

Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2017



Kakovost zraka v Sloveniji

ISSN 1855-0827

Ljubljana, november 2018

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

Odgovarja: mag. Joško Knez, generalni direktor

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 TET, EIS TEB, MO Ljubljana, TE-TO Ljubljana, MO Celje

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, dušikovi oksidi, ogljikov monoksid, benzen

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

Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2017

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE
Ljubljana, 2018

Kazalo

1	Uvod	1
2	Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka	5
2.1	Meritve na stalnih merilnih mestih	7
3	Izredni dogodki	15
3.1	Kemis Vrhnika	15
3.2	EKO Plastkom Ljutomer	18
3.3	Ekosistemi Novo mesto	21
4	Delci PM₁₀ in PM_{2,5}	25
4.1	Izpusti primarnih delcev in predhodnikov	26
4.2	Zahteve za kakovost zraka	29
4.3	Ravni onesnaženosti	29
4.4	Epizode čezmerne onesnaženosti	41
4.5	Kemijska in elementna sestava delcev	42
4.6	Preseganja mejnih vrednosti zaradi naravnih virov	42
5	Onesnaževala v delcih - benzo(a)piren in težke kovine	45
5.1	Benzo(a)piren	45
5.2	Težke kovine	48
6	Ozon	61
6.1	Zahteve za kakovost zraka	61
6.2	Ravni onesnaženosti	62
6.3	Epizode čezmerne onesnaženosti	71
7	Dušikovi oksidi	73
7.1	Izpusti	73
7.2	Zahteve za kakovost zraka	75
7.3	Ravni onesnaženosti	75

8	Žveplov dioksid	83
8.1	Izpusti	83
8.2	Zahteve za kakovost zraka	84
8.3	Ravni onesnaženosti	85
9	Ogljikov monoksid	93
9.1	Izpusti	93
9.2	Zahteve za kakovost zraka	94
9.3	Ravni onesnaženosti	94
10	Benzen	97
10.1	Izpusti	97
10.2	Zahteve za kakovost zraka	99
10.3	Ravni onesnaženosti	99
11	Živo srebro v zraku	103
11.1	Izpusti	103
11.2	Ravni onesnaženosti	105
11.3	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	105
12	Kakovost padavin	107
12.1	Raven vrednosti pH, električne prevodnosti in onesnaženosti padavin z nekaterimi anorganskimi ioni	107
12.2	Raven onesnaženosti padavin s težkimi kovinami	116
12.3	Raven onesnaženosti padavin z živim srebrom	118
12.4	Raven onesnaženosti padavin s policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki	119
13	Žveplove in dušikove spojine ter ostali anorganski ioni	123
13.1	Izpusti	123
13.2	Ravni onesnaženosti	125
13.3	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	127

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
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
NMVOG	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,

na Agenciji Republike Slovenije za okolje ugotavljamo, da se onesnaženost zraka v Sloveniji zadnja leta bistveno ne spreminja. Kakovost zraka je sicer boljša kot je bila pred dvajsetimi leti, kljub temu pa še vedno pogosto izmerimo ravni, ki so zdravju škodljive.

Največji problem predstavlja onesnaženost zraka z delci PM₁₀ v zimskem obdobju. Do prekomerne onesnaženosti z delci prihaja zaradi čezmernih izpustov in specifičnih geografskih pogojev, s katerimi so povezane neugodne vremenske razmere za redčenje onesnaženja. Največji delež izpustov delcev PM₁₀ predstavljajo individualna kurišča.

Da bi izboljšali kakovost zraka je pomembno, da vsak prispeva po svojih močeh. Za premagovanje kratkih razdalj se namesto z avtomobilom odpeljimo s kolesom ali odpravimo peš. Razmislimo, kako se ogrevamo. V primeru, da uporabljamo trda goriva, poskrbimo za pravilno kurjenje. S tem bomo izboljšali kakovost zraka in pozitivno vplivali na naše zdravje in dobro počutje.

Na Agenciji kakovost zraka v Sloveniji spremljamo že več desetletij. Zaradi dolgoletnih izkušenj zagotavljamo zanesljive in kakovostne meritve. Opažamo pa, da je v zadnjem času vse pogostejša uporaba nizkocenovnih merilnikov kakovosti zraka. Čeprav to kaže na osveščenost in večjo skrb za čistost okolja, v katerem živimo, pa je pri uporabi tovrstnih merilnikov potrebna pazljivost. Naše dosedanje izkušnje namreč kažejo, da pri meritvah z nizkocenovnimi merilniki lahko prihaja do velikih odstopanj od referenčnih vrednosti. Zato pri nakupu nizkocenovnih merilnikov svetujemo previdnost in predlagamo, da se pred resnejšo uporabo izvedejo primerjalne meritve z referenčnimi merilniki, ki jih izvaja Agencija oziroma pooblašene institucije.

dr. Janja Turšič, direktorica Urada za stanje okolja

Povzetek

Kakovost zunanjega zraka se v Sloveniji v obdobju zadnjih let bistveno ne spreminja. Medletna variabilnost je povezana predvsem s spremenljivimi meteorološkimi pogoji. So pa leto 2017 posebej zaznamovali trije veliki požari, ki so izbruhnili v industrijskih objektih. V spremljanje vpliva le teh na okolje je bila aktivno vključena tudi Agencija RS za okolje.

Onesnaženost zraka z **delci PM₁₀** že nekaj let v povprečju ostaja na isti ravni in je močno odvisna od vremenskih razmer. Preseganja dnevni mejnih vrednosti za delce PM₁₀ so skoraj izključno omejena na hladni del leta, ko so meteorološke razmere za razredčevanje izpustov še posebej neugodne, hkrati pa zrak onesnažujejo male kurilne naprave, ki imajo v Sloveniji kar dvotretjinski delež v skupnih izpustih delcev. V letu 2017 so na voljo podatki za PM₁₀ iz petih novih merilnih mest, tri so tipa promet: Celje Mariborska, Ljubljana Gospodarsko razstavišče in Nova Gorica Grčna, eno tipa mestno ozadje na Ptuju in v Rušah tipa podeželsko ozadje. Vsota prekoračitev v letu 2017 je na desetih merilnih mestih (Celje Mariborska 57, Ljubljana Center 51, Celje 49, Zagorje 46, Murska Sobota Rakičan 44, Trbovlje 39, Ljubljana Gospodarsko razstavišče 39, Celje Gaji 39, Miklavž na Dravskem polju 39 in Ptuj 38) preseгла število 35, ki je dovoljeno za celo leto. Do večine vseh preseganj je prišlo v zimskih mesecih. V primerjavi z letom 2016 je bilo v letu 2017 dovoljeno število preseganj prekoračeno manjkrat, izmerjene maksimalne dnevne ravni delcev PM₁₀ pa so bile v letu 2017 na večini merilnih mest bistveno višje. Najvišje dnevne ravni PM₁₀ smo izmerili januarja in v prvih dneh februarja, ko je prevladovalo stabilno in hladno vreme z izrazitimi temperaturnimi obrati. Tudi na postaji Iskrba, ki predstavlja regionalno ozadje, je po več letih v januarju prišlo do treh preseganj mejne dnevne vrednosti. Letna mejna vrednost za delce PM₁₀ (40 µg/m³) 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 v Sloveniji.

Povprečne letne ravni **delcev PM_{2,5}** so bile v letu 2017 nižje kot leta 2016 in na nobenem merilnem mestu niso presegle mejne letne vrednosti. Kazalnik povprečne izpostavljenosti za PM_{2,5} za merilna mesta v neizpostavljenem mestnem okolju znaša za leto 2017 20 µg/m³ in je bil v letu 2017 presežen na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta (22 µg/m³). Glede na smernice WHO (10 µg/m³) je bila povprečna letna raven delcev PM_{2,5} presežena na vseh merilnih mestih razen na Iskrbi. WHO hkrati priporoča, da je dnevna raven 25 µg/m³ lahko presežena največ trikrat v koledarskem letu. Na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta je bilo takih dni v letu 2017 kar 76, v Maribor Centru 66, na Vrbskem platoju 54 in na Iskrbi 13.

V letu 2017 so bile ravni **benzo(a)pirena** na vseh merilnih mestih nižje kot leta 2016. Razlog

za nižje ravni je bolj prevetreno ozračje brez izrazitih temperaturnih obratov novembra in decembra. Povprečna letna vrednost je na obeh najbolj obremenjenih merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor Center dosegla ciljno vrednost. Na Iskrbi je bila povprečna letna vrednost po pričakovanjih najnižja. Primerjava ravni benzo(a)pirena v obdobju od 2009 do 2017 kaže, da onesnaženost ostaja približno na istem nivoju.

Povprečne letne ravni **niklja**, **arzena**, **kadmija** in **svinca** so bile v letu 2017 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 2017 kaže, da obremenjenost ostaja približno na istem nivoju.

Ravni **benzena** so bile v Mariboru tudi v letu 2017 bistveno nižje od predpisane mejne vrednosti. V Ljubljani Bežigrad je bil večino leta 2017 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 2017 dosegla 60 % predpisane mejne vrednosti.

Poletje 2017 je bilo med toplejšimi, zato so bile tudi ravni **ozona** temu primerno višje v primerjavi z zadnjimi leti. Najvišje urne vrednosti so bile izmerjene v Kopru ($216 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in na Otlici ($210 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Preseganja opozorilne vrednosti ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) so bila zabeležena na osmih merilnih mestih v dveh krajših obdobjih junija in avgusta. V teh dveh obdobjih je nad našimi kraji prevladovalo območje visokega zračnega tlaka z zelo toplim in razmeroma suhim zrakom v višinah z vetrom iz zahodnih oziroma jugozahodnih smeri, ki je k nam prinesel onesnažen zrak iz Italije. Onesnaženost z ozonom ima izrazit regionalni značaj z odločilnim vplivom čezmejnega transporta onesnaženosti. Alarmne vrednosti ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) že deset let niso bile presežene. Ciljna vrednost za varovanje zdravja je bila presežena na večini merilnih mestih, ki niso pod direktnim vplivom prometa. Glede na smernice WHO je bila ta vrednost presežena na vseh merilnih mestih. Tudi ciljna vrednost za varovanje rastlin (AOT40) je bila višja od mejne vrednosti. Povprečne letne ravni ozona 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 2017 smo na merilnem mestu Ljubljana Center po nekaj letih zopet zabeležili preseganje letne mejne vrednosti za **dušikov dioksid**. Povprečna letna raven je bila $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tu je bila enkrat presežena tudi urna mejna vrednost $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (dovoljeno število preseganj 18 ur na leto). To merilno mesto je v centru mesta in je pod neposrednim vplivom prometa, ki je glavni vir dušikovih oksidov. 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 posameznih lokacijah okrog termoelektrarn, kjer občasno še vedno izmerimo višje 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 2017 je bila za spoznanje višja kot v preteklem letu a je kljub temu še vedno med najnižjimi v Evropi.

Povprečna letna vrednost pH **padavin** se je v Sloveniji v letu 2017 gibala med 5,2 in 5,6. Najbolj kisle so bile v hladnem delu leta to je v januarju in februarju ter v novembru in decembru, kar povezujemo s kislimi emisijami v času kurjenja. Mokre depozicije amonijevih ionov so bile podobno kot v preteklih letih višje v času med aprilom in septembrom, kar povezujemo s povečanimi aktivnostmi v kmetijstvu, depozicije nitratnih in sulfatnih ionov pa so bile odvisne predvsem od količine padavin v posameznem mesecu. V primerjavi z Evropo so bile padavine v Sloveniji med manj kislimi, podobno pa so bile tudi koncentracije nitratnih, sulfatnih in amonijevih ionov v spodnjem delu EMEP ocenjevalne lestvice. Raven onesnaženosti padavin s težkimi kovinami ter živim srebrom je bila na nekoliko nižjem nivoju kot v preteklem letu. Depozicije PAH so bile tako kot v preteklih letih zaradi kurjenja najvišje v zimskih mesecih, na letnem nivoju pa so ostale podobne kot v preteklih letih.

V prvih treh mesecih 2017 smo zabeležili razmeroma visoke koncentracije sulfatnih, nitratnih in amonijevih **ionov** ter **SO₂ v zraku**. V mesecih od aprila do avgusta so bile zaradi aktivnosti v kmetijstvu povišane koncentracije amonijevih ionov. Koncentracije vseh navedenih onesnaževal pa so bile najnižje med septembrom in novembrom. Koncentracije kalija so bile kot posledica kurjenja lesa najvišje v zimskih mesecih, to je od januarja do marca in od oktobra do decembra. Najvišje koncentracije kalcijevih ionov smo zabeležili med marcem in avgustom 2017.

Summary

The quality of ambient air in Slovenia has not changed much in recent years. The annual variation is mainly associated with changing meteorological conditions. However, the year 2017 was especially marked by three major fires that broke out in industrial facilities. The Slovenian Environment Agency was actively involved in monitoring the impact of these on the environment.

Air pollution with **PM₁₀** has remained essentially unchanged for several years and is heavily dependent on local weather conditions. Exceedances of daily PM₁₀ limit values are almost exclusively limited to the cold part of the year, when meteorological conditions for the dilution of PM₁₀ emissions are especially unfavourable, while at the same time, air pollution with PM₁₀ is caused by small combustion plants, which contribute two-thirds of the total particulate emissions in Slovenia.

In 2017, data for PM₁₀ are available from five new monitoring stations, three are traffic type: Celje Mariborska, Ljubljana Gospodarsko razstavišče and Nova Gorica Grčna, one is urban background type in Ptuj and one rural background type in Ruše.

