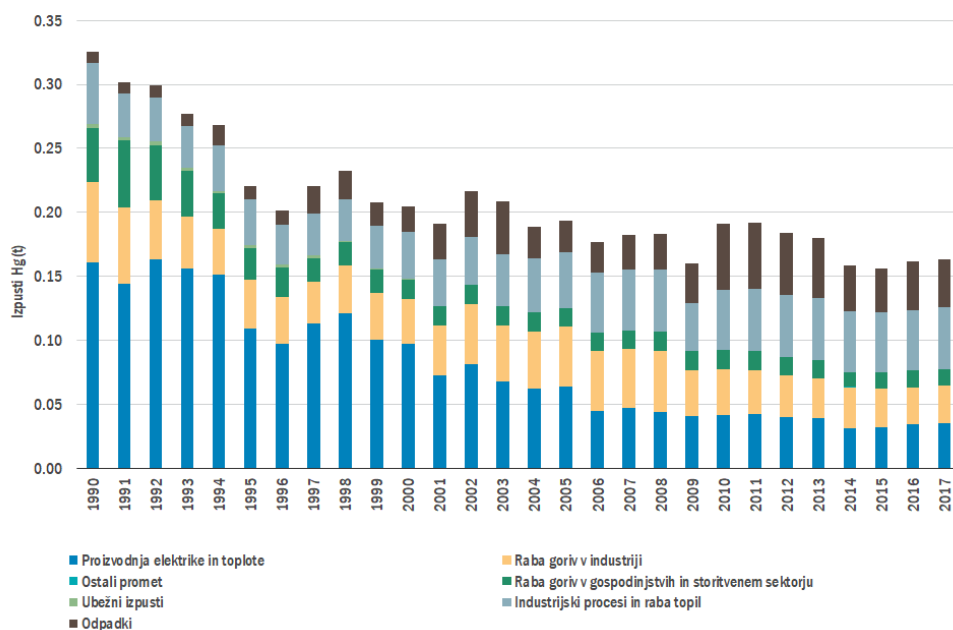
Slika 12.5: Onesnaženost Evropske unije z benzenom [1]. S pikami so označena poročana merilna mesta v EU, z barvo pa razred v katerega se uvrščajo glede na povprečno letno raven benzena.

13. Živo srebro v zraku

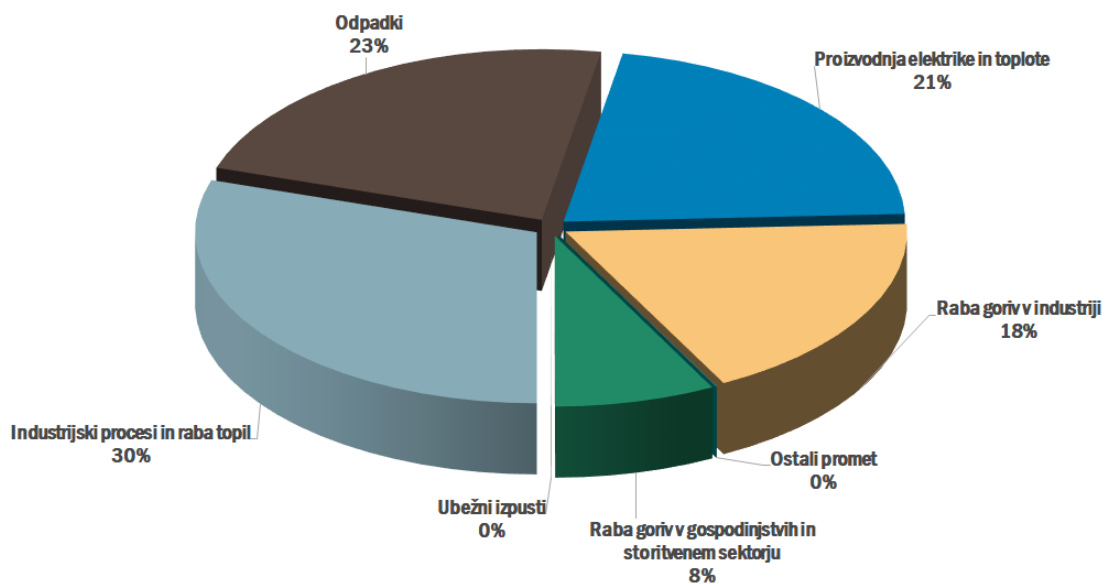
Največji izpusti živega srebra so posledica zgorevanja premoga in ostalih fosilnih goriv, proizvodnje cementa, sežiganja odpadkov, pridobivanja zlata ter izpustov iz kovinske industrije. Živo srebro negativno vpliva na jetra, ledvice ter prebavni in respiratorni sistem. Povzročča lahko tudi okvaro živčevja. Živo srebro se bioakumulira in tako še dodatno negativno vpliva na kopenska in vodna živa bitja, vključno s človekom.

13.1 Izpusti

Letni izpusti živega srebra (Hg) so v Sloveniji leta 2017 podobno kot v preteklih letih znašali 0,2 tone. V primerjavi z letom 1990 so se zmanjšali za 50 %. Največji delež k skupnim državnim izpustom živega srebra so v letu 2017 prispevali industrijski procesi in raba topil (29 %), sledijo odpadki s (23 %), proizvodnja elektrike in toplote (21 %), raba goriv v industriji (18 %) ter raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju (8 %). Prispevki cestnega in ostalega prometa ter ubežni izpusti so znašali pod (1 %). Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje [9], saj skupne državne količine izpustov živega srebra ne presegajo vrednosti iz leta 1990. Izpusti živega srebra po glavnih kategorijah virov so prikazani na slikah 13.1 in 13.2.



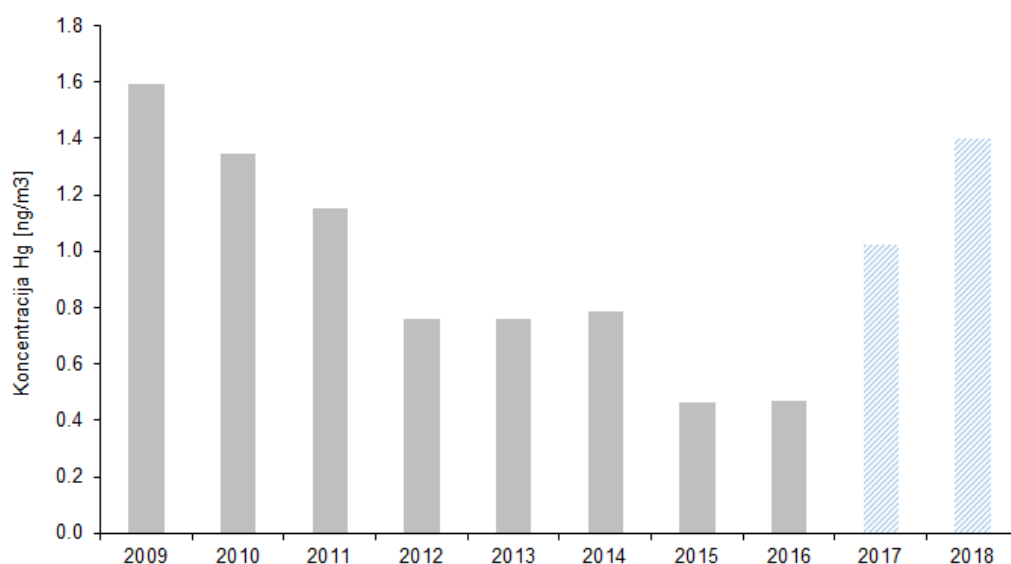
Slika 13.1: Letni izpusti Hg po sektorjih v Sloveniji.



Slika 13.2: Viri izpustov živega srebra v Sloveniji za leto 2017.