At ten monitoring sites, the total number of exceedances in 2017 (Celje Mariborska 57, Ljubljana Center 51, Celje 49, Zagorje 46, Murska Sobota Rakičan 44, Trbovlje 39, Ljubljana Gospodarsko razstavišče 39, Celje Gaji 39, Miklavž na Dravskem polju 39 and Ptuj 38) exceeded the number of 35 permitted exceedances per year. Most of exceedances occurred during winter months. In comparison to the 2016, the exceedances of PM₁₀ occurred less often, while the measured levels of daily PM₁₀ maximum were significantly higher at most of the monitoring sites in 2017. The highest daily PM₁₀ levels were measured in January and in the beginning of February, when stable and cold weather prevailed with pronounced temperature inversions. After several years, in January, three exceedances of the daily limit value occurred even at Iskrba station, which represents the regional background. 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.

The average annual levels of **PM_{2,5}** were lower in 2017 than in 2016 and did not exceed the annual limit value at any monitoring site. The indicator for average exposure of PM_{2,5} for monitoring sites in the unexposed urban environment is 20 µg/m³ and was exceeded at monitoring site Ljubljana Biotehniška fakulteta (22 µg/m³). According to the WHO guidelines (10 µg/m³), the average annual level of PM_{2,5} was exceeded at all monitoring sites except at Iskrba. Additionally, the WHO recommendation for daily average level of 25 µg/m³ should not be exceeded more than three times a year. At the monitoring site Ljubljana Biotehniška fakulteta, there were 76 such days,

66 at Maribor Center, 54 at Maribor Vrbanski Plato, and 13 at Iskrba.

The levels of **benzo(a)pyrene** in 2017 were at all monitoring site lower than in 2016, mainly due to more favourable weather conditions in November and December. At the most encumbered monitoring sites Ljubljana Biotehniška fakulteta and Maribor Center have reached the target value. At Iskrba, the average annual value was, as expected, the lowest. A comparison of the level of benzo(a)pyrene during the period 2009 to 2017 indicates that the pollution remains approximately unchanged.

The average annual levels of **nickel, arsenic, cadmium** and **lead** were at all monitoring sites lower than the requirements for air quality in 2017. The highest levels of lead, cadmium and arsenic were measured in Žerjav, where elevated levels of heavy metals are due to the surrounding industry. At the same time, the resuspension of lead from the contaminated soil cannot be excluded. A comparison of the heavy metals levels during the period 2009 to 2017 shows that the pollution remains roughly at the same level.

The level of **benzene** at monitoring site Maribor was in 2017, as well as in all other years in the series of measurements, significantly lower than the prescribed limit value. At monitoring site Ljubljana Bežigrad, the benzene measuring device was defective in most of the year 2017, 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 2017 reached 60 % of the prescribed limit value.

The summer of 2017 was among the warmest, so **ozone** levels were higher in comparison to the previous years. The highest levels were measured in Koper ($216 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and in the Otlica ($210 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Exceedance of the information threshold ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) was recorded at eight monitoring sites in two shorter periods in June and August. During these two periods, our region was dominated by a high-pressure area with very warm and relatively dry air at heights with wind from west and south-west directions, which brought us, polluted air from Italy. Ozone pollution results mainly from pronounced influence of the trans-boundary pollution. Alarm threshold ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) was not exceeded this year. The target value for health protection has been exceeded at most monitoring sites that are not under the direct impact of traffic. According to the WHO guidelines, this value was exceeded at all monitoring sites. In addition, the target value for vegetation protection was higher than the limit value (AOT40). 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 2017, after several years, we again recorded exceedance of the annual limit value for **nitrogen dioxide** at the monitoring station Ljubljana Center. The average annual level was $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. The hourly limit value of $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (permitted number of exceedances is 18 hours per year) was exceeded once. This measuring site is in the city centre and is under the direct influence of traffic, which is the main source of nitrogen oxides. 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

plants, 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 2017 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 5,6 in 2017. They were the most acidic in the cold part of the year, in January and February, and in November and December, which is associated with acid emissions during the period of domestic heating. Wet depositions of ammonium ions were similar to that of previous years in the period between April and September, which is associated with increased activities in agriculture, while the depositions of nitrate and sulphate ions depend mainly on the amount of precipitations in each month. 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 and mercury was at a slightly lower level than in the previous year. As in previous years, PAH deposition was the highest in winter months due to wood burning, but remained at the annual level similar to previous years.

In the first three months of 2017, relatively high concentrations of sulphate, nitrate and ammonia **ions** and **SO₂ in the air** were recorded. In the months from April to August, due to the activity in agriculture, ammonium ion concentrations increased. The concentrations of all these pollutants were lowest between September and November. The potassium concentrations were the highest in the winter months, from January to March and from October to December, as a result of wood burning. The highest concentrations of calcium ions were recorded between March and August 2017.

Tabela A: Tabela prikazuje povprečne letne ravni onesnaževal zraka (C_p), število preseganj mejnih (>MV) oziroma ciljnih (>CV) in opozorilnih vrednosti (>OV) v letu 2017. Prikazana je maksimalna povprečna 8-urna vrednost (C_{max}) za ogljikov monoksid. Rdeča barva predstavlja presežene mejne ali cilje 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 svineca pa v ng/m^3 .

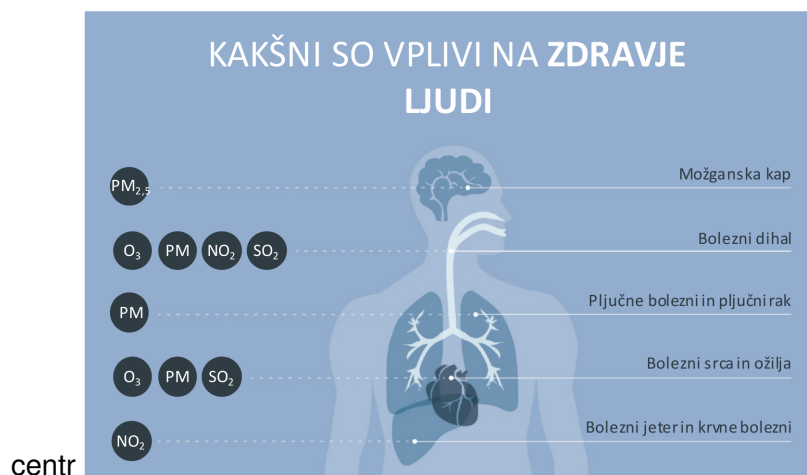
	PM_{10}		$PM_{2,5}$	ozon			NO_2		SO_2				CO	benzen	B(a)P	As	Cd	Ni	Pb
	leto	24 ur		leto	1 ura	8 ur	leto	1 ura	leto	zima	1 ura	24 ur	8 ur	leto	leto	leto	leto	leto	leto
	C_p	>MV	C_p	C_p	>OV	>CV	C_p	>MV	C_p	C_p	>MV	>MV	C_{max}	C_p	C_p	C_p	C_p	C_p	C_p
DMKZ																			
LJ Bežigrad	25	30		49	6	51	30	0	5	7	0	0	3.1	-*					
LJ Biotehniška	25	32	20												1.0	0.44	0.19	2.8	5.8
LJ Gospodarsko	29	39																	
Maribor	28	35	20				27	0					2.1	0.7	1.0	0.48	0.17	1.8	7.5
MB Vrbanski			18	56	0	31													
Celje	30	49		46	0	29	28	0	6	7	0	0				0.55	0.38	1.6	7.6
CE Mariborska	33	57																	
MS Rakičan	29	44		53	0	34	21	0											
Nova Gorica	23	24		50	4	51	30	0											
NG Grčna	25	21																	
Trbovlje	29	39		44	4	28	21	0	5	7	0	0	2.9						
Zagorje	29	46		41	0	14	25	0	3	5	0	0							
Hrastnik	23	19		52	1	33			5	6	0	0							
Koper	20	18		73	5	61	18	0											
Iskrba	12	3	10	59	0	42	2	0	0.4	0.5				0.2	0.26	0.07	0.78	1.8	
Žerjav	21	9													1.3	1.9	1.1	320	
Kranj	26	28																	
Novo mesto	27	33																	
Velenje	21	19																	
Otlica				84	15	61													
Krvavec				95	1	68							0.4						
Dopolnilna merilna mreža																			
TEŠ																			
Pesje	24	20							7	7	0	0							
Škale	17	9					8	0	8	7	0	0							
Šoštanj	20	14					20	0	3	3	0	0							
Zavodnje				73	0	22	6	0	3	3	0	0							
Velenje				49	0	17			4	4	0	0							
Topolšica									5	4	0	0							
Veliki vrh									4	3	0	0							
Graška gora									7	5	0	0							
OMS-MOL																			
LJ Center	33	51					50	1	2	2	0	0		3					
EIS TE-TOL																			
Vnajarje	21	8		69	0	31	17	0	6	6									
MO Celje																			
CE Gaji	25	39					22	0	5	5	0	0							
EIS TEB																			
Sv. Mohor				68	1	26	7	0	4	4	0	0							
MO Maribor																			
MB Vrbanski	20	21					13	0											
Pohorje				74	0	23													
EIS Anhovo																			
Morsko	18	6																	
Gorenje Polje	19	7																	
Občina Miklavž na Dravskem polju																			
Miklavž	29	39																	
MO Ptuj																			
Ptuj	26	38																	
Občina Ruše																			
Ruše	21	17																	

* Zaradi prevelikega izpada podatkov letno povprečje ni podano.

1. Uvod

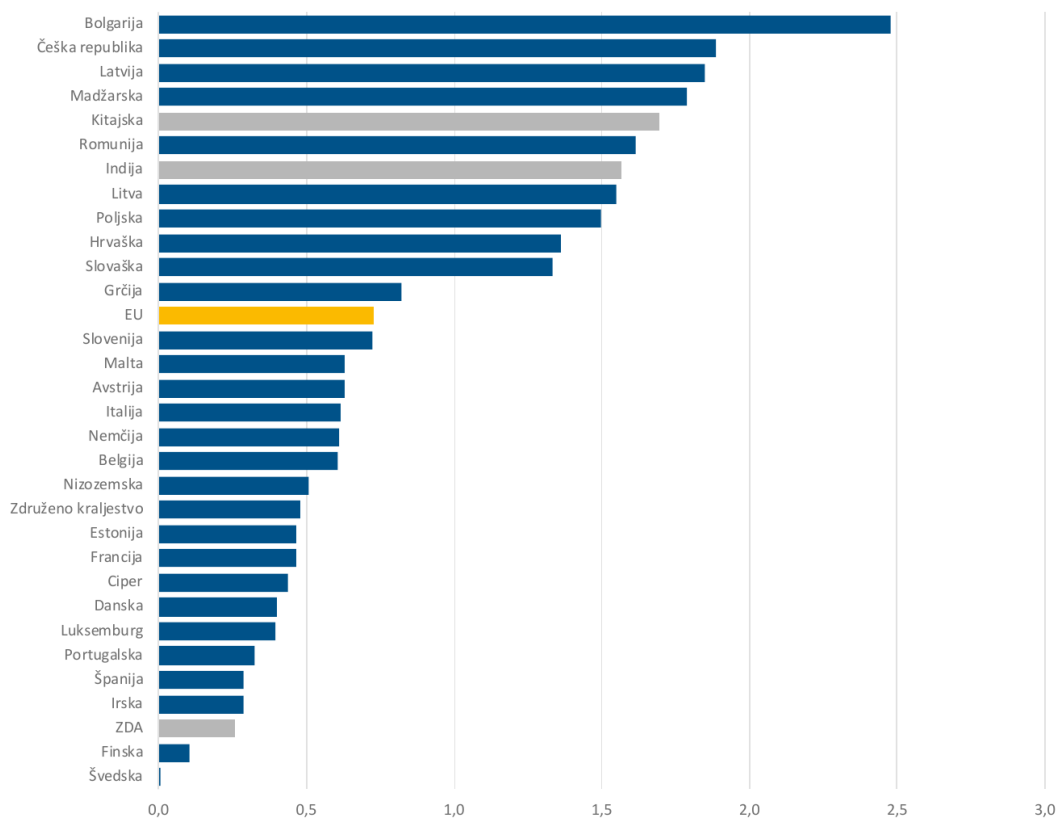
Kakovost zraka je eden ključnih okoljskih in socialnih izzivov sodobnega časa. Onesnaževala v zraku so lahko posledica lokalnih izpustov in prizadenejo bližnjo okolico virov onesnaženja ali pa z gibanjem zračnih mas prepotujejo velike razdalje (pri tem nekatera sodelujejo v zapletenih kemijskih pretvorbah) in njihov vpliv tako seže tudi daleč od prvotnih virov. Viri onesnaževal so povezani z delovanjem človeka, lahko pa so tudi posledica saharskega prahu, gozdnih požarov, izbruhov vulkanov, vetrne erozije in drugih naravnih virov. Na kakovost zraka poleg izpustov močno vplivajo predvsem vremenske razmere ter geografski pogoji, od katerih je odvisno kako učinkovito se onesnaževala v ozračju redčijo.

Po mnenju Svetovne zdravstvene organizacije (WHO) onesnaženost zraka predstavlja največje okoljsko tveganje za **zdravje ljudi** v Evropski uniji [1]. Izpostavljeni so zlasti prebivalci mestnih območij. Delci, dušikov dioksid in prizemni ozon pa so onesnaževala zraka z največjim vplivom na zdravje (slika 1.1). Slovenija se po vplivu onesnaženega zraka na zdravje prebivalstva v primerjavi z drugimi evropskimi državami uvršča tik pod sredino, ob bok povprečju Evropske unije (slika 1.2). Preko vpliva na življenjsko dobo prebivalstva, povečanih stroškov medicinske oskrbe in zmanjšane delovne učinkovitosti ima onesnaženost zraka tudi pomemben ekonomski vpliv. Obenem onesnažen zrak škoduje ekosistemom, vegetaciji, stavbam in drugi infrastrukturi.



Slika 1.1: Glavni vplivi PM, NO₂, SO₂ in O₃ na zdravje [2].

Čeprav mnoga onesnaževala vplivajo na **podnebje**, izboljšanje kakovosti zraka lahko pomaga pri blaženju podnebnih sprememb in obratno, ni pa vedno tako. Nekatera onesnaževala namreč prispevajo k ohlajanju, druga pa povzročajo segrevanje ozračja [3]. Tudi lesna biomasa je z vidika



Slika 1.2: Izgubljena leta zdravega življenja zaradi onesnaženosti zunanjega zraka na sto prebivalcev [2].

vpliva na podnebje CO₂ nevtralnega goriva, vendar pa njena uporaba za ogrevanje lahko sprošča visoke izpuste delcev, še posebej, če se les uporablja v zastarelih malih kurilnih napravah.

Evropska unija za države članice predpisuje **standarde kakovosti zunanjega zraka**. Določata jih Direktiva 2008/50/ES o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo [4] ter Direktiva 2004/107/ES o arzenu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih [5] v zunanjem zraku. Direktivi med drugim določata mejne, ciljne, opozorilne, alarmne ter kritične vrednosti, metode ocenjevanja za različna onesnaževala ter načine obveščanja javnosti v primeru prekoračitev. V slovenski pravni red sta bili prenešeni z Uredbo o kakovosti zunanjega zraka [6], Uredbo o arzenu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [7] ter Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka [8].

V Sloveniji **ocenjevanje kakovosti zraka** skladno s pravilnikom [8] zagotavlja Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) z meritvami in modelskimi izračuni. **Meritve** delcev PM₁₀ in PM_{2,5}, ozona (O₃), žveplovega dioksida (SO₂), ogljikovega monoksida (CO), dušikovega dioksida (NO₂), dušikovih oksidov (NO_x), svinca (Pb), benzena (C₆H₆), arzena (As), kadmija (Cd), niklja (Ni) in benzo(a)pirena izvaja ARSO na stalnih merilnih mestih v okviru državne merilne mreže. V krajih, ki niso zajeti v stalni merilni mreži občasno izvajamo **indikativne meritve** z mobilno postajo.

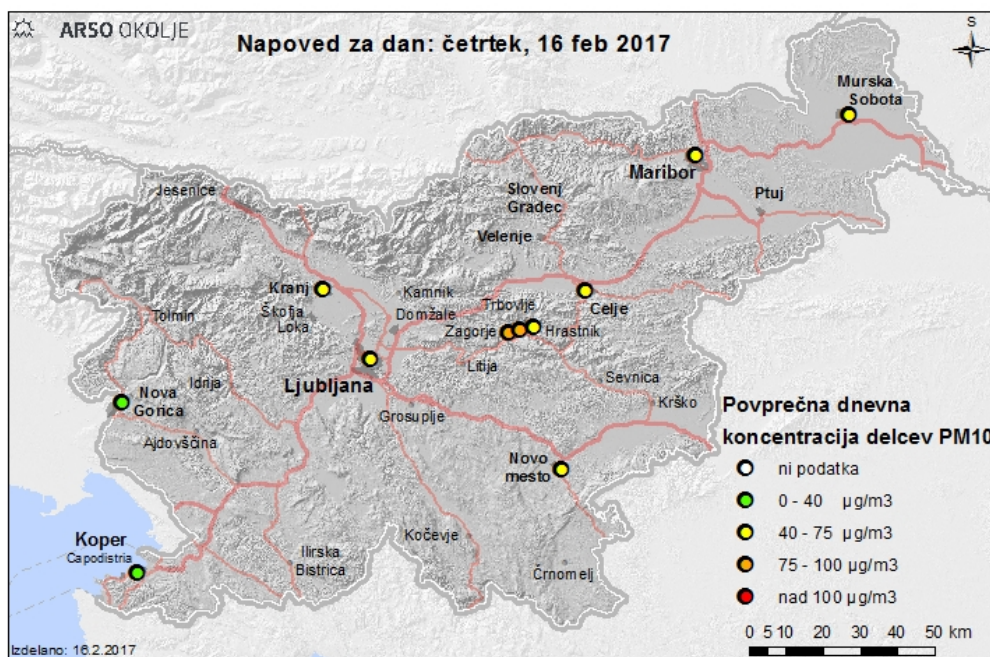
ARSO izvaja tudi meritve programov **EMEP** in **GAW**. Program EMEP deluje v okviru Konvencije o prenosu onesnaženja na velike razdalje preko meja [9], medtem ko je GAW program Svetovne meteorološke organizacije. Programa sta namenjena ugotavljanju prenosa onesnaženja v širših regionalnih in kontinentalnih razsežnostih, meritve pa obsegajo tudi spremljanje kakovosti padavin

in usedlin.

Kot dopolnitev meritvam si pri ocenjevanju kakovosti zraka, analizah vzrokov čezmerne onesnaženosti in pri napovedovanju ravni onesnaževal na ARSO pomagamo tudi z **modeli**. Vzpostavljen imamo regionalen disperzijsko-fotokemičen model CAMx, sklopljen z meteorološkim modelom ALADIN/SI ter statistične modele za napovedovanje ravni delcev oziroma ozona za posamezne kraje. Prednost modelov v primerjavi z meritvami je prostorska pokritost. Izračun časovnega poteka ravni onesnaževal namreč modeli omogočajo tudi na območjih, kjer meritev ne izvajamo.

Podatke o oceni kakovosti zraka skupaj z opisom načina ocenjevanja ter uporabljenimi tehnikami redno poročamo Evropski okoljski agenciji (EEA). Poročani podatki so osnova za ugotavljanje skladnosti z mejnimi ali ciljnimi vrednostmi onesnaževal v zraku in predstavljajo osnovno informacijo o ukrepih, njihovih učinkih in politikah za zmanjševanje čezmerne onesnaženosti. Meritve regionalnega ozadja onesnaženosti zraka in padavin dodatno poročamo v okviru sodelovanja v programih EMEP in WHO-GAW.

Naloge ARSO segajo tudi na področje **obveščanja in ozaveščanja javnosti**, kjer želimo prebivalcem omogočiti zmanjšanje svoje izpostavljenosti onesnaženemu zraku, ob epizodah povišane onesnaženosti pa jih tudi vzpodbuditi, da s svojim ravnanjem pripomorejo k nižjim izpustom onesnaževal. V ta namen imamo vzpostavljen prikaz trenutne stopnje onesnaženosti zraka z **indeksom kakovosti zunanjega zraka**, ki hkrati upošteva ravni delcev PM₁₀, NO₂, SO₂ in O₃, skupaj s priporočili za ravnanje, pripravljenimi s strani Nacionalnega inštituta za javno zdravje (NIJZ). Skladno z uredbo o kakovosti zunanjega zraka dnevno pripravljamo **napoved** ravni delcev PM₁₀ (slika 1.3) v zimskem času oziroma napoved ozona poleti. V primeru visokih ravni onesnaževal izdamo obvestila oziroma opozorila skupaj s priporočili o ukrepih za ravnanje.



Slika 1.3: Primer napovedi ravni delcev PM₁₀ za dan 16.2.2017 [10]

Informacije o kakovosti zraka posredujemo javnosti tudi z **objavo podatkov** avtomatskih merilnih postaj na spletnih straneh ARSO in na teletekstu nacionalne televizije. Mesečno pregledane

podatke meritev objavimo v mesečnem biltenu Naše okolje in na spletni strani ARSO. Rezultati meritev objavljeni v letnem poročilu so dodatno preverjeni na vseh stopnjah kontrole in imajo status dokončnih podatkov. Na spletnih straneh ARSO objavljamo tudi poročila o dodatnih meritvah, študijah in modeliranju kakovosti zraka.

Na ARSO od spomladi 2016 do spomladi 2021 izvajamo projekt **Sinica** [11], v okviru katerega bomo v prihodnje zagotovili še bolj kakovostne, ažurne in prostorsko reprezentativne meritve in modelske izračune za potrebe napovedi ter ocen onesnaženosti zraka. Nadgradili bomo stara in vzpostavili nekatera nova stalna merilna mesta ter uvedli dodatne občasne meritve za izboljšanje informacije o prostorski porazdelitvi onesnaženosti. Pridobili bomo prostorsko in časovno podrobne podatke o virih onesnaženja, posodobili laboratorije, analitsko-informacijski sistem in računski center. Omenjena infrastruktura nam bo v pomoč pri boljšem obveščanju in ozaveščanju javnosti, natančnejši podatki o kakovosti zraka pa podlaga za pripravo načrtov, katerih učinkovitost bomo z novimi orodji lažje spremljali.

Zavedamo se, da zrak ne pozna meja in da v sodelovanju s sosednjimi državami lahko poiščemo še bolj uspešne rešitve k izboljšanju kakovosti zraka. To še posebej velja za obmejna območja in za sekundarna onesnaževala kot je ozon, ki se ob ugodnih vremenskih pogojih tvorijo v potujočih zračnih masah. V okviru sodelovanja v projektu **LIFE-IP PREPAIR** [12] bomo na ARSO ocenili vpliv izpustov onesnaževal Padske nižine na kakovost zraka v Sloveniji ter vpliv tam izvedenih ukrepov na izboljšanje kakovosti zraka pri nas. Med drugim bomo v sodelovanju z italijanskimi partnerji vzpostavili sistem za medsebojno izmenjavo podatkov o izpustih in kakovosti zunanjega zraka na območju Padske nižine in Slovenije ter modelska orodja za celostno oceno učinkovitosti različnih ukrepov.

V tem poročilu prikazujemo rezultate meritev kakovosti zunanjega zraka v letu 2017, za ponazoritev trendov onesnaženosti zraka pa tudi rezultate meritev iz prejšnjih obdobj. V poročilu smo osredotočeni na onesnaževala s predpisanimi mejnimi ali ciljnimi vrednostmi. Vključili smo tudi rezultate spremljanja kakovosti padavin, s katerimi se onesnaževala izpirajo iz zraka in vnašajo v vode in tla. Pri razlagi epizod onesnaženja si pomagamo z modelskimi izračuni. Poleg tega pri posameznih onesnaževalih navajamo podatke o izpustih iz državnih evidenc, ki se vodijo na ARSO [13]. Leto 2017 je bilo posebno v tem, da so ga zaznamovali izredni dogodki, katerim namenjamo posebno poglavje.

Želimo, da bi poročilo, ki je pred vami, ne le doprineslo k boljši obveščenosti o kakovosti zraka, pač pa tudi nagovorilo k večji skrbi za okolje, v katerem živimo.

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, indikativnimi meritvami ali z 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.

Način ocenjevanja kakovosti zraka je odvisen od onesnaženosti posameznega območja. Če je onesnaženost višja, je potrebno več meritev, ki morajo biti tudi 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. Za vsa onesnaževala na vseh območjih in aglomeracijah smo na ARSO pripravili oceno onesnaženosti zraka.

Slovenija je po Uredbi o kakovosti zunanjega zraka za ocenjevanje kakovosti zraka razdeljena na dve aglomeraciji 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 pa je zaradi svoje specifikacije iz območja celotne Slovenije izvzeta Zgornja Mežiška dolina.

V letu 2017 smo za ocenjevanje kakovosti zraka uporabljali meritve na stalnih merilnih mestih, ki smo jih dopolnjevali tudi z rezultati modeliranja kakovosti zraka.

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 žvepovega dioksida. Kasneje smo merilno mrežo počasi širili in tudi nadgrajevali z meritvami večjega nabora onesnaževal.

Državno merilno mrežo za spremljanje kakovosti zunanjega zraka (DMKZ) upravlja ARSO. V letu 2017 jo je sestavljalo 21 merilnih mest, s katerimi lahko zagotavljamo osnovne podatke o kakovosti zraka v Sloveniji. Poleg merilnih mest v okviru DMKZ na stalnih merilnih mestih potekajo meritve za spremljanje vpliva nekaterih večjih energetske in industrijskih objektov. Dodatne meritve kakovosti zraka 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 ter mestnih občin Ljubljana, Maribor, Ptuj in Celje ter občin Miklavž na Dravskem polju in Ruše.

Podatki o merilnih mestih, na katerih spremljamo ravni onesnaževal in meteorološke veličine, 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 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.

Merilna mreža kakovosti zraka DKMZ se v letu 2017 ni bistveno spremenila. Zaradi izpolnjevanja evropske zakonodaje je bilo potrebno uvesti 3 dodatna merilna mesta na prometnih lokacijah: Ljubljana Gospodarsko razstavišče (LJ GR), Nova Gorica Grčna (NG Grčna) in Celje Mariborska (CE Mariborska). Te lokacije so zaradi večje gostote izpustov iz prometa v neposredni bližini praviloma bolj obremenjene.

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

Z meritvami na prometnih merilnih mestih Ljubljana center, Maribor, Zagorje, Ljubljana Gospodarsko Razstavišče, Nova Gorica Grčna in Celje Mariborska 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 tudi 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 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 postajah vzporedno z referenčno metodo izvajajo tudi 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 merilnih mestih, ki so enakomerno razporejena po Sloveniji. V tabeli 2.5 so podana merilna mesta za meritve kakovosti padavin v letu 2017, 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.