13.2 Ravni onesnaženosti

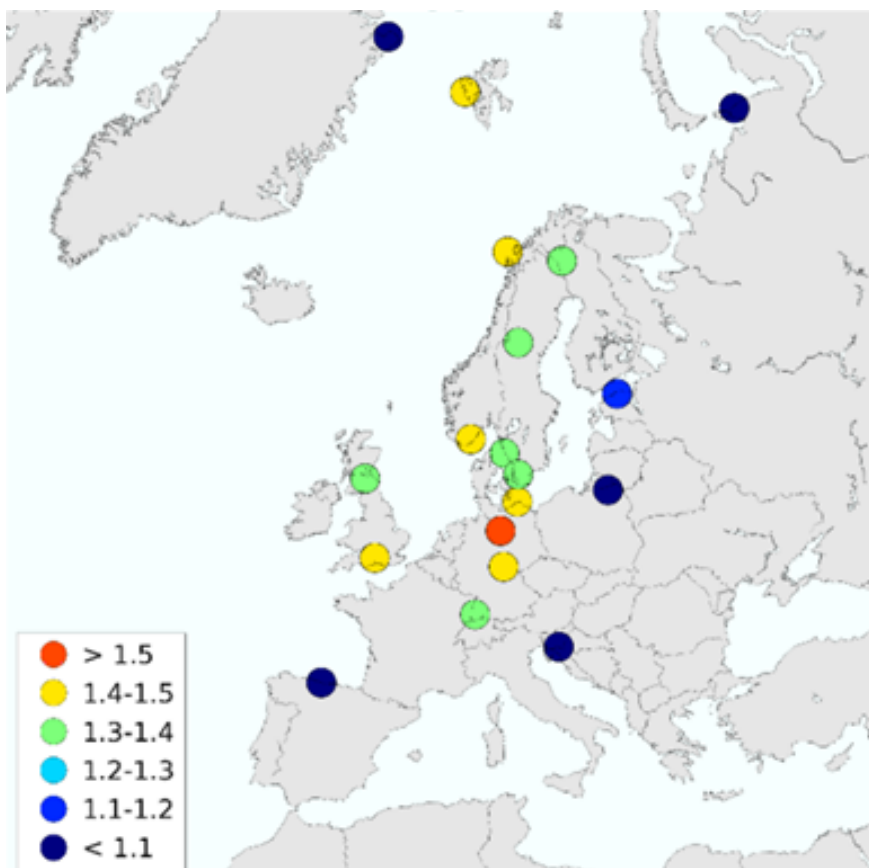
Meritve koncentracij celotnega živega srebra v zraku izvajamo le na merilnem mestu Iskrba. Z meritvami smo skladno z Uredbo o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku pričeli v letu 2008. Zaradi velikih težav z lastnim merilnikom, smo v letu 2017 za izvajanje le-teh najeli inštrument Inštituta Jožef Stefan z drugačno merilno tehniko. Hkrati smo prešli na tako imenovan indikativni režim meritev, s katerim zagotavljamo najmanj 14 odstotno pokritost z meritvami na letnem nivoju. Povprečna koncentracija Hg v zraku v letu 2018, izmerjena s tem inštrumentom znaša 1,4 ng/m³. Ker so bile izmerjene z drugo tehniko kot predhodne, jih na sliki podajamo v drugačni, modri barvi. Pokritost z meritvami Hg v zraku na letnem nivoju je bila v letu 2018 tako kot v letu 2017 manjša od 75 odstotkov, zato ta dva podatka podajamo zgolj kot informativne vrednosti.



Slika 13.3: Porazdelitev dnevne ravni Hg na Iskrbi po letih.

13.3 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Med tem ko je znašala povprečna letna koncentracija Hg v zraku izmerjena v letu 2017 $1,0 \text{ ng/m}^3$, kar je bilo med med najnižjimi, je za leto 2018 znašala $1,4 \text{ ng/m}^3$, kar sodi med srednje onesnažene v Evropi [16].



Slika 13.4: Geografska porazdelitev Hg v zraku v Evropi v letu 2017 [17].

14. Kakovost padavin

Kemijska sestava padavin je eno izmed meril onesnaženosti zraka. S stališča kakovosti zraka je v padavinah najpomembnejša vsebnost produktov oksidacije najpogostejših onesnaževal v zraku (SO_2 , NO_x , CO , ogljikovodiki). Le-ti so v obliki disociiranih kislin (SO_4^{2-} , NO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^-) povzročitelji kislosti padavin. H kislosti padavin lahko v manjši meri prispevajo tudi specifična onesnaževala (fluoridi, fosfati, organske kisline). Te spojine se v primerjavi z žveplovimi in dušikovimi spojinami pojavljajo v nižjih ravneh. V skladu z mednarodnim dogovorom so kisle padavine tiste, katerih pH vrednost je manjša od 5,6 [18].

Kislost padavin je odvisna od razmerja anionov disociiranih kislin in kationov, ki izvirajo iz topnih soli. Anioni kislin povečujejo kislost padavin, medtem ko kationi (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , NH_4^+) padavine nevtralizirajo ali naredijo celo alkalne. Dušikove spojine prispevajo k eutrofikaciji. Spremljanje padavin določa Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in PAH v zunanjem zraku [7]. Za parametre v padavinah mejne in ciljne vrednosti niso določene. Meritve na merilnem mestu Iskrba izvajamo tudi v okviru programa EMEP Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [9].

14.1 Raven vrednosti pH, električne prevodnosti in onesnaženosti padavin z nekaterimi anorganskimi ioni

14.1.1 Mesečna raven vrednosti pH, električne prevodnosti in onesnaženosti padavin z nekaterimi anorganskimi ioni

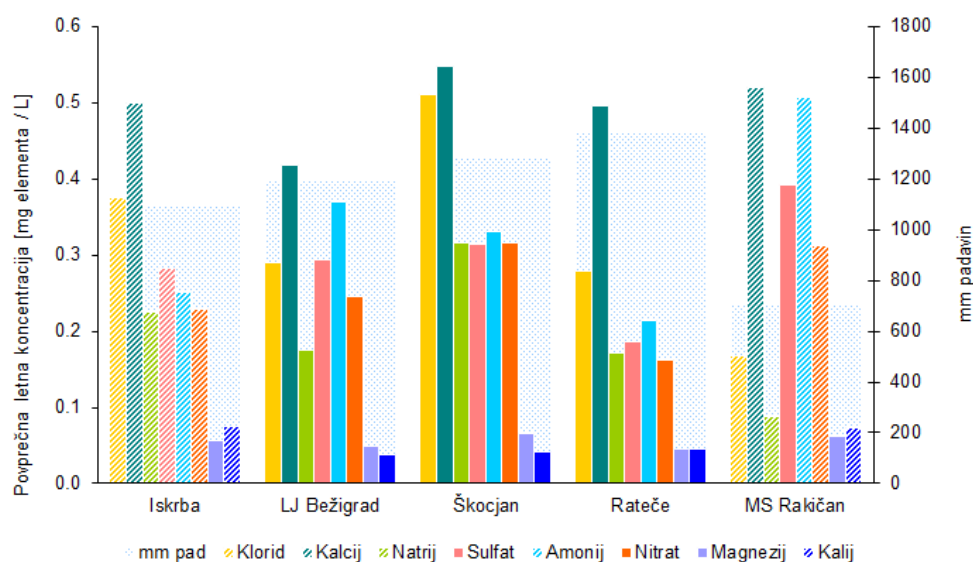
Vzorčenje za določitev pH vrednosti, električne prevodnosti in koncentracij posameznih anorganskih ionov izvajamo v skladu s Priročnikom GAW No. 160 [19]. Za vzorčenje uporabljamo t.i. *wet-only* vzorčevalnike, ki zajamejo le mokri del padavin. Vzorčenje poteka v okviru državne merilne mreže na petih merilnih mestih v Sloveniji. Na merilnih mestih Iskrba in LJ Bežigrad izvajamo dnevno vzorčenje padavin, na merilnih mestih Škocjan, Rateče in MS Rakičan pa vzorčenje izvajamo tedensko.

Povprečne letne vrednosti pH, električne prevodnosti in koncentracije posameznih ionov v padavinah so podane v tabeli 14.1. Koncentracije natrijevih (Na^+) in kloridnih (Cl^-) so bile podobno kot v preteklih letih zaradi najmanjše oddaljenosti od morja najvišje na merilnem mestu Škocjan najnižje pa na merilnem mestu Rateče. Koncentracije kalcija, dušika nitratnega izvora, žvepla sulfatnega izvora in dušika amoniakalnega izvora, pa so bile najvišje na merilnem mestu MS

Rakičan.

Tabela 14.1: Srednja vrednost (C_p), minimum (C_{min}) in maksimum (C_{max}) pH, električna prevodnost pri 25 °C (el. prev.) ($\mu\text{S}/\text{cm}$) in koncentracije elementov v padavinah (mg/L) na vzorčevalnih mestih DMKP v letu 2018.