Umerjevalni laboratorij ARSO je imenovan za nacionalni referenčni laboratorij za področje kakovosti zunanjega zraka in sodeluje v evropskem združenju AQUILA – mreži nacionalnih referenčnih laboratorijev za kakovost zraka. Redno sodeluje v mednarodnih primerjalnih meritvah, ki jih organizira Skupni raziskovalni center Evropske komisije v Ispri. Umerjevalni laboratorij ARSO, ki skrbi za kalibracijo merilnikov ogljikovega monoksida, žveplovega dioksida, dušikovih oksidov in ozona v mreži DMKZ, je akreditiran po standardu SIST EN ISO/IEC 17025:2005 za področje parametrov kakovosti zraka že od leta 2005. Obseg akreditacije je naveden na spletnem mestu Slovenske akreditacije. Zagotavljanje kakovosti meritev onesnaženosti zraka je podrobneje opisano v Poročilu o kakovosti zraka v Sloveniji v letu 2012 [14]. Kemijske analize delcev in padavin, z izjemo določanja živega srebra, izvaja Kemijsko analitski laboratorij ARSO. Za meritve pH vrednosti, električne prevodnosti, anorganskih ionov, masnih koncentracij, težkih kovin in policikličnih organskih ogljikovodikov je laboratorij akreditiran v skladu s standardom SIST EN ISO/IEC 17025:2005.

Obseg akreditacije Kemijsko analitskega laboratorija je naveden na spletnem mestu Slovenske akreditacije.

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 v letu 2017.

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
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

Tip merilnega mesta: B=ozadje (background), T=prometno (traffic), I=industrijsko (industrial)
 Tip območja: U=mestno (urban), S=predmestno (suburban), R=podeželjsko (rural), NC=primestno (near city)
 REG=regionalno (regional)
 Značilnosti 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 2017.

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		+	+	+								+
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	+											+
EIS TET												
Dobovec	+		+									+
Kovk	+	+	+									+
Ravenska vas	+											+
Kum	+											+
Prapretno				+								+
OMS MO LJUBLJANA												
LJ Center	+		+	+			+					+
EIS TE-TOL												
Vnajnarje	+	+	+	+								+
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				+								

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

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:

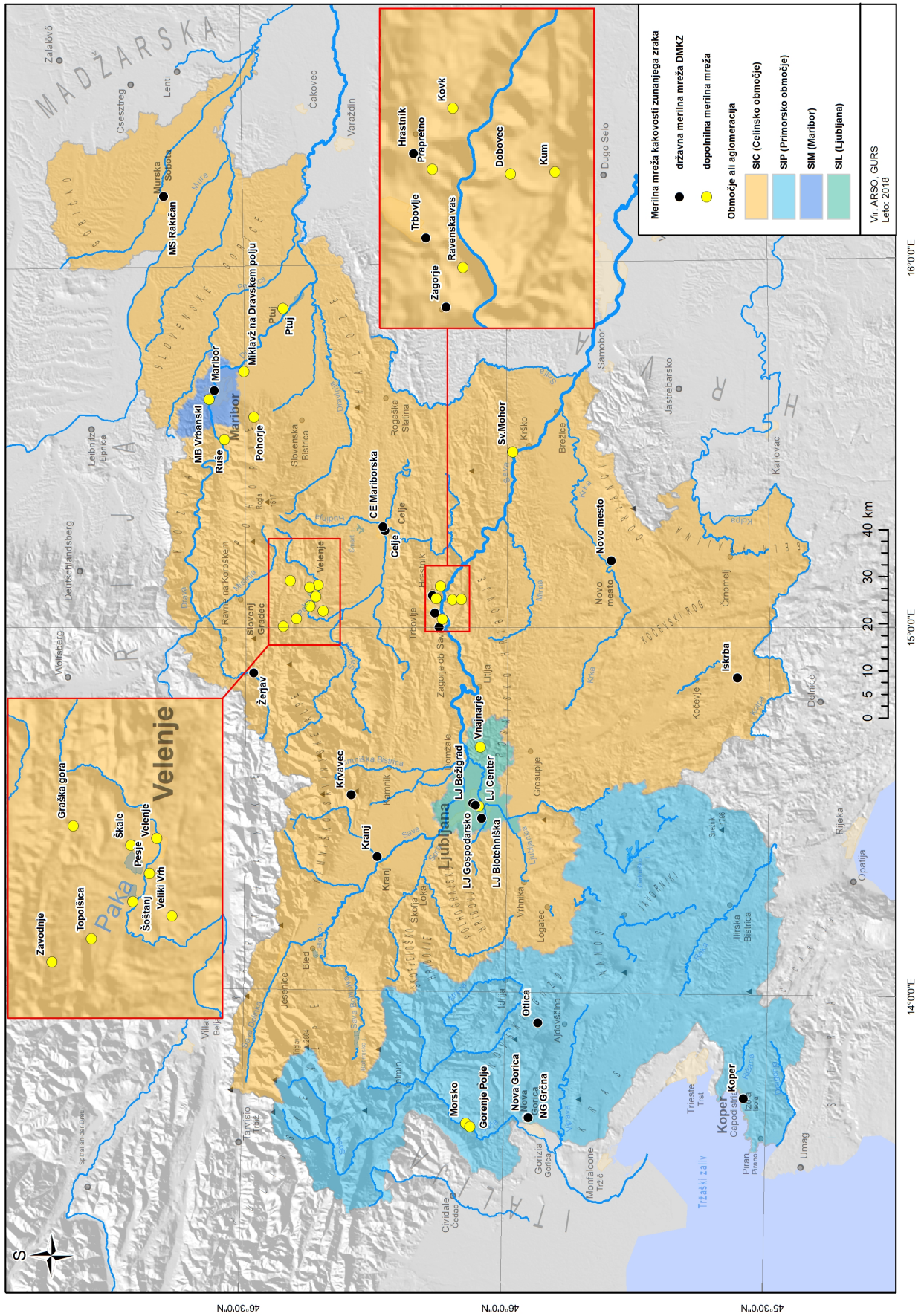
Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻

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



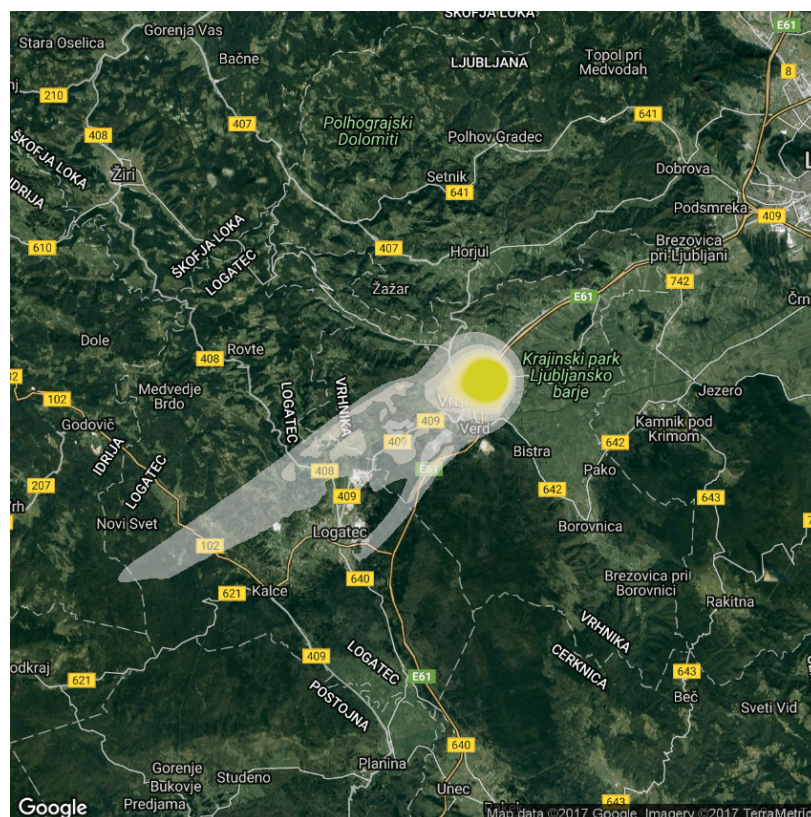
Slika 2.1: Merilna mreža kakovosti zunanjega zraka.

3. Izredni dogodki

Leto 2017 so med drugim zaznamovali trije izredni dogodki, požari, ki so izbruhnili v podjetju Kemis na Vrhniki, v skladišču podjetja EKO Plastkom v Ljutomeru in v podružnici za predelavo odpadkov podjetja Ekosistemi v Zalogu pri Novem mestu. V nadaljevanju povzemamo aktivnosti, ki jih je izvajala ARSO in ugotovitve spremljanja vpliva požarov na kakovost okolišnjega zraka.

3.1 Kemis Vrhnika

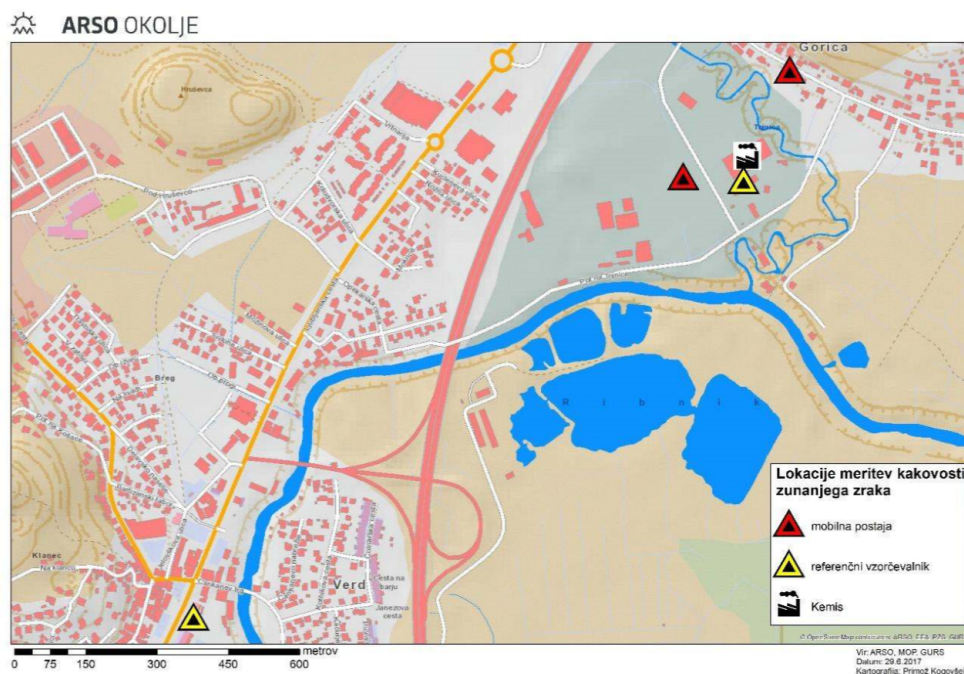
Požar na Vrhniki je v podjetju Kemis, ki se ukvarja z zbiranjem, predelavo in odstranjevanjem nevarnih odpadkov, izbruhnil dne 15. maja 2017 okrog 20^h. Šlo je za požar velikega obsega, pri katerem je sodelovalo 320 pripadnikov intervencijskih služb (gasilci, zdravstveni delavci, policisti, civilna zaščita) in je bilo iz najbližjih objektov v okolici požara evakuiranih 11 oseb.



Slika 3.1: Območje največjega onesnaženja zraka zaradi požara v podjetju Kemis.

Po omejitvi požara je ARSO nemudoma pričela z meritvami kakovosti zraka z mobilno postajo, s katero smo spremljali ravni delcev PM_{10} in dušikovih oksidov. Na lokaciji zahodno od podjetja Kemis so meritve potekale med 16. in 18. majem. Zaradi spremenjene smeri vetra smo dne 18. maja mobilno postajo premaknili v smer širjenja onesnaženja, na lokacijo severo-vzhodno od podjetja Kemis (slika 3.2).

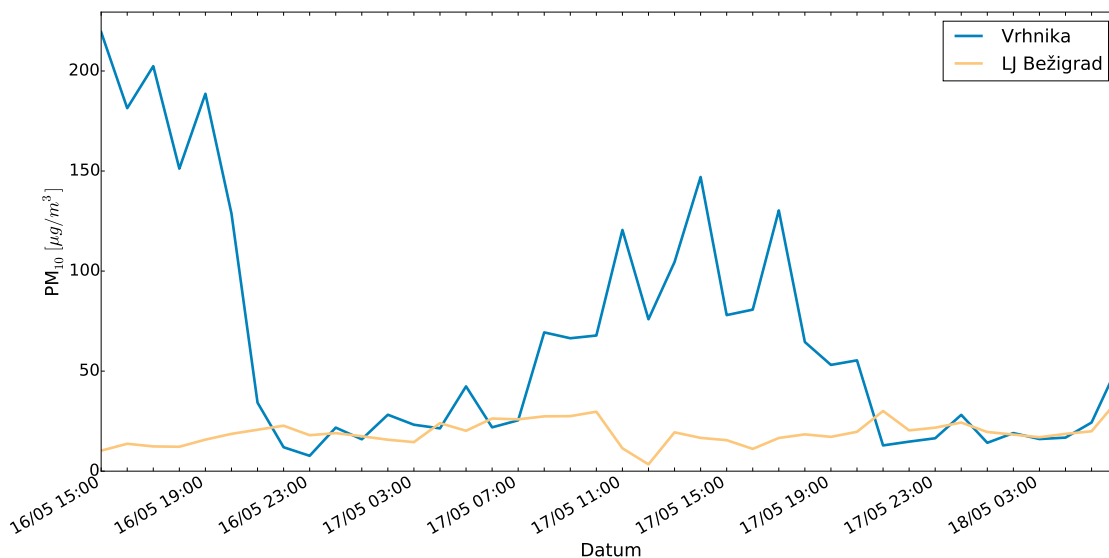
Med 13. in 22. junijem smo z namenom preverjanja stanja onesnaženosti zunanjega zraka po požaru izvedli vzorčenje delcev PM_{10} na dveh lokacijah z referenčnima merilnikoma s filtri, ki omogočajo izvedbo kemijskih analiz delcev. Prva lokacija je bila v neposredni bližini podjetja Kemis, druga pa na dvorišču stavbe Občine Vrhnika (slika 3.2). Določile so se vsebnosti kovin in policikličnih aromatskih ogljikovodikov. Na obeh lokacijah je bilo s strani Nacionalnega laboratorija za zdravje, okolje in hrano izvedeno tudi enkratno vzorčenje vsebnosti dioksinov in furanov v zraku, na lokaciji ob Kemisu dne 13. junija 2017, na dvorišču Občine Vrhnika pa dne 15. junija 2017.



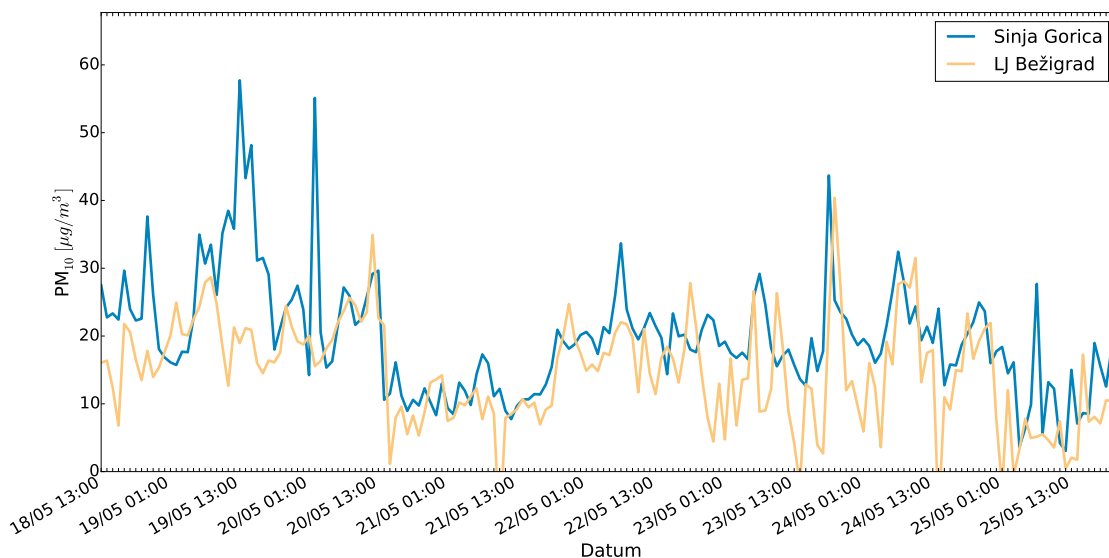
Slika 3.2: Prostorski prikaz vseh lokacij, na katerih so se izvajale meritve kakovosti zunanjega zraka.

Rezultati meritev mobilne postaje so prikazani na sliki 3.3 (lokacija zahodno od Kemisa) in sliki 3.4 (lokacija severo-vzhodno od Kemisa). Meritve so pokazale, da so bile ravni delcev povišane še dva dni po požaru. Razlog za povišane vrednosti preko dneva so bile aktivnosti na pogorišču, ko je v globinah pogorišča še tlelo in je občasno prihajalo do emisij delcev. Predpisana dnevna mejna vrednost Za delce PM_{10} $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je bila presežena tako 16. kot 17. maja. Ravni dušikovih oksidov so bile ves čas izvajanja meritev nizke.

Rezultati meritev z referenčnima vzorčevalnikoma so prikazani v preglednicah 3.1 in 3.2. Tako na lokaciji v bližini podjetja Kemis kot tudi na merilnem mestu na dvorišču Občine Vrhnika so bile ravni delcev ter vsebnosti kovin in policikličnih aromatskih ogljikovodikov nizke. Prav tako je enkratno vzorčenje pokazalo nizke vsebnosti dioksinov, furanov in PCB, rezultati so prikazani v preglednici 3.3. Vsebnosti dioksinov in PCB v zunanjem zraku, ki znašajo manj kot $10 \text{ fgTE}/\text{m}^3$,



Slika 3.3: Rezultati meritev kakovosti zraka na lokaciji zahodno od podjetja Kemis.



Slika 3.4: Rezultati meritev kakovosti zraka na lokaciji severo-vzhodno od podjetja Kemis.

predstavljajo glede na podatke iz literature vrednosti ozadja.

Zaključimo lahko, da je bilo onesnaženje zraka na območju Vrhniko največje v času požara, oziroma še večje v jutranjih urah dan po požaru, ko se je onesnažen zrak zaradi inverzije in nizkih temperatur tlenja zadrževal pri tleh. Nato se je ozračje prevetrilo in kakovost zraka izboljšala. Povišane ravni delcev PM_{10} so se pojavljale še dva dni po požaru, zatem pa povišane onesnaženosti zraka zaradi posledic požara v podjetju Kemis z meritvami nismo več zaznali.

Tabela 3.1: Ravni delcev PM₁₀ ter nekaterih kovin (arzena – As, kadmija – Cd, niklja – Ni in svinca – Pb) in benzo(a)pirena – BaP) v delcih PM₁₀ na lokaciji v bližini podjetja Kemis.

Datum	PM ₁₀ μg/m ³	As ng/m ³	Cd ng/m ³	Ni ng/m ³	Pb ng/m ³	BaP ng/m ³
13.6.2017	34	0,34	0,16	9,3	5,3	0,045
14.6.2017	30	0,44	0,11	4,8	10,7	0,062
15.6.2017	27	0,42	0,11	5,0	6,0	0,064
16.6.2017	28	0,38	0,16	5,0	5,6	0,066
17.6.2017	17	0,27	0,09	<1,3	2,9	0,052
18.6.2017	14	<0,27	0,07	<1,3	2,9	0,064
19.6.2017	18	0,42	0,07	3,6	3,0	0,043
20.6.2017	40	0,47	0,2	4,5	4,6	0,039
21.6.2017	30	0,31	0,09	5,7	7,7	<0,036
22.6.2017	23	0,33	0,07	2,4	5,2	<0,036
mejna/ciljna vrednost	50**	6*	5*	20*	500*	1*

** Dnevna mejna vrednost

* Vrednosti se nanašajo na povprečje v koledarskem letu

Tabela 3.2: Ravni delcev PM₁₀ ter nekaterih kovin (arzena – As, kadmija – Cd, niklja – Ni in svinca – Pb) in benzo(a)pirena – BaP) v delcih PM₁₀ na lokaciji dvorišča občine Vrhnika.

Datum	PM ₁₀ μg/m ³	As ng/m ³	Cd ng/m ³	Ni ng/m ³	Pb ng/m ³	BaP ng/m ³
13.6.2017	24	0,31	0,13	1,6	3,7	0,048
14.6.2017	27	0,35	0,11	1,5	11,4	0,094
15.6.2017	26	0,35	0,13	1,5	4,1	0,085
16.6.2017	25	0,35	0,20	1,8	3,3	0,064
17.6.2017	18	<0,27	0,07	<1,3	3,9	0,071
18.6.2017	15	<0,27	0,07	<1,3	3,4	0,079
19.6.2017	16	0,33	0,05	<1,3	3,1	0,065
20.6.2017	21	0,35	0,15	1,4	3,5	0,037
21.6.2017	21	<0,27	0,09	1,3	5,4	<0,036
22.6.2017	20	0,27	0,07	1,5	5,3	0,071
mejna/ciljna vrednost	50**	6*	5*	20*	500*	1*

** Dnevna mejna vrednost

* Vrednosti se nanašajo na povprečje v koledarskem letu

Tabela 3.3: Rezultati analiz dioksinov in furanov v zunanjem zraku.

Lokacija	Datum vzorčenja	Vsota dioksinov fgTE/m ³	Vsota PCDD/F in PCB fgTE/m ³
Kemis	13.6.2017	0,8	6,0
Občina Vrhnika	15.6.2017	3,8	5,5

3.2 EKO Plastkom Ljutomer

Dne 8. junija 2017 je nekaj po 21. uri prišlo do velikega požara v Ljutomeru v industrijski coni, kjer družba Eko Plastkom zbira, sortira in predeluje odpadne nagrobne sveče. Zaradi zelo gorljivega parafina in plastičnih mas se je požar hitro razširil in zajel velik del stavbe. ARSO je mobilno postajo za spremljanje onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM₁₀, dušikovimi oksidi, arzenom, kadmijem, nikljem, svincem in benzo(a)pirenom dne 9. junija postavila na Glavnem trgu v središču Ljutomera (sliki 3.5 in 3.6), ki je približno 800 metrov oddaljen od lokacije požara. Meritve so na tej lokaciji potekale do 21. junija 2017.

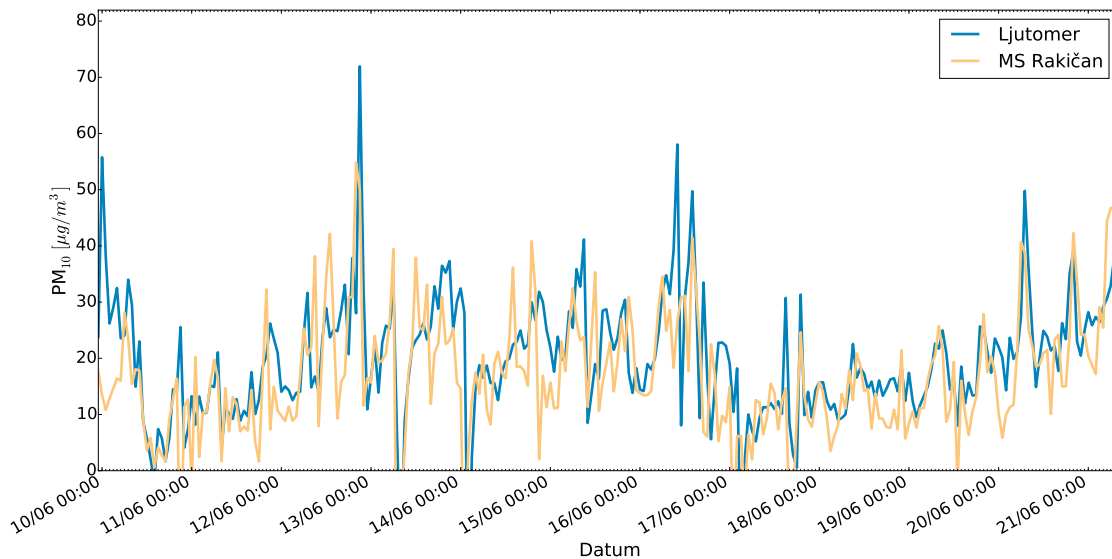


Slika 3.5: Prikaz lokacije požara in lokacije, kjer so se izvajale meritve kakovosti zunanjega zraka.



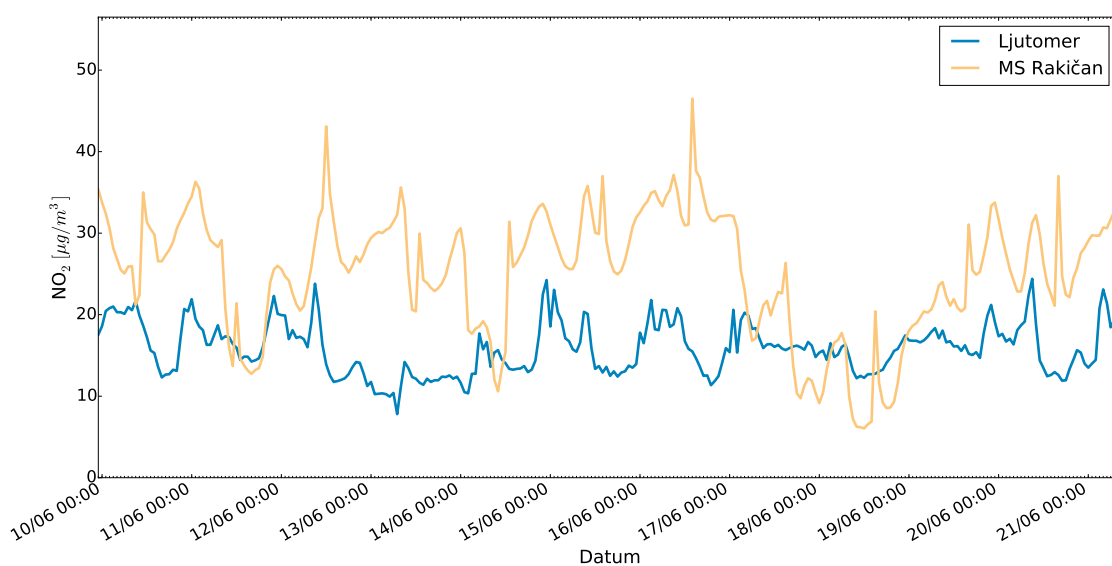
Slika 3.6: Mobilna postaja za meritve zunanjega zraka v Ljutomeru na Glavnem trgu.

Primerjava urnih ravni delcev PM_{10} izmerjenih z avtomatskim merilnikom TEOM na postaji v Ljutomeru in v Murški Soboti Rakičan je prikazana na sliki 3.7. Rezultati kažejo, da so bile vrednosti delcev v Ljutomeru primerljive z izmerjenimi v Murški Soboti Rakičan. Za delce predpisana dnevna mejna vrednost $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v času meritev ni bila presežena.



Slika 3.7: Primerjava urnih ravni delcev PM_{10} na postaji v Ljutomeru in Murski Soboti Rakičan.

Slika 3.8 prikazuje primerjavo urnih ravni dušikovega dioksida na lokaciji v Ljutomeru in Murski Soboti Rakičan. Ravni dušikovega dioksida so bile v Ljutomeru praviloma nižje kot v Murski Soboti.



Slika 3.8: Primerjava urnih ravni dušikovega dioksida (NO_2) na postaji v Ljutomeru in Murski Soboti Rakičan.