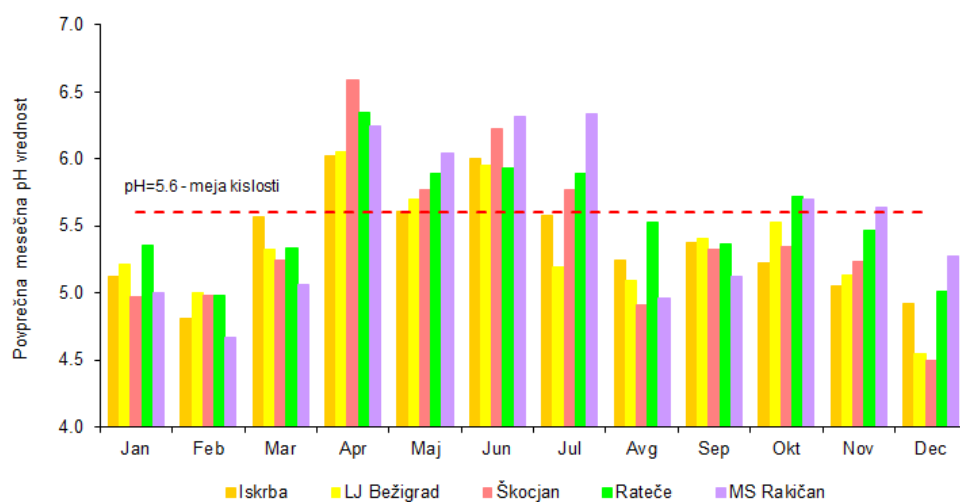
		pH	El. prev.	NH_4^+	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
Iskrba*	C_p	5,21	10	0,252	0,228	0,283	0,375	0,499	0,056	0,226	0,076
	C_{min}	4,30	2	0,008	0,014	0,005	0,010	0,025	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	7,74	158	4,05	2,05	4,94	18,4	25,3	1,20	10,9	2,00
LJ Bežigrad	C_p	5,27	10	0,369	0,245	0,294	0,0,289	0,0,419	0,049	0,157	0,037
	C_{min}	4,24	2	0,050	0,041	0,022	0,042	0,028	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	7,45	61,3	1,60	1,49	2,23	6,19	7,32	0,326	4,43	0,377
Škocjan	C_p	5,21	12	0,331	1,315	0,314	0,511	0,548	0,066	0,315	0,042
	C_{min}	4,01	5	0,008	0,071	0,081	0,010	0,039	0,010	0,020	0,010
	C_{max}	7,42	66	3,71	3,68	1,44	2,66	7,78	0,571	1,53	0,314
Rateče	C_p	5,48	8	0,214	0,163	0,186	0,279	0,496	0,045	0,172	0,046
	C_{min}	4,64	3	0,042	0,052	0,005	0,010	0,031	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	7,08	20	1,02	0,843	3,16	3,48	13,6	0,0,650	2,43	0,499
MS Rakičan*	C_p	5,23	12	0,506	0,313	0,393	0,167	0,520	0,063	0,088	0,072
	C_{min}	4,18	3	0,060	0,056	0,022	0,042	0,049	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	7,43	84	2,19	1,32	2,97	2,86	10,3	0,649	1,93	1,21



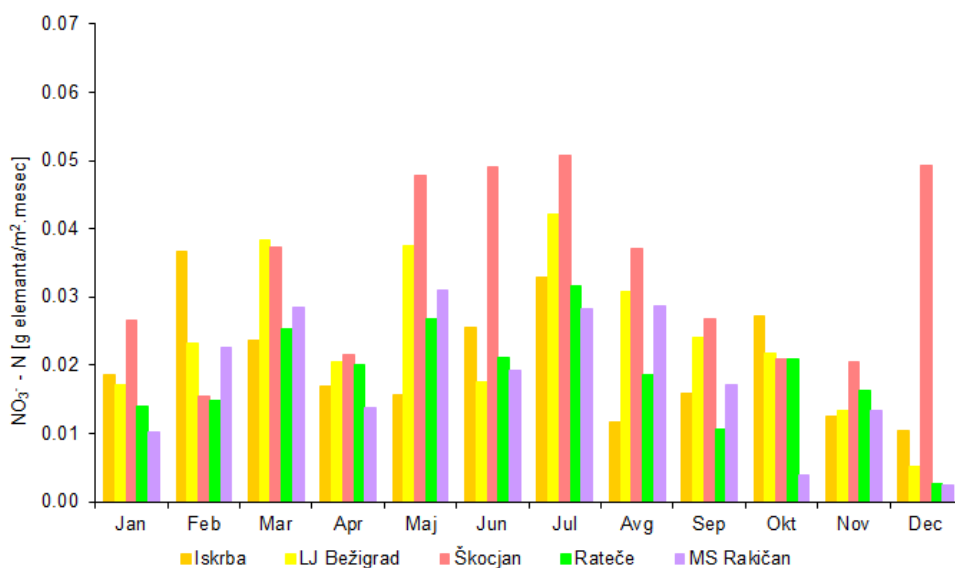
Slika 14.1: Povprečna letna koncentracija posameznih ionov v padavinah v letu 2018.

Na vseh merilnih mestih so bile kot navadno tudi v letu 2018 padavine bolj kisle v hladnem obdobju leta (slika 14.2), kar povezujemo z nekoliko višjimi koncentracijami kalcija in amonija v mesecih od aprila do septembra 2018.

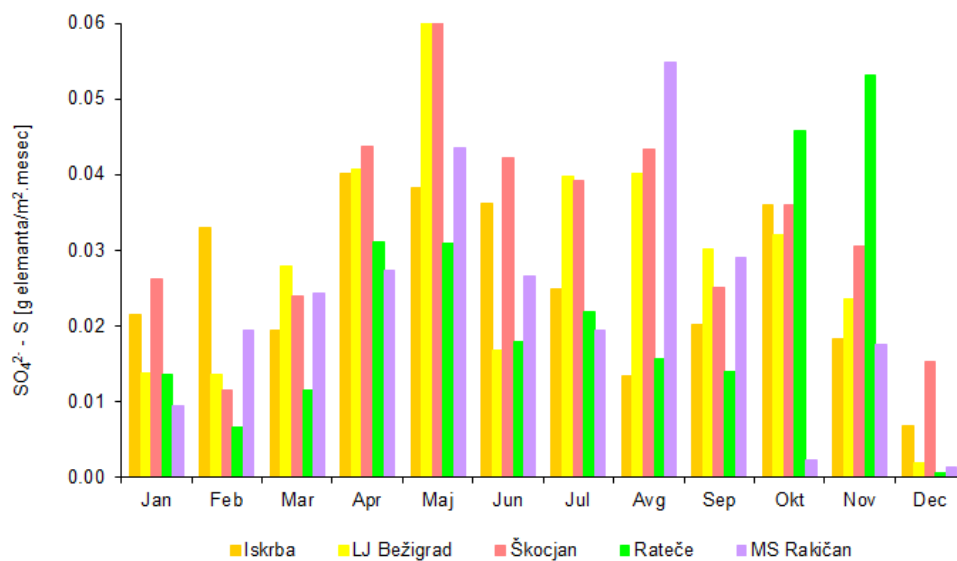
Porazdelitev mokrih depozicij ionov, ki najbolj vplivajo na zakisljevanje in eutrofikacijo po mesecih je prikazana na slikah od 14.3 do 14.5. Mokre depozicije amonijevih ionov so bile v letu 2018 višje v času med majem in septembrom, kar povezujemo predvsem s povečanimi aktivnostmi v kmetijstvu. Mokre depozicije sulfatnih ionov, so bile podobno kot mokre depozicije nitratnih ionov izrazito višje med majem in avgustom 2018. Povezane so bile z večjo količino padavin, najvišje vrednosti pa smo največkrat zabeležili na merilnem mestu Škocjan.



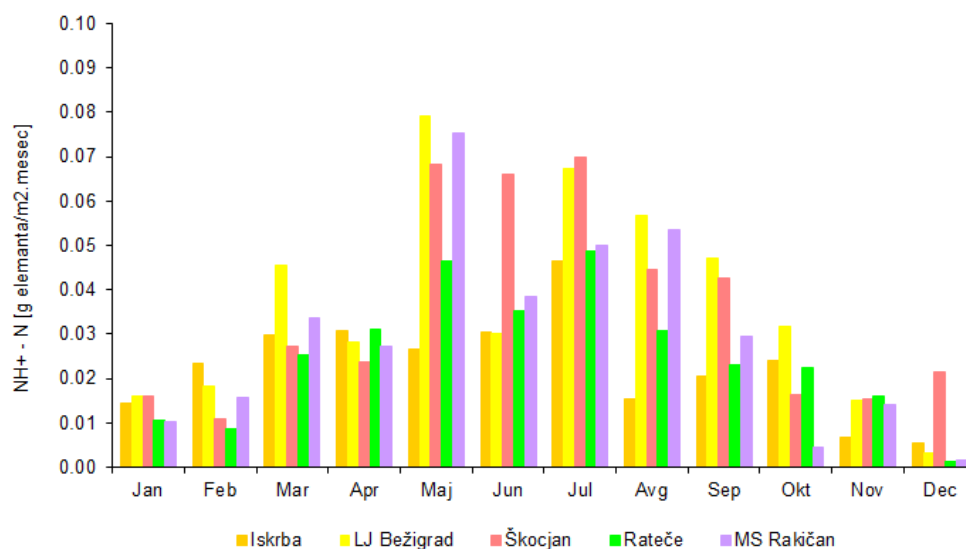
Slika 14.2: Povprečne mesečne pH vrednosti padavin v letu 2018.



Slika 14.3: Mesečna mokra depozicija dušika nitratnega izvora v padavinah v letu 2018.