Rezultati meritev v Ljutomeru, opravljenih z referenčnim merilnikom, so prikazani v preglednici 3.4. Tudi te meritve kažejo nizke ravni delcev PM_{10} , kovin in policikličnih aromatskih ogljikovodikov v zraku. Rezultati vseh meritev so torej pokazali ravni merjenih onesnaževal v zunanjem zraku pod dovoljenimi vrednostmi.

Tabela 3.4: Ravni delcev PM₁₀ ter nekaterih kovin (arzena – As, kadmija – Cd, niklja – Ni in svinca – Pb) in benzo(a)pirena – BaP) v delcih PM₁₀ v Ljutomeru.

Datum	PM ₁₀ μg/m ³	Ni ng/m ³	As ng/m ³	Cd ng/m ³	Pb ng/m ³	BaP ng/m ³
10.6.2017	16	<1,3	<0,27	0,07	11,8	0,151
11.6.2017	15	<1,3	0,38	<0,05	3,3	0,059
12.6.2017	20	<1,3	0,33	0,09	4,1	0,045
13.6.2017	23	<1,3	0,29	0,09	3,0	0,042
14.6.2017	20	<1,3	0,38	0,07	3,8	0,047
15.6.2017	22	<1,3	0,36	0,09	3,6	0,043
16.6.2017	23	1,3	0,35	0,09	5,1	0,047
17.6.2017	14	<1,3	<0,27	0,07	2,1	<0,036
18.6.2017	13	<1,3	<0,27	<0,05	1,2	<0,036
19.6.2017	16	<1,3	0,36	0,07	2,1	0,043
20.6.2017	23	<1,3	0,38	0,11	7,2	0,057
mejna/ciljna vrednost	50**	6*	5*	20*	500*	1*

** Dnevna mejna vrednost

* Vrednosti se nanašajo na povprečje v koledarskem letu

3.3 Ekosistemi Novo mesto

Dne 20. julija 2017 je okoli 16. ure prišlo do velikega požara v Zalogu pri Novem mestu v podružnici za predelavo odpadkov podjetja Ekosistemi. ARSO je mobilno postajo za spremljanje onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM₁₀ in dušikovimi oksidi postavila dne 21.7.2017 okoli 14. ure na Novomeški cesti 52 v Straži pri Novem mestu, približno 1 km severozahodno od lokacije požara (slika 3.9). Lokacija mobilne postaje, požara ter stalnega merilnega mesta v Novem mestu, na katerem potekajo redne meritve delcev PM₁₀ z referenčnim merilnikom, so prikazane na sliki 3.9.

Na sliki 3.11 je prikazana primerjava urnih vrednosti delcev PM₁₀, izmerjenih z avtomatskim merilnikom na lokaciji Straža pri Novem mestu, z meritvami v Ljubljani Bežigrad in Celju. Vrednosti delcev na lokaciji Straža so bile predvsem prvi in drugi dan po začetku požara zelo povišane in bistveno višje kot na drugih dveh lokacijah v Sloveniji. Najvišja urna raven PM₁₀ je bila izmerjena 22.7.2017 ob 8^h, znašala je 480 μg/m³. V tem času je pihal jugovzhodni veter. Za delce predpisana dnevna mejna vrednost 50 μg/m³ je bila tega dne presežena. Naslednje dva dneva pa so bile ravni že pod dovoljeno mejo (Preglednica 3.5).

Tabela 3.5: Ravni delcev PM₁₀ ter nekaterih kovin (arzena – As, kadmija – Cd, niklja – Ni in svinca – Pb) in benzo(a)pirena – BaP) v delcih PM₁₀ v Ljutomeru.

Datum	PM ₁₀ μg/m ³		
	Novo Mesto - Straža	LJ Bežigrad	Celje
22.7.2017	83*	26	25
23.7.2017	35	19	17
24.7.2017	17	11	6

* Dnevna mejna vrednost 50 μg/m³ je lahko presežena 35-krat v koledarskem letu.

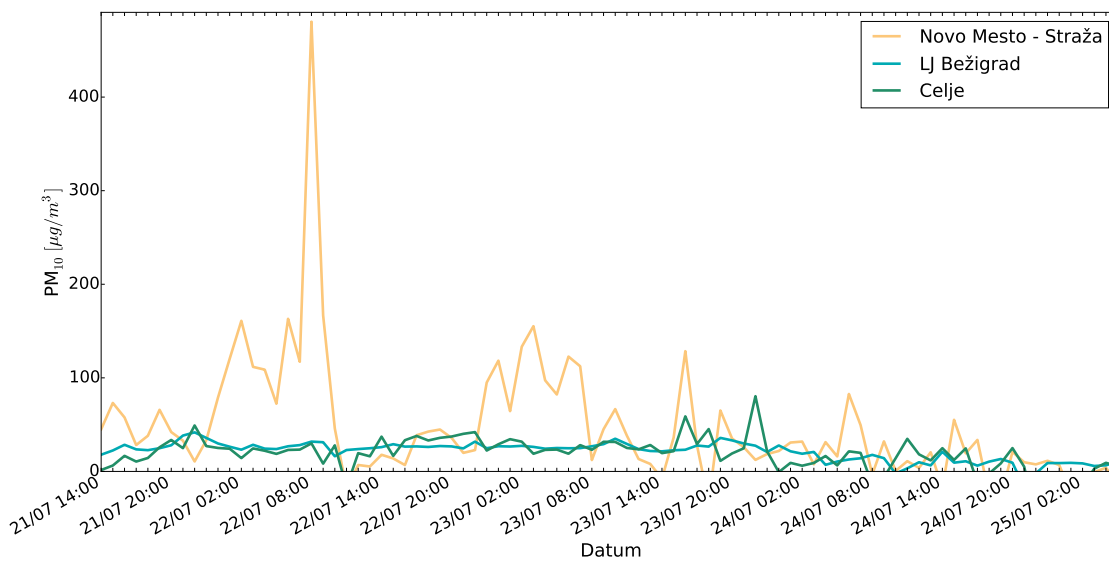
Primerjava urnih ravni dušikovega dioksida na lokacijah Straža pri Novem mestu, Ljubljana Bežigrad in Celje je prikazana na sliki 3.12. Izmerjene ravni dušikovega dioksida v Straži so bile bistveno nižje kot na obeh urbanih lokacijah v Sloveniji.



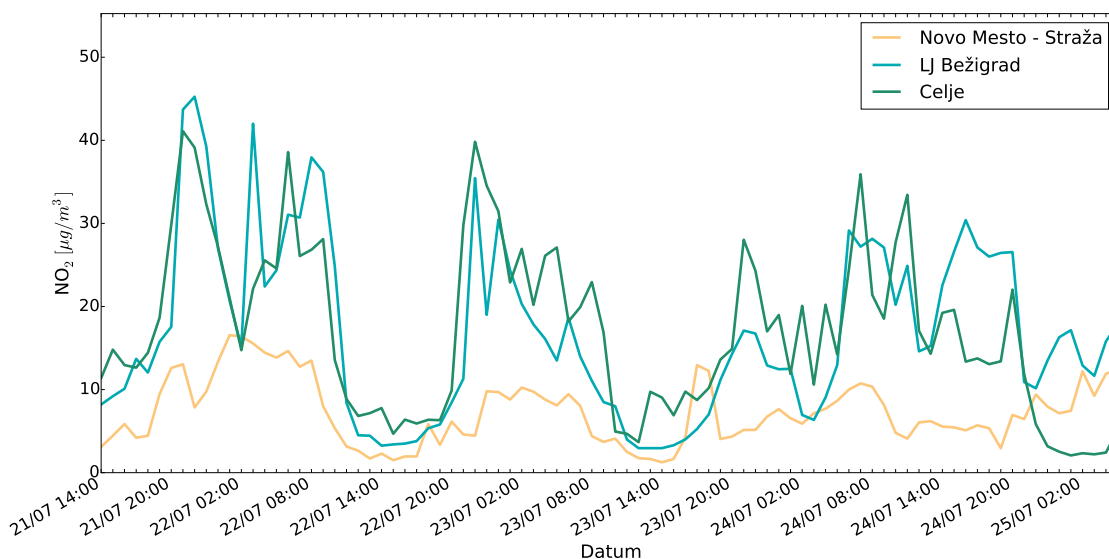
Slika 3.9: Prikaz lokacije meritev kakovosti zunanje zraka z mobilno postajo, požara ter stalnega merilnega mesta v Novem mestu.



Slika 3.10: Mobilna postaja za meritve zunanje zraka v Straži pri Novem mestu.



Slika 3.11: Primerjava urnih ravni delcev PM₁₀ na lokacijah Straža pri Novem mestu, Ljubljana Bežigrad in Celje.



Slika 3.12: Primerjava urnih ravni dušikovega dioksida (NO₂) na lokacijah Straža pri Novem mestu, Ljubljana Bežigrad in Celje.

4. 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 meteorološke spremenljivke (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 zunanjega zraka pri tleh.

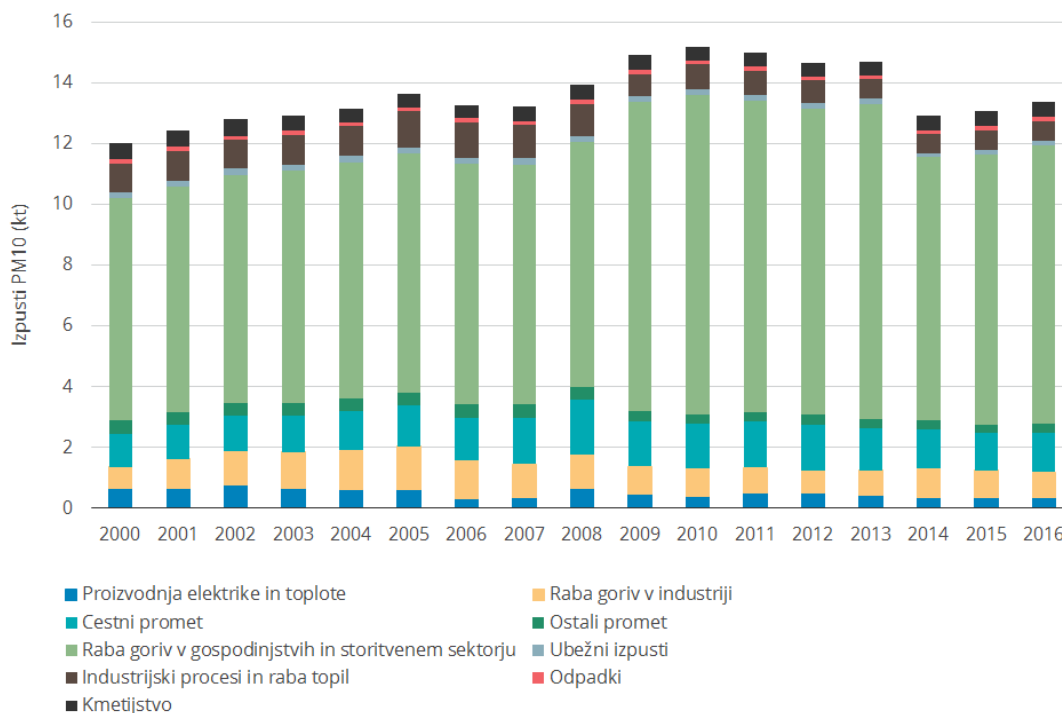
Epidemiološke študije kažejo, da imajo z vidika onesnaženosti zraka najbolj negativen vpliv na zdravje prav delci. Celo ravni pod sedanjimi zakonodajnimi mejnimi vrednostmi predstavljajo zdravstveno tveganje. Poročila Svetovne zdravstvene organizacije kažejo na to, da ne obstaja meja, pod katero ni pričakovati 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.

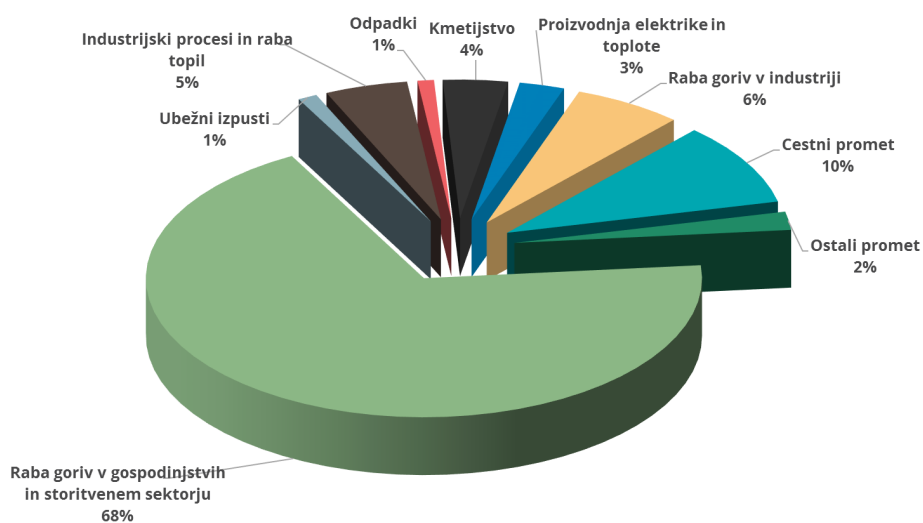
4.1 Izpusti primarnih delcev in predhodnikov

Letni izpusti primarnih delcev manjših od 10 μm (PM_{10}) so v Sloveniji leta 2016 znašali 13 tisoč ton (slika 4.1), letni izpusti primarnih delcev manjših od 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$) pa 12 tisoč ton (slika 4.3). V obdobju 2000-2016 so se izpusti delcev PM_{10} povečali za 12%. Izpusti delcev $\text{PM}_{2,5}$ so se v enakem obdobju povečali za 17%.