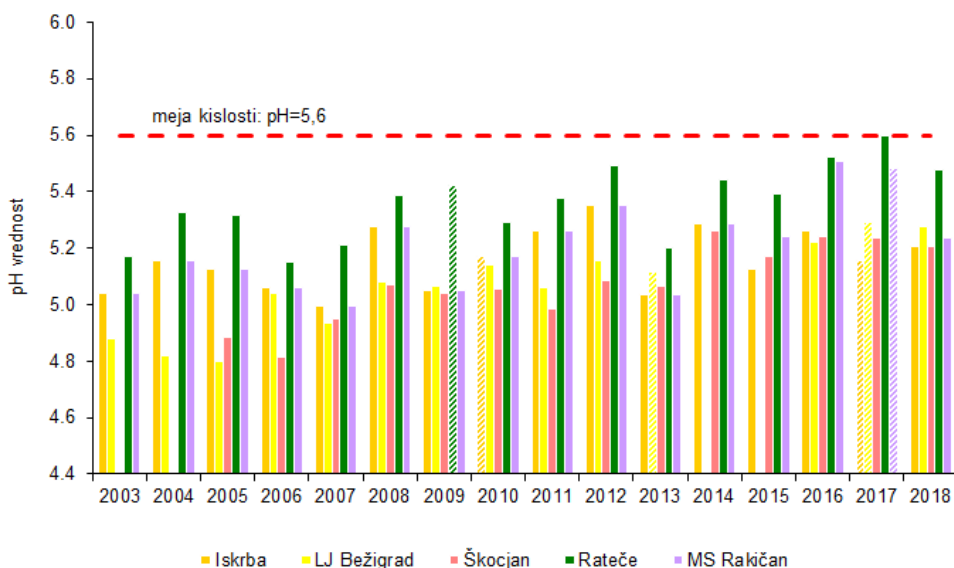
Slika 14.4: Mesečna mokra depozicija žvepla sulfatnega izvora v padavinah v letu 2018.



Slika 14.5: Mesečna mokra depozicija dušika amoniakalnega izvora v padavinah v letu 2018.

14.1.2 Letna raven vrednosti pH, električne prevodnosti in onesnaženosti padavin z nekaterimi anorganskimi ioni

Na sliki 14.6 je prikazana povprečna letna pH vrednosti padavin od leta 2003 dalje. V letu 2018 so bile najmanj kisle (najvišja pH vrednost) padavine z merilnih mest Rateče, kjer je povprečna letna pH vrednost znašala 5,48. Nekoliko bolj kisle so bile padavine na ostalih merilnih mestih in sicer 5,27 v padavinah z merilnega mesta LJ-Bežigrad, 5,23 v padavinah z merilnega mesta MS-Rakičan ter 5,21 v padavinah z merilnih mestih Iskrba in Škocjan.



Slika 14.6: Povprečne letne pH vrednosti padavin od leta 2003 dalje. Podatki, ki jih podajamo informativno, so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano (obrazložitev se nahaja v zadnjem odstavku podpoglavja 14.1.2).

Tabela 14.2: Letna količina zbranih padavin (mm) in letna mokra depozicija elementov v padavinah (g/m^2) na vzorčevalnih mestih DMKP v letu 2018.

	Količina padavin	H^{+*}	NH_4^+-N	NO_3^--N	$\text{SO}_4^{2-}-\text{S}$	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
Iskrba	1081	$6,76 \times 10^{-3}$	0,274	0,248	0,308	0,409	0,544	0,061	0,246	0,082
LJ Bežigrad	1191	$6,32 \times 10^{-3}$	0,439	0,292	0,350	0,344	0,498	0,048	0,208	0,044
Škocjan	1279	$7,93 \times 10^{-3}$	0,423	0,403	0,401	0,654	0,700	0,084	0,403	0,053
Rateče	1386	$4,74 \times 10^{-3}$	0,304	0,231	0,264	0,396	0,704	0,064	0,244	0,066
MS Rakičan	701	$4,09 \times 10^{-3}$	0,355	0,219	0,275	0,117	0,364	0,044	0,062	0,051

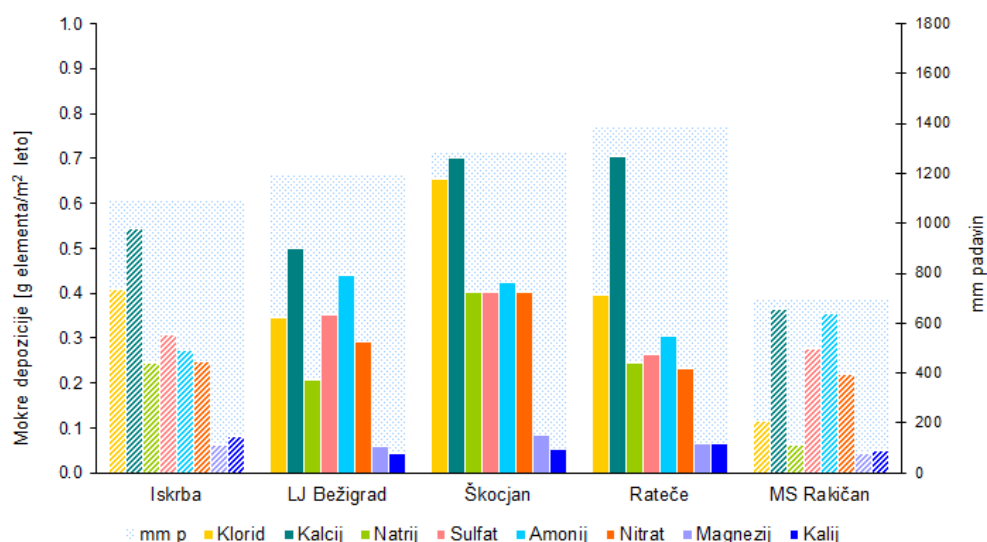
* Skupna depozicija H^+ je izračunana le iz izmerjenih pH vrednosti.

Mokra depozicija nekaterih ionov (za amonij, nitrat in sulfat izraženo kot: NH_4^+-N , NO_3^--N oziroma $\text{SO}_4^{2-}-\text{S}$ v letu 2018 je prikazana na sliki 14.7. V splošnem so bile depozicije posameznih onesnaževal povezane s količino padavin (slika 14.7).

Na zakisljevanje okolja odločilno vplivajo depozicije nitratnih in sulfatnih ionov. Mokre depozicije žvepla sulfatnega izvora in dušika nitratnega izvora so bile v letu 2018 najvišje na merilnem mestu Škocjan, nekoliko nižje v LJ Bežigrad in Iskrba ter najnižje v Ratečah in Rakičanu, med tem ko so bile depozicije dušika amoniakalnega izvora najvišje na merilnih mestih LJ Bežigrad in Škocjan, sledijo pa Rakičan, Rateče in Iskrba. Mokre depozicije klorida in natrija so v direktni povezavi z

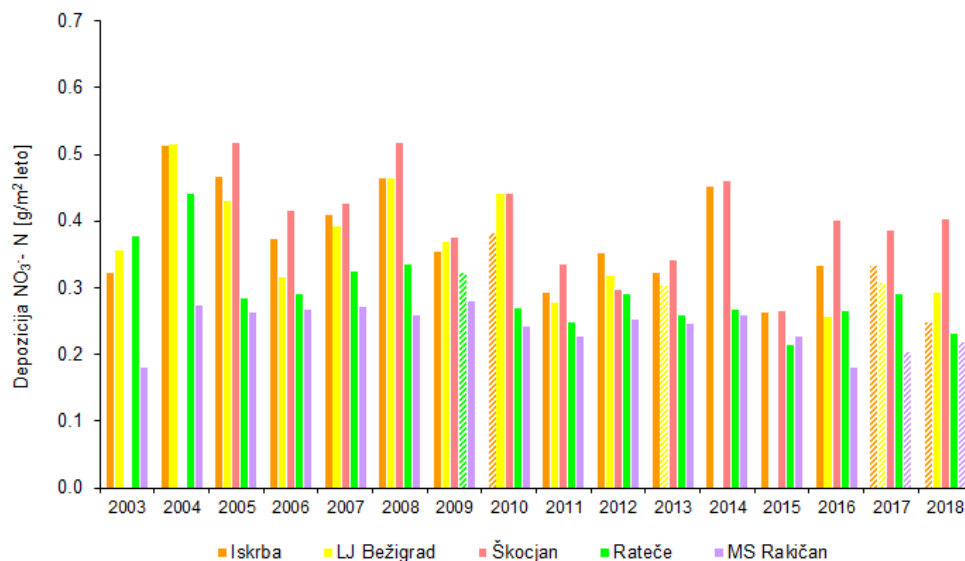
oddaljenostjo merilnih mest od morja in so najvišje na merilnem mestu Škocjan, najnižje pa na merilnem mestu MS Rakičan. Najvišje mokre depozicije kalcija so bile na merilnih mestih Rateče in Škocjan, sledili sta merilni mesti Iskrba in LJ Bežigrad, najnižje pa so bile v MS Rakičan.

Na merilnem mestu Rateče, je v letu 2009 zaradi okvare vzorčevalnika prišlo do izpada večje količine padavin, zato rezultate teh meritev podajamo zgolj informativno. Zaradi gradnje prizidka na merilnem mestu LJ Bežigrad je v letu 2013 vzorčenje potekalo le do konca meseca oktobra zato rezultate meritev podajamo zgolj informativno, med tem ko v letih 2014 in 2015 vzorčenj nismo izvajali. V septembru leta 2010 zaradi izrednih razmer na merilnem mestu Iskrba ni bila zbrana celotna količina padavin, zato te podatke podajamo zgolj informativno. V letu 2017 kar na treh merilnih mestih (Iskrba, LJ Bežigrad in MS Rakičan) nismo uspeli zbrati zadostne količine padavin (zbrana količina odstopa od meteorološke za več kot 10%), zato vrednosti za ta merilna mesta podajamo kot informativne. Zaradi večje okvare vzorčevalnikov na Iskrbi in v Rakičanu v letu 2018, smo na teh dveh merilnih mestih zbrali cca 14% manj padavin v primerjavi z meteorološkimi količinami. Poleg tega, sta vzorčevalnika nekaj časa vzorčila celotne padavine. Rezultate s teh merilnih mest zato podajamo zgolj informativno. Informativne vrednosti v slikah so prikazane z drugačnim vzorcem.

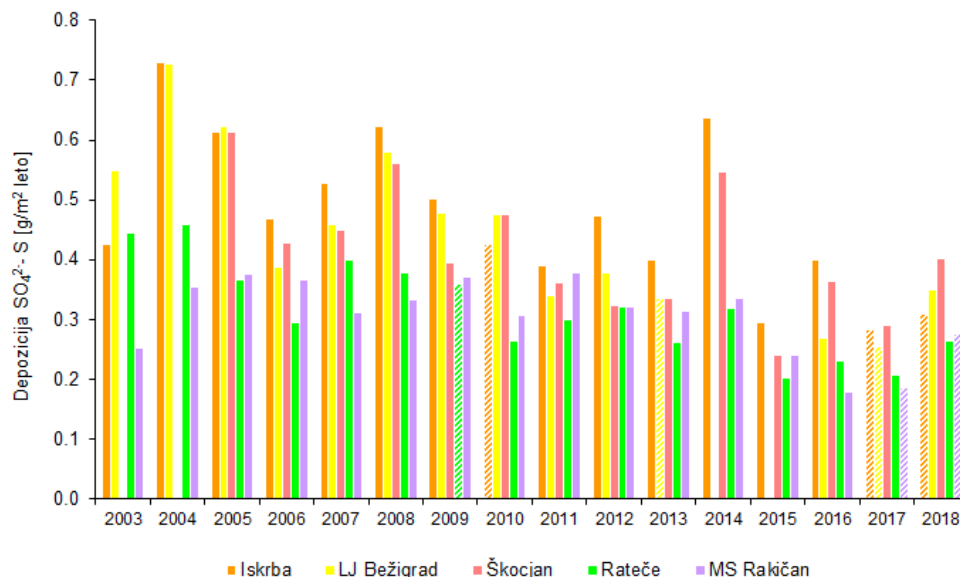


Slika 14.7: Mokra depozicija nekaterih ionov po merilnih mestih v letu 2018. Podatki, ki jih podajamo informativno, so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano (obrazložitev se nahaja v zadnjem odstavku podpoglavja 14.1.2).

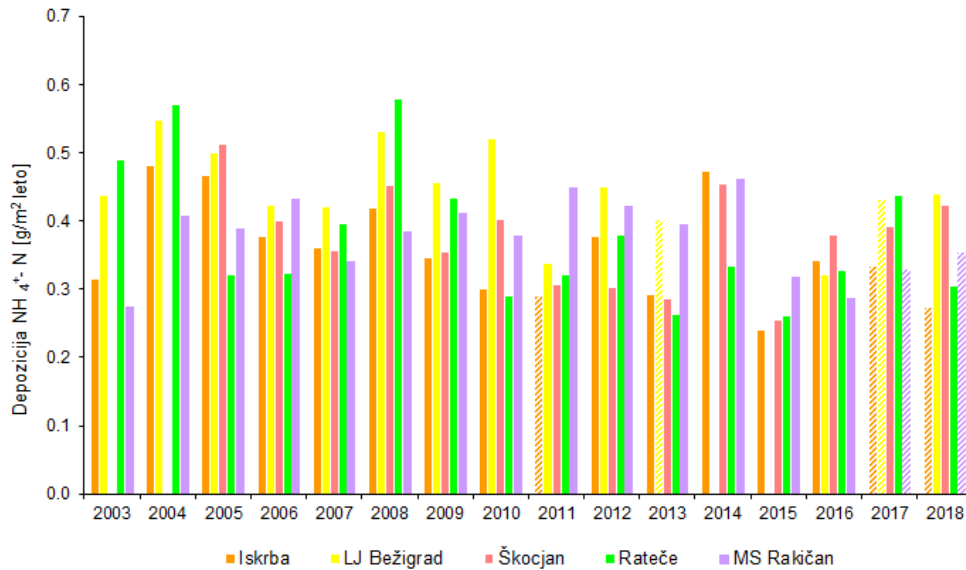
Vrednosti letnih mokrih depozicij ionov od leta 2003 do leta 2018, ki najbolj vplivajo na zakisljevanje in eutrofikacijo so prikazane na slikah od 14.8 do 14.10.



Slika 14.8: Mokra depozicija dušika nitratnega izvora v padavinah po letih. Podatki, ki jih podajamo informativno, so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano (obrazložitev se nahaja v zadnjem odstavku podpoglavja 14.1.2).



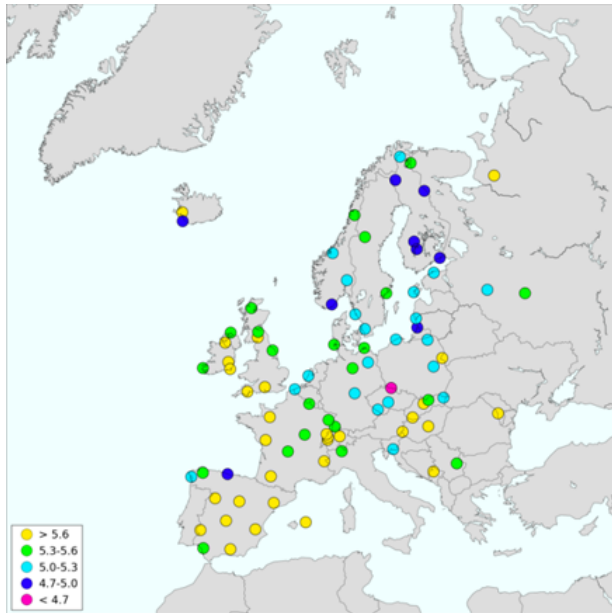
Slika 14.9: Mokra depozicija žvepla sulfatnega izvora po letih. Podatki, ki jih podajamo informativno, so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano (obrazložitev se nahaja v zadnjem odstavku podpoglavja 14.1.2).



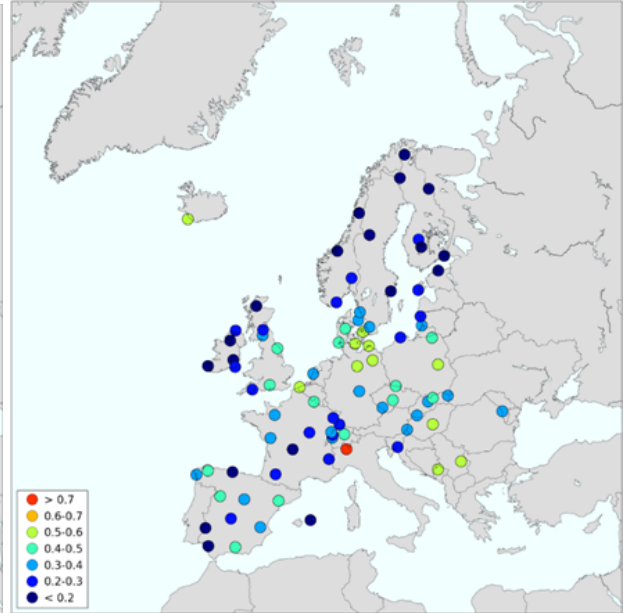
Slika 14.10: Mokra depozicija dušika amoniakalnega izvora po letih. Podatki, ki jih podajamo informativno, so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano (obrazložitev se nahaja v zadnjem odstavku podpoglavja 14.1.2).