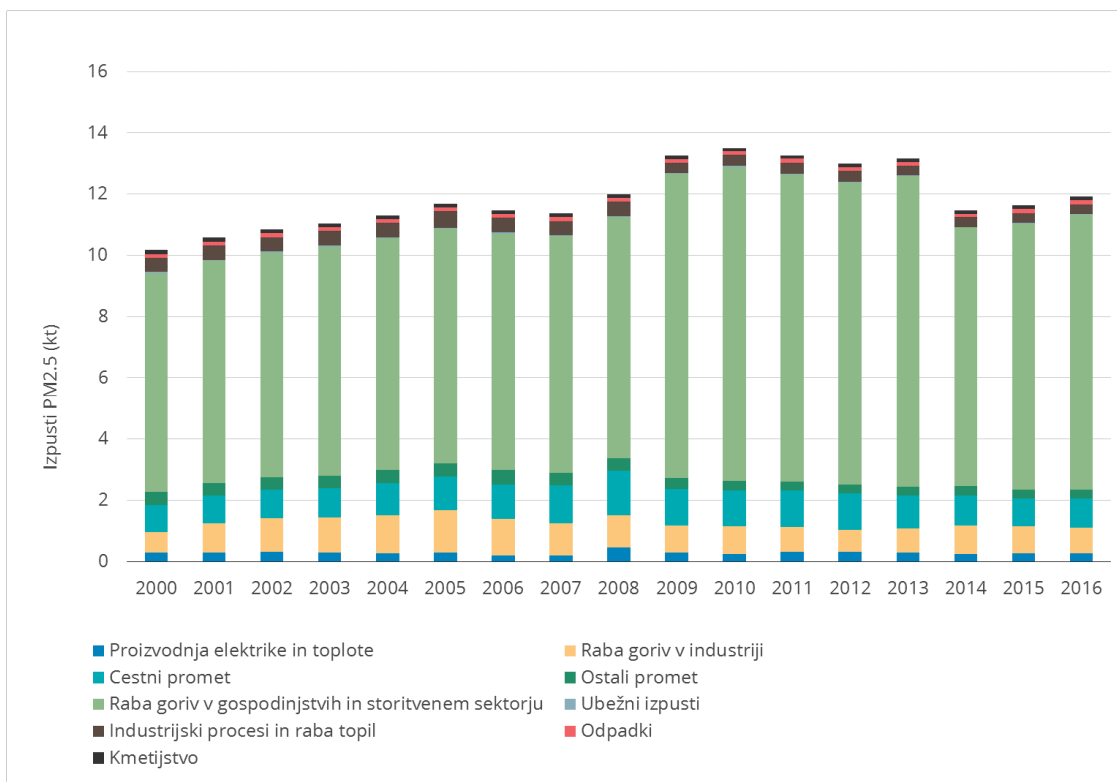
Glavni vir delcev je zgorevanje goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju, predvsem zaradi uporabe lesa v zastarelih kurilnih napravah. Mala kurišča so k skupnim izpustom PM_{10} na nivoju države v letu 2016 prispevala 68% (slika 4.2), k skupnim izpustom $\text{PM}_{2,5}$ pa kar 76% (slika 4.4). K izpustom delcev znatno prispeva tudi cestni promet. Izpusti PM_{10} iz cestnega prometa so leta 2016 predstavljali 10% skupnih državnih izpustov, delež k izpustom $\text{PM}_{2,5}$ pa je bil 8%. Delce v cestnem prometu sproščajo predvsem dizelski motorji, nastajajo pa tudi pri obrabi cest, gum in zavor. Slika 4.5 prikazuje prevladujočo vlogo kurilnih naprav na les v skupnih izpustih malih kurilnih naprav.



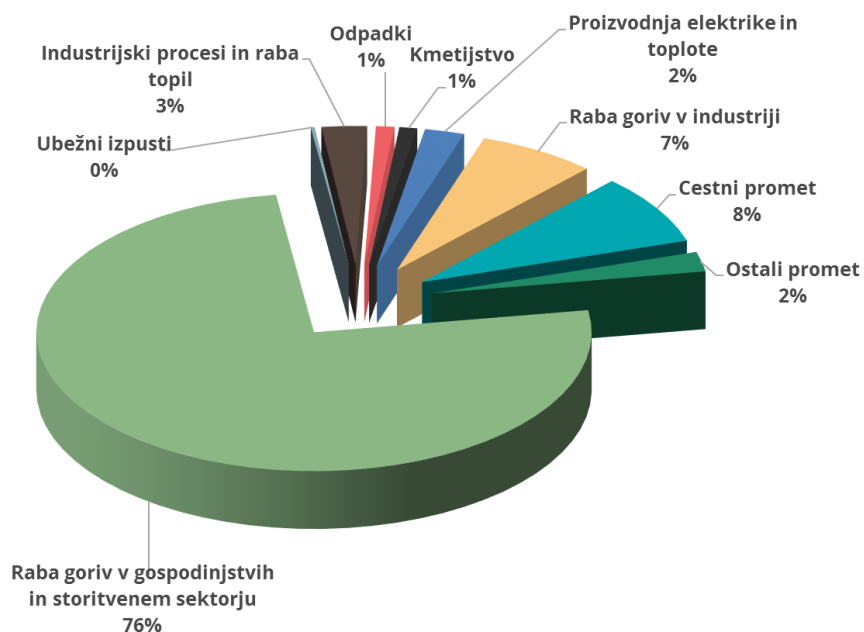
Slika 4.1: Letni izpusti delcev PM_{10} po sektorjih v Sloveniji.



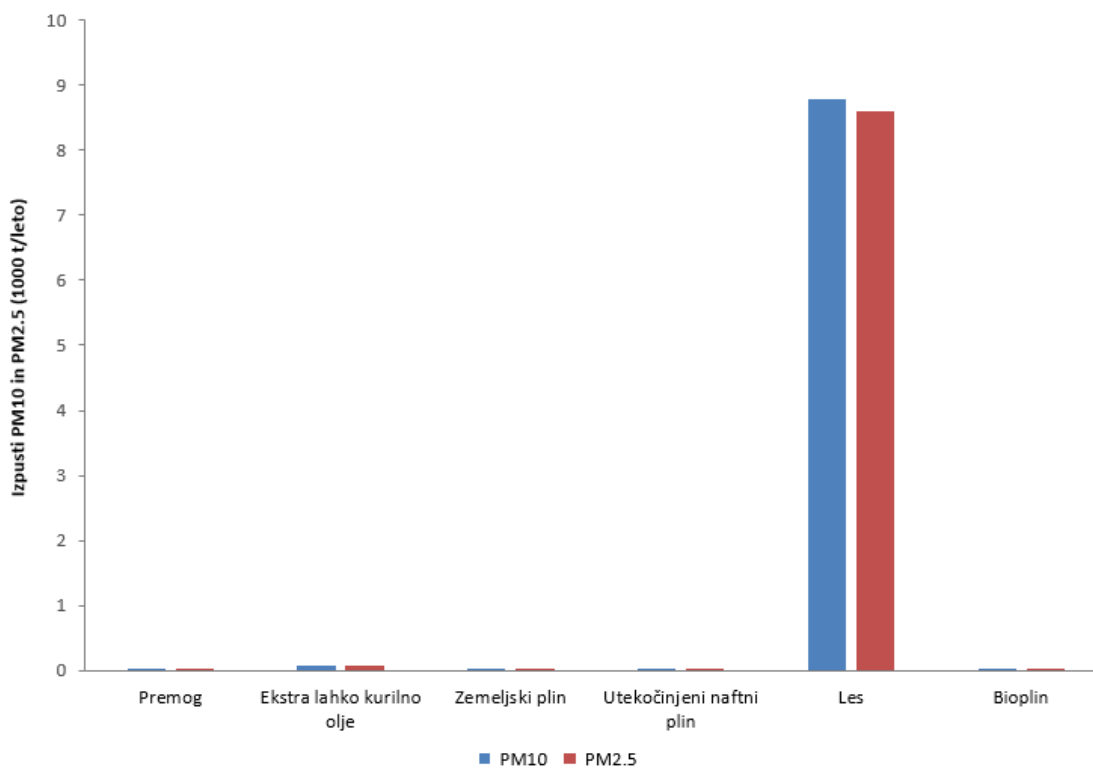
Slika 4.2: Izpusti delcev PM₁₀ po sektorjih v Sloveniji v letu 2016.



Slika 4.3: Letni izpusti delcev PM_{2,5} po sektorjih v Sloveniji.



Slika 4.4: Izpusti delcev PM_{2,5} po sektorjih v Sloveniji v letu 2016.



Slika 4.5: Izpusti delcev PM₁₀ in PM_{2,5} iz malih kurišč glede na vrsto uporabljenega goriva v letu 2016.

4.2 Zahteve za kakovost zraka

Mejne vrednosti za delce so predpisane v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [6]. Prikazane so v tabeli 4.1. 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. Za delce PM_{2,5} je predpisana letna mejna vrednost 25 µg/m³.

Tabela 4.1: 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.	
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 4.2: 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
30	29	29	28	27	26	26	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 2017 je triletno drseče povprečje vrednosti ravni na vseh teh vzorčevalnih mestih za leta 2015, 2016 in 2017. Predpisana stopnja izpostavljenosti znaša od leta 2015 dalje 20 µg/m³. KPI uporabljamo za preverjanje doseganja ciljnega zmanjšanja izpostavljenosti na nacionalni ravni.

4.3 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih ravni delcev PM₁₀ v letu 2017 je prikazan v tabelah 4.3, 4.4 in 4.5 ter na slikah 4.6 in 4.8. Onesnaženost zraka z delci PM₁₀ že nekaj let ostaja na isti ravni (sliki 4.9 in 4.10) in je močno odvisna od vremenskih razmer. V letu 2017 so na voljo podatki za PM₁₀ iz petih novih merilnih mest, tri so tipa promet: Celje Mariborska, Ljubljana Gospodarsko razstavišče in Nova Gorica Grčna, eno tipa mestno ozadje na Ptujju in v Rušah tipa podeželsko ozadje. Vsota prekoračitev v letu 2017 je na desetih merilnih mestih (Celje Mariborska 57, Ljubljana Center 51, Celje 49, Zagorje 46, Murska Sobota Rakičan 44, Trbovlje 39, Ljubljana Gospodarsko razstavišče

39, Celje Gaji 39, Miklavž na Dravskem polju 39 in na Ptuju 38) preseгла število 35, ki je dovoljeno za celo leto. Do večine vseh preseganj je prišlo v zimskih mesecih (tabela 4.5). V primerjavi z letom 2016 je bilo v letu 2017 dovoljeno število preseganj prekoračeno manjkrat, izmerjene maksimalne dnevne ravni delcev PM_{10} pa so bile na večini merilnih mest bistveno višje v letu 2017. Najvišje dnevne ravni PM_{10} smo izmerili januarja in v prvih dneh februarja, ko je prevladovalo stabilno in hladno vreme z izrazitimi temperaturnimi obrati. Tudi na postaji Iskrba, ki predstavlja regionalno ozadje, je po več letih v januarju prišlo do treh preseganj mejne dnevne vrednosti. Letna mejna vrednost za delce PM_{10} ni bila presežena na nobenem merilnem mestu.

V zadnjem obdobju se izkazuje, da 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 zaradi pogostih in izrazitih temperaturnih obratov onesnažen zrak dalj časa zadržuje v kotlinah in dolinah.

Povprečni dnevni hodi ravni PM_{10} v zimskem obdobju za merilna mesta Ljubljana Bežigrad, Zagorje, Maribor in Koper so prikazani na sliki 4.7. 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 prenos onesnaženega zraka v višje plasti ozračja.

V tabelah 4.6 in 4.7 ter na slikah 4.9 in 4.10 so prikazani trendi onesnaženosti v obdobju med 2002 in 2017, 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 mest ni opaznega večjega trenda v zmanjševanju. V tem okolju se za ogrevanje več uporablja lesno biomaso, kar prispeva k večjim izpustom. V prikazu za ruralno okolje (slika 4.8 in 4.9) 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.

Ravni delcev $PM_{2,5}$ spremljamo na štirih merilnih mestih – Maribor, Maribor Urbanski plato, Ljubljana Biotehniška fakulteta in Iskrba. Pregled izmerjenih vrednosti za delce $PM_{2,5}$ je prikazan v tabeli 4.8 ter na slikah 4.11 in 4.12. Za delce $PM_{2,5}$ je predpisana mejna vrednost kot letno povprečje, ki od začetka meritev ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Letni trendi ravni delcev $PM_{2,5}$, ki so prikazani v tabeli 4.9 in na sliki 4.13, 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 razen na Iskrbi. V tabeli 4.8 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 Biotehniška fakulteta je takih dni v letu 2017 kar 76, v Mariboru 66, v Maribor Urbanski plato 54 in na Iskrbi 13.

Kazalnik povprečne izpostavljenosti za $PM_{2,5}$ je znašal leta 2017 za merilna mesta v neizposta-

vljenem mestnem okolju $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ljubljana Biotehniška fakulteta) in $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Maribor Vrbanski plato). Obveznost glede stopnje izpostavljenosti znaša za leto 2017 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in je bila v letu 2017 presežena na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta. Izračuni kazalnika povprečne izpostavljenosti so prikazani v tabeli 4.10.

Tabela 4.3: 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 2017. Število preseganj, ki je večje od dopustnega, je označeno s krepko pisavo.