14.1.3 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

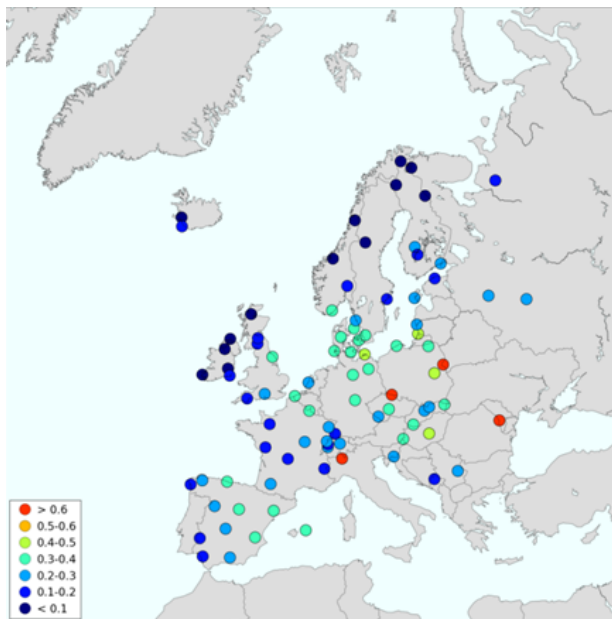
Raven onesnaženosti padavin v Sloveniji je glede na podatke programa EMEP med najnižjimi v Evropi. Povprečne letne pH vrednosti padavin v Sloveniji so v letu 2018 znašale med 5,2 in 5,6 in so bile med manj kislimi v Evropi. Povprečne letne koncentracije ionov, izražene kot $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ in $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$, ki odločilno vplivajo na zakisljevanje in evtrofikacijo, so bile med najnižjimi v primerjavi z EMEP merilnimi mesti v Evropi (slika 14.11). Za amonijev ion so bile vrednosti med 0,26 in 0,34 mg N/L, za nitratni ion med 0,16 in 0,32 mg N/L in za sulfatnega med 0,12 in 0,29 mg S/L. Pri primerjavi rezultatov je potrebno upoštevati dejstvo, da so EMEP merilna mesta praviloma umeščena v neizpostavljeno neurbano okolje, podobno kot naše merilno mesto Iskrba.



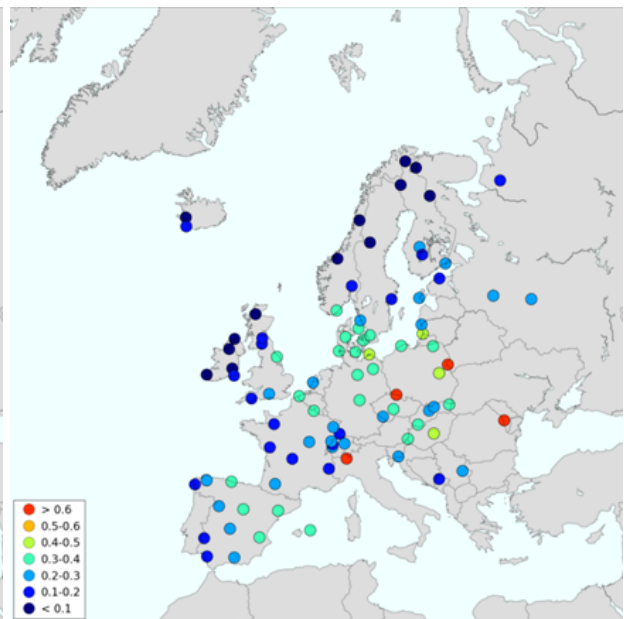
(a) pH



(b) Amonij



(c) Sulfat



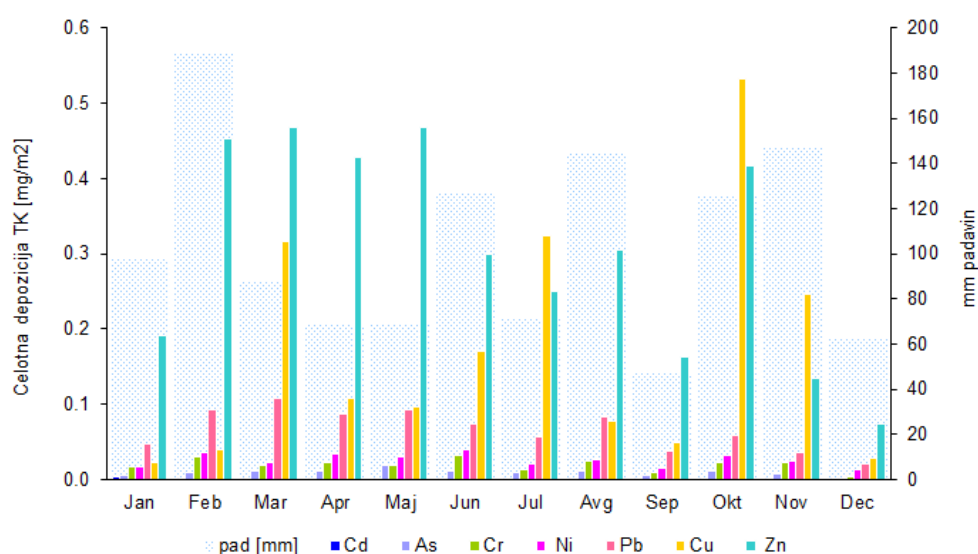
(d) Nitrat

Slika 14.11: Geografska porazdelitev vrednosti pH ter koncentracij amonija, sulfata in nitrata (mg/L) v padavinah po Evropi v letu 2017 [20].

14.2 Raven onesnaženosti padavin s težkimi kovinami

Meritve kovin v padavinah izvajamo le na merilnem mestu Iskrba. Vzorčenje poteka v tedenskih intervalih s pomočjo t.i. *bulk* vzorčevalnika, ki je ves čas odprt in zajame tako mokri kot tudi suhi del padavin. Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje določi koncentracije posameznih kovin v padavinah in v suhi snovi. Iz teh podatkov izračunamo celotno depozicijo posamezne kovine na kvadratni meter, ki je seštevek mokre in suhe depozicije.

Porazdelitev celotnih depozicij nekaterih težkih kovin po mesecih za leto 2018, v neposredni bližini merilnega mesta Iskrba, je prikazana na sliki 14.12. Zaradi suma na kontaminacijo zaradi gradbenih del v neposredni bližini, pri izračunu depozicij v letu 2017 niso bili upoštevani vzorci odvzeti v času od 16.10.2017 do 6.11.2017 v letu 2018 pa vzorca odvzeta med 26.11.2018 in 3.12.2018 in med 3.12.2018 in 10.12.2018.



Slika 14.12: Celotna depozicija nekaterih težkih kovin po mesecih za leto 2018.

Vrednosti celotne depozicije nekaterih težkih kovin so prikazane v tabeli 14.3. Tako kot v preteklih letih smo tudi v letu 2018 izmerili daleč najvišjo celotno depozicijo cinka, sledijo pa baker, svinec, nikelj, krom in arzen. Daleč najnižja je bila depozicija kadmija.

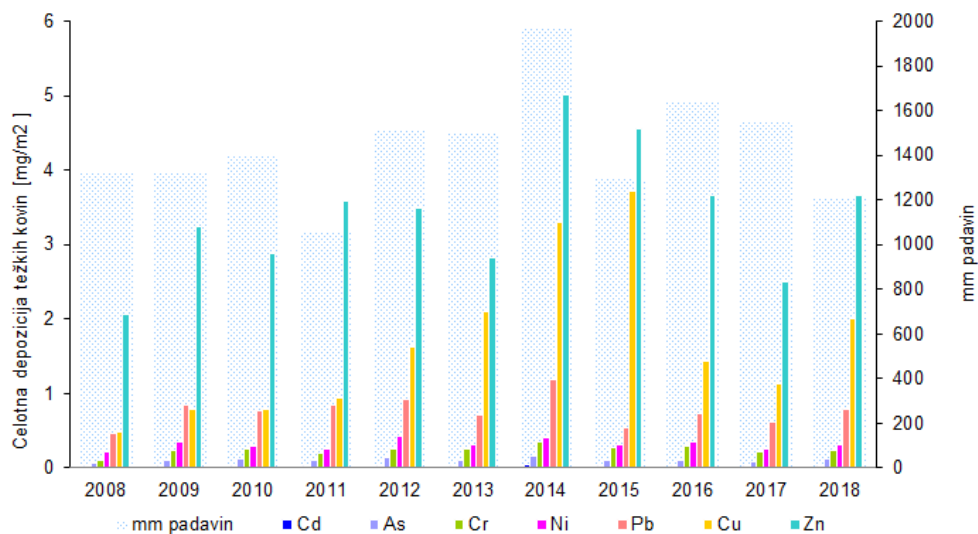
Tabela 14.3: Celotna depozicija nekaterih težkih kovin (mg/m^2) na Iskrbi v letu 2018.

Arzen	Kadmij	Krom	Baker	Nikelj	Svinec	Cink
0,118	0,023	0,237	2,01	0,315	0,793	3,65

Kot je mogoče sklepati iz slike 14.13, se raven celotnih depozicij večine kovin od začetka meritev v letu 2008 do leta 2018 bistveno ne spreminja.

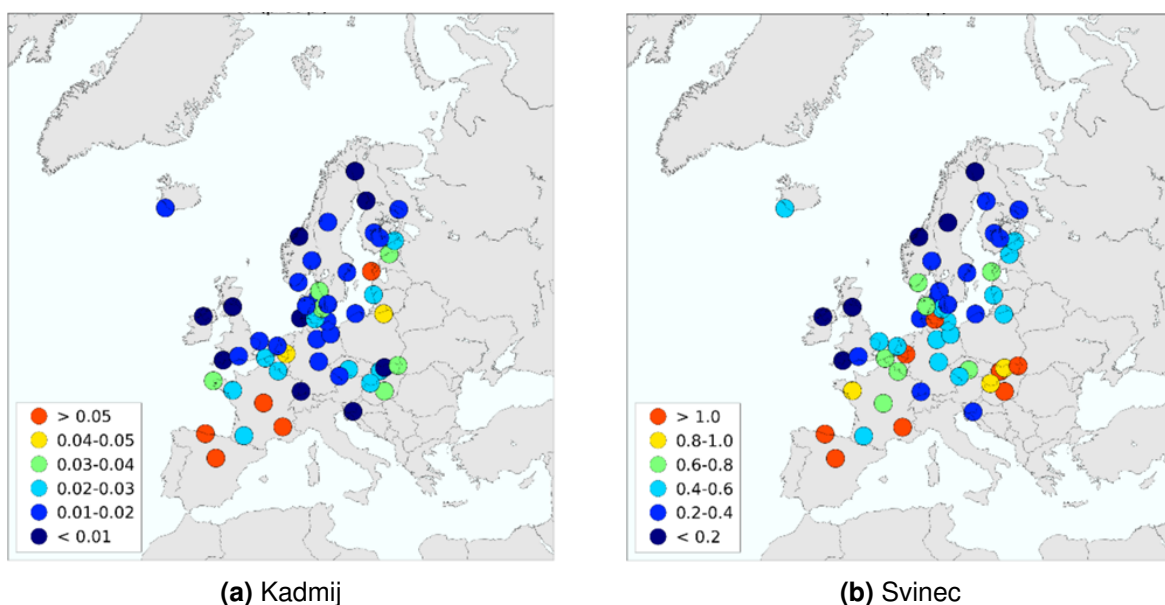
14.2.1 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Primerjava ravni onesnaženosti z Evropo je povzeta iz EMEP poročila: Heavy metals and POP measurements 2017 slik 14.14 in 14.17 je razvidno, da so povprečne letne koncentracije kadmija



Slika 14.13: Celotna depozicija izbranih kovin v letih od 2008 do 2018.

(0,023 $\mu\text{g/L}$) in svinca (0,793 $\mu\text{g/L}$) z merilnega mesta Iskrba pri Kočevski Reki med najnižjimi v Evropi [17].

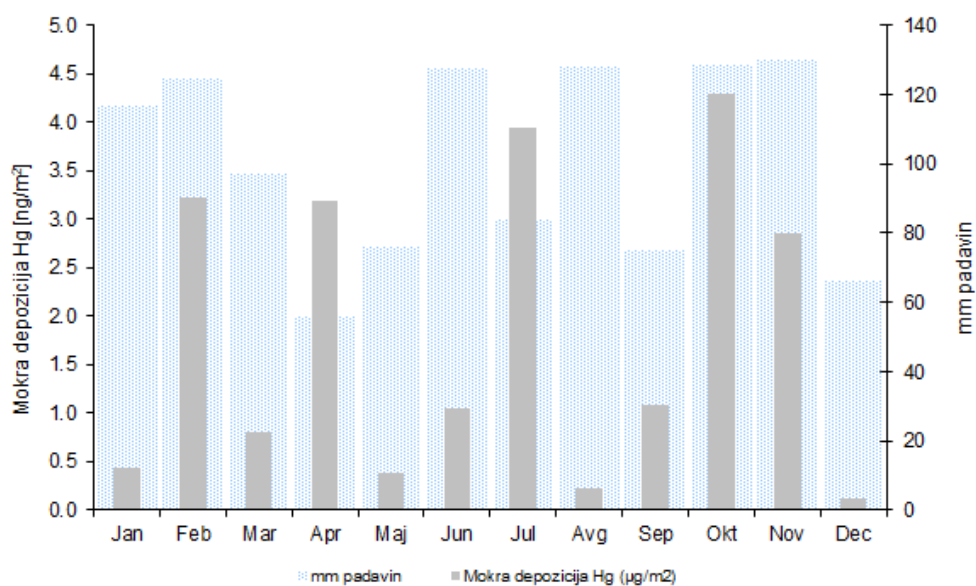


Slika 14.14: Geografska porazdelitev koncentracij kadmija in svinca v padavinah na EMEP merilnih mestih v letu 2017 [17].

14.3 Raven onesnaženosti padavin z živim srebrom

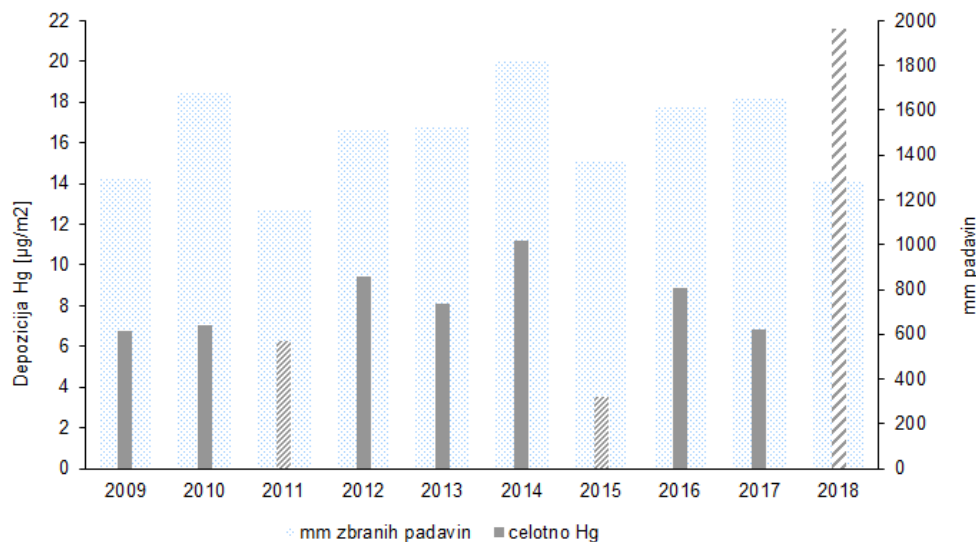
Tako kot meritve kovin in PAH, tudi meritve celotnega živega srebra (anorganske in organske spojine Hg) v padavinah izvajamo le na merilnem mestu Iskrba. Za določitve celotnega živega srebra v padavinah uporabljamo t.i. *wet-only* vzorčevalnik, ki zajema le mokri del padavin. Vzorčenje za meritve tega parametra poteka v mesečnih intervalih.

Mokra depozicija živega srebra po mesecih za leto 2018 je prikazana na sliki 14.15. V februarju, aprilu, juliju, oktobru in novembru smo zabeležili znatno višje vrednosti, ki glede na meritve v preteklih letih vzbujajo močan sum na kontaminacijo vzorcev.



Slika 14.15: Mokra depozicija celotnega Hg po mesecih za leto 2018.

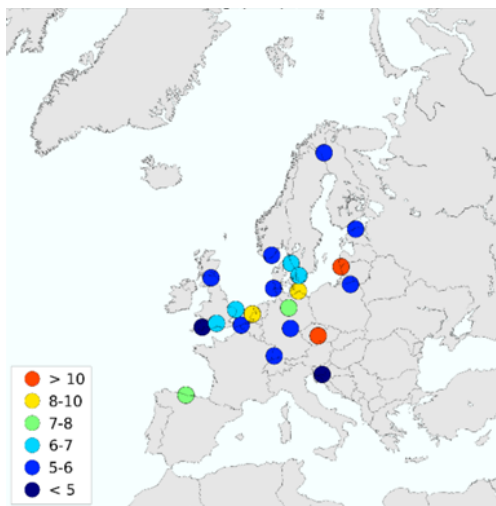
Celotna mokra depozicija živega srebra na merilnem mestu Iskrba je v letu 2018 ob upoštevanju vseh izvedenih meritev znašala $21,6 \mu\text{g}/\text{m}^2$ in je bila približno trikrat višja kot v preteklem letu (slika 14.16).



Slika 14.16: Mokra depozicija celotnega Hg po letih. Podatke, prikazane z vzorcem zaradi izpada več kot 10% glede na meteorološke količine, oziroma zaradi suma na kontaminacijo, podajamo zgolj informativno.

14.3.1 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Slika 14.17 prikazuje geografsko porazdelitev onesnaženosti padavin z živim srebrom. Koncentracije celotnega živega srebra v padavinah so se v letu 2018 gibale med 1,73 in 56,9 ng/L. Povprečna letna koncentracija, utežena glede na količino padavin v posameznem mesecu ob upoštevanju vseh meritev, znaša 22,3 ng/L, kar je 5,4 krat več kot v letu 2017. Nivo zabeleženih koncentracij je primerljiv z vrednostmi, ki jih poročajo za najbolj onesnažena področja v Evropi.



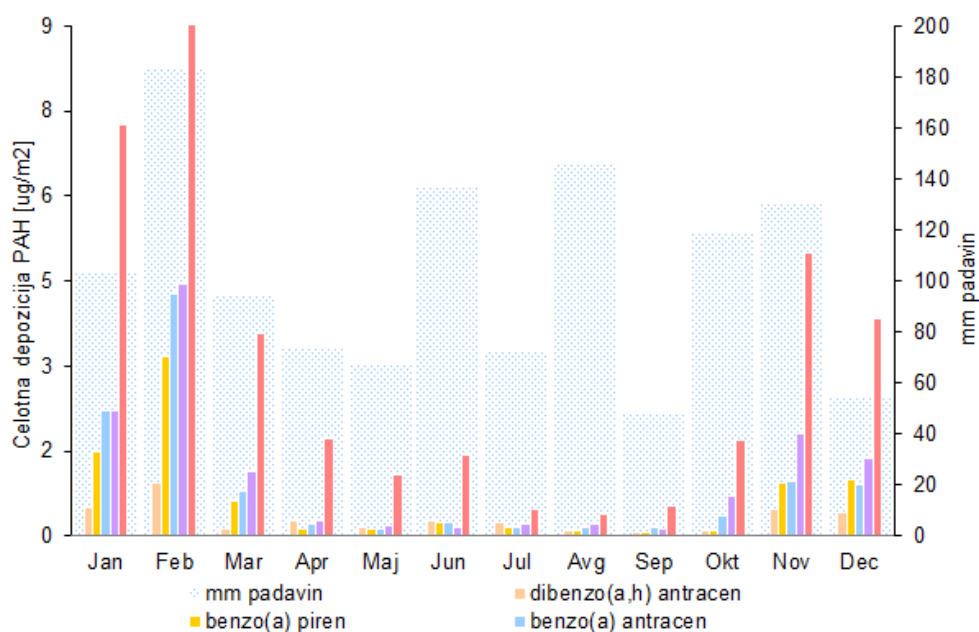
Slika 14.17: Geografska porazdelitev koncentracij živega srebra v padavinah na EMEP merilnih mestih v letu 2017.

14.4 Raven onesnaženosti padavin s policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki

Tudi meritve policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) v padavinah izvajamo le na merilnem mestu Iskrba. Vzorčenje poteka v tedenskih intervalih s pomočjo t.i. *bulk* vzorčevalnika, ki je ves čas odprt in zajame tako mokro kot tudi suho depozicijo. Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje določi vsebnost posameznega PAH v padavinah in suhi snovi skupaj. Iz teh podatkov izračunamo tako imenovano celotno depozicijo posameznega PAH na kvadratni meter.

Mesečna porazdelitev celotnih depozicij posameznih PAH za leto 2018 je prikazana na sliki 14.18. Višje celotne depozicije večine PAH smo tudi v letu 2018 zabeležili predvsem v hladnejšem obdobju leta. Daleč najvišje depozicije so bile v januarjskih in februarjskih vzorcih, med tem ko so bile v novembru in decembru približno polovico nižje.

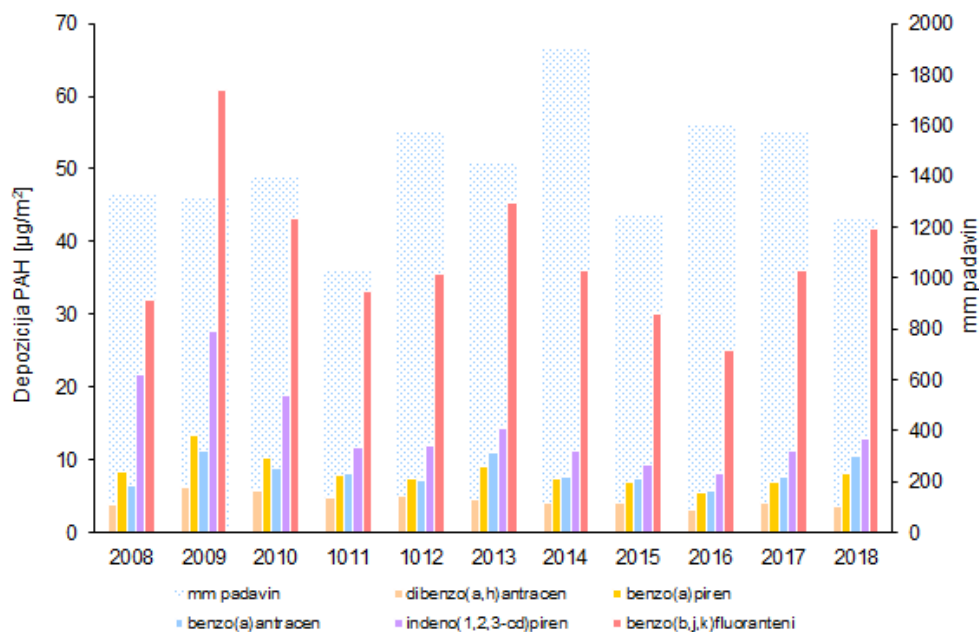
V tabeli 14.4 je prikazana celotna depozicija nekaterih PAH v letu 2018. Primerjava depozicij PAH med posameznimi leti nakazuje, da le-te ostajajo na približno isti ravni (slika 14.19). Podobno kot v preteklih letih smo tudi v letu 2018 zabeležili največjo celotno depozicijo vsote benzo(b,j,k)fluorantenov. Najnižja je bila tako kot v ostalih letih celotna depozicija dibenzo(a,h)antracena (tabela 14.4 in slika 14.19).



Slika 14.18: Celotna depozicija nekaterih PAH po mesecih v letu 2018.

Tabela 14.4: Celotna depozicija nekaterih PAH ($\mu\text{g}/\text{m}^2$) za leto 2018 na merilnem mestu Iskrba.

Benzo(a)antracen	Benzo(a)piren	Benzo(b,j,k)fluoranten	Dibenzo(a,h)antracen	Indeno(1,2,3-cd)piren
10,6	8,10	41,7	3,67	12,9



Slika 14.19: Celotne letne depozicije PAH od leta 2008 do leta 2018.

Literatura

- [1] *Air quality in Europe-2019 report*, European Environment Agency, 2019.
- [2] *Posebno poročilo št. 23/2018: Onesnaženost zraka: naše zdravje še vedno ni dovolj zaščiten*, Evropsko računsko sodišče, 2018.
- [3] *Direktiva (EU) 2016/2284 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 14. decembra 2016 o zmanjšanju nacionalnih emisij za nekatera onesnaževala zraka*, Uradni list Evropske unije, 2016.
- [4] *Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in sveta o kakovosti zunanjskega zraka in čistejšem zraku za Evropo*. Uradni list Evropske unije. L152.
- [5] *Direktiva 2004/107/ES Evropskega parlamenta in sveta o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku*. Uradni list Evropske unije. L23.
- [6] *Uredba o kakovosti zunanjskega zraka*. Uradni list RS. 9/11,8/15.
- [7] *Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku*. Uradni list RS. 39/06.
- [8] *Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjskega zraka*. Uradni list RS. 55/11,6/15.
- [9] *Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja*, UNECE, 1979.
- [10] *Projekt SINICA*, view 10.09.2018, <http://www.arso.gov.si/o%20agenciji/EU%20sofinancira/Sinica/>.
- [11] *Project PREPAIR – LIFE15 IPE IT013*, view 10.09.2018, <http://www.lifepreparepair.eu/>.
- [12] Y. Iinuma, G. Engling, H. Puxbaum, and H. Herrmann, "A highly resolved anion-exchange chromatographic method for determination of saccharidic tracers for biomass combustion and primary bio-particles in atmospheric aerosol," *Atmospheric Environment*, vol. 43, no. 6, pp. 1367–1371, 2009.
- [13] *Interim Annual Assessment Report for 2018, European air quality in 2018*, Norwegian Institute for Air Research (NILU), 2019.

- [14] *Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2017*, ARSO, 2018.
- [15] T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P. M. Midgley, *et al.*, "Previd Climate change 2013. The physical science basis. Working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on Climate change-Abstract for decision-makers," *Slovensko meteorološko društvo, Vetrnica*, vol. 0613, 2013.
- [16] A.-G. Hjellbrekke, "Data report 2017 particulate matter, carbonaceous and inorganic compounds," *EMEP/CCC-Report 1/2019*, no. 1, 2019.
- [17] P. B. N. Wenche Aas and K. A. Phaffhuber, "Heavy metals and pop measurements, 2017," *EMEP/CCC-Report 3/2019*, no. 3, 2019.
- [18] M. Pidwirny, "Acid Precipitation," *Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition*, 2006.
- [19] *Manual for the GAW Precipitation Chemistry Programme. Guidelines, Data Quality Objectives and Standard Operating Procedures*, no. 160, WMO, 2004.
- [20] A.-G. Hjellbrekke, "Data report 2015 particulate matter, carbonaceous and inorganic compounds," *EMEP/CCC-Report 1/2017*, no. 1, 2017.