Merilno mesto	Leto		Dan	
	%pod	C_p	max	>MV
DMKZ				
LJ Bežigrad	95	25	134	30
Maribor	100	28	170	35
Celje	99	30	146	49
MS Rakičan	93	29	161	44
Nova Gorica	99	23	94	24
Trbovlje	93	29	113	39
Zagorje	100	29	134	46
Hrastnik	99	23	109	19
Koper	96	20	88	18
Iskrba	97	12	82	3
Zerjav	93	21	73	9
LJ Biotehniška	96	25	126	32
Kranj	89	26	122	28
Novo mesto	90	27	195	33
Velenje	96	21	120	19
LJ Gospodarsko	96	29	152	39
NG Grčna	90	25	92	21
CE Mariborska	95	33	150	57
Dopolnilna merilna mreža				
EIS Šoštanj				
Pesje	95	24	109	20
Škale	95	17	89	9
Šoštanj	99	20	85	14
OMS-MOL				
LJ Center	98	33	152	51
EIS TE-TOL				
Vnajnarje	86	21	96	8
MO Celje				
CE Gaji	100	25	131	39
MO Maribor				
MB Vrbanski	100	20	141	21
Občina Miklavž na Dravskem polju				
Miklavž	98	29	157	39
MO Ptuj				
Ptuj	100	26	165	38
Občina Ruše				
Ruše	100	21	180	17
Salonit Anhovo				
Morsko	99	18	80	6
Gorenje polje	98	19	83	7

Tabela 4.4: Povprečna mesečna raven PM₁₀ (μg/m³).

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	54	36	26	16	14	16	16	17	13	26	26	34
Maribor	67	49	28	21	19	21	16	18	16	26	26	25
Celje	76	46	35	21	18	19	15	19	15	29	33	36
MS Rakičan	73	51	27	17	15	16	14	16	14	28	32	34
Nova Gorica	37	32	27	17	14	17	15	17	13	29	26	30
Trbovlje	59	41	31	18	15	15	14	22	28	31	32	36
Zagorje	69	48	33	18	16	16	15	17	15	30	32	40
Hrastnik	51	35	25	16	15	16	14	17	13	24	23	25
Koper	25	29	24	18	14	16	15	19	12	28	17	21
Iskrba	22	15	14	12	11	13	12	12	9	12	8	7
Žerjav	47	28	22	16	15	17	14	16	14	22	24	30
LJ Biotehniška	54	37	26	17	15	19	16	18	13	24	25	37
Kranj	52	36	27	18	15	15	13	17	13	25	28	35
Novo mesto	69	51	29	16	15	16	14	16	13	24	30	31
Velenje	48	31	25	14	13	16	13	17	12	23	19	15
LJ Gospodarsko	61	42	31	20	18	19	18	21	17	32	31	39
NG Grčna	39	29	30	20	17	20	17	19	16	32	27	29
CE Mariborska	83	49	36	22	20	18	16	21	17	33	36	39
MB Vrbanski	52	35	22	14	15	17	14	15	10	16	17	15
Vnajnarje	33	26	21	17	17	24	23	21	15	22	16	17
Pesje	45	37	35	28	21	25	24	20	12	19	13	11
Škale	33	22	17	13	13	15	14	16	12	18	15	12
Šoštanj	42	30	25	13	9	8	8	17	15	25	23	18
Prapretno	30	24	22	16	16	/	/	/	/	/	/	/
Morsko	31	25	20	13	12	15	15	14	10	23	16	22
Gorenje Polje	29	25	24	14	13	17	15	15	11	25	19	24
LJ Center	68	49	41	23	21	23	23	28	23	23	26	44
CE Gaji	67	39	30	14	13	17	11	15	8	24	30	33
Miklavž	85	48	32	18	16	18	17	18	13	27	33	35
Ptuj	70	45	27	16	15	17	17	18	12	23	25	26
Ruša	55	38	22	14	14	16	15	15	10	18	18	16

Tabela 4.5: Število preseganj dnevne mejne vrednosti PM₁₀ po mesecih v letu 2017.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	14	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1	8
Maribor	20	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celje	22	12	5	0	0	0	0	0	0	0	1	9
MS Rakičan	19	14	3	0	0	0	0	0	0	0	1	7
Nova Gorica	6	5	2	0	0	0	0	0	0	4	4	3
Trbovlje	15	9	4	0	0	0	0	0	2	0	1	8
Zagorje	21	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Hrastnik	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Koper	4	4	2	0	0	0	0	0	0	4	1	3
Iskrba	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Žerjav	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LJ Biotehniška	15	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Kranj	15	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Novo mesto	22	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Velenje	13	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LJ Gospodarsko	17	10	3	0	0	0	0	0	0	0	1	8
NG Grčna	7	1	3	0	0	0	0	0	0	4	4	2
CE Mariborska	25	12	5	0	0	0	0	0	0	0	5	10
MB Vrbanski	14	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vnajnarje	6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Pesje	9	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Škale	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Šoštanj	10	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prapretno	6	1	0	0	0	/	/	/	/	/	/	/
Morsko	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Gorenje Polje	3	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
LJ Center	20	12	7	1	0	0	0	1	0	0	1	9
CE Gaji	21	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Miklavž	18	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Ptuj	20	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Ruše	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 4.6: 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
LJ Bežigrad	42	46	41	37	33	32	30	29	30	32	26	24	23	28	24	25
LJ Biotehniška	/	/	/	/	/	/	/	26	27	30	27	26	22	27	27	25
LJ Center	/	/	/	/	/	/	44	48	42	44	45	41	38	40	40	33
LJ Gospodarsko	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	29
Maribor	50	58	48	43	43	40	34	30	33	34	30	30	27	28	27	28
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	32	30	26	25	22	26	23	26
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	31	32	28	27	23	28	26	27
Celje	46	53	41	43	35	32	30	31	32	35	31	29	28	32	32	30
CE Mariborska	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	33
Trbovlje	47	52	40	55	40	37	38	33	34	35	32	30	27	29	26	29
Zagorje	47	51	44	52	46	41	44	36	36	37	32	29	28	32	29	29
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	27	30	24	23	21	24	22	23
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	22	21	20	22	19	21
MS Rakičan	40	43	32	37	34	30	30	29	30	33	29	28	25	29	26	29
Nova Gorica	39	37	35	34	32	33	31	28	29	27	24	22	21	24	21	23
NG Grčna	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25
Koper	/	/	/	/	31	29	25	23	25	27	24	20	19	23	19	20
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	26	34	29	26	21	25	23	21
Iskrba	/	/	/	16	16	15	16	16	14	17	15	13	11	13	11	12
Morsko	/	/	/	/	/	23	22	20	19	21	20	16	15	18	16	18
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	24	26	23	20	23	21	18	17	20	17	19
MB Vrbanski	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	24	20	19	21	20	20
Vnajnarje	/	/	/	/	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
Škale	/	27	23	23	26	24	22	24	23	23	22	17	17	17	16	17
CE Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	29	35	27	25
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	13	16	19	20
Miklavž	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	27	29
Ptuj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26
Ruše	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21
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	/
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15	14	12	13*	/	/
Dobovec	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	11	11	12*	/	/

Tabela 4.7: 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
LJ Bežigrad	36	64	71	70	47	46	36	30	43	63	27	22	19	43	36	30
LJ Biotehniška	/	/	/	/	/	/	/	25	32	51	21	24	12	35	40	32
LJ Center	/	/	/	/	/	/	101	112	74	94	107	74	55	85	66	51
LJ Gospodarsko	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	39
Maribor	66	129	102	101	108	91	54	35	47	64	34	36	25	34	43	35
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	37	55	27	28	12	17	27	28
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	60	69	45	49	22	40	41	33
Celje	58	100	62	97	59	48	37	42	58	73	55	51	41	70	53	49
CE Mariborska	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	57
Trbovlje	52	88	48	157	86	81	72	48	64	68	65	50	33	50	38	39
Zagorje	48	79	82	143	106	99	109	56	68	75	62	48	38	70	51	46
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	30	51	17	15	10	22	25	19
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	8	15	9	10	19
MS Rakičan	33	58	19	65	54	37	42	30	52	71	44	38	33	47	42	44
Nova Gorica	24	18	33	37	47	40	33	24	25	28	19	12	19	24	15	24
NG Grčna	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21
Koper	/	/	/	/	40	19	11	2	15	21	23	10	16	28	11	18
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	29	79	44	37	3	6	19	9
Iskrba	/	/	/	5	5	0	0	5	5	3	1	0	0	0	0	3
Morsko	/	/	/	/	/	18	16	14	5	13	10	3	8	7	6	6
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	16	24	16	13	18	11	5	11	10	3	7
MB Vrbanski	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25	8	7	10	3	21	21
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
Škale	/	4	8	15	19	11	12	13	12	20	9	0	5	0	1	9
CE Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	35	41	76	45	39
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0	3	14
Miklavž	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	45	39
Ptuj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	38
Ruše	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	17
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	/
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0	/	/
Dobovec	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0	/	/

Tabela 4.8: 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 2017.

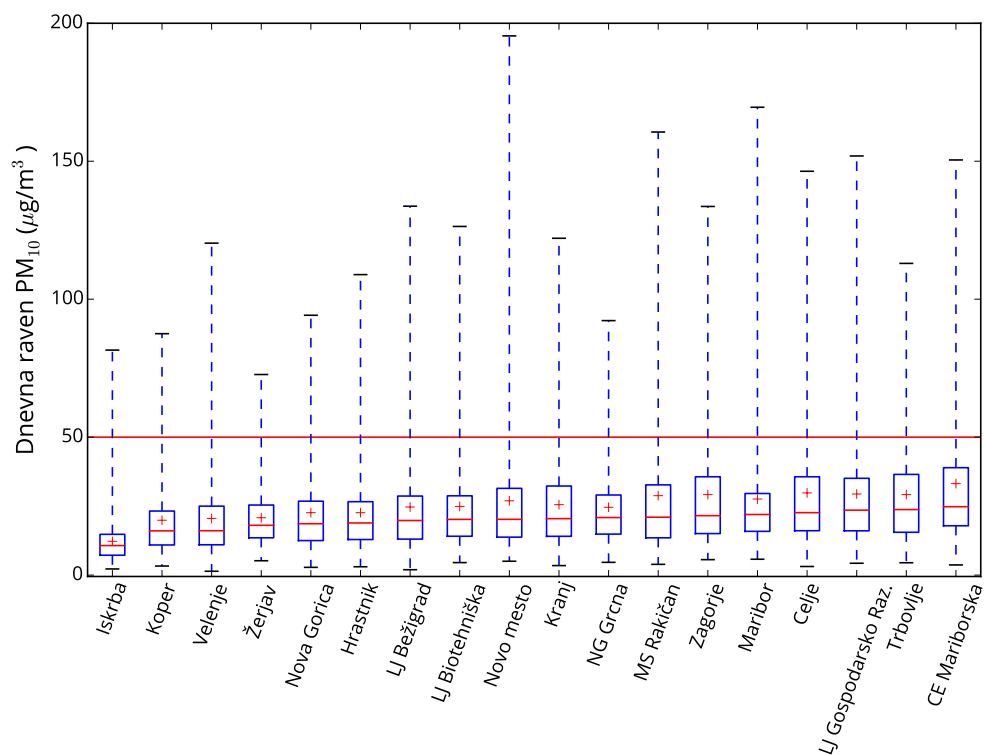
	% pod	C_p	C_{max}	WHO
Maribor	100	20	150	66
Iskrba	98	10	73	13
LJ Biotehniška	96	20	114	76
MB Vrbanski	100	18	138	54

Tabela 4.9: Povprečna letna raven delcev PM_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na izbranih merilnih mestih po letih.

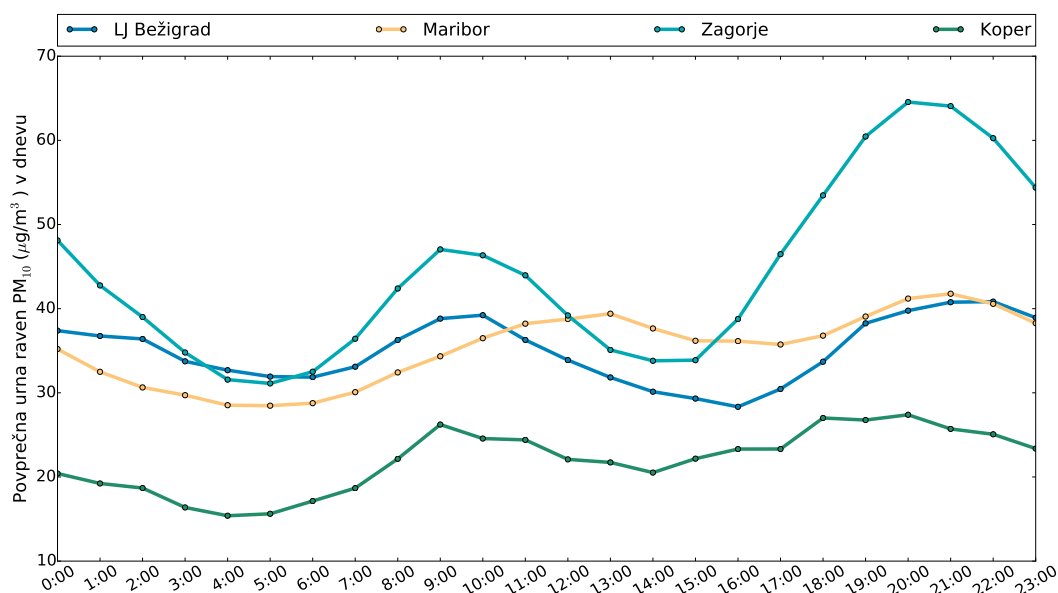
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Maribor	/	/	22	24	26	21	22	19	21	21	20
MB Vrbanski	/	/	20	22	23	18	20	17	19	19	18
LJ Biotehniška	/	/	18	22	25	21	20	18	23	23	20
Iskrba	10	11	12	12	14	13	11	9	10	9	10

Tabela 4.10: Triletna povprečna raven delcev PM_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na neizpostavljenih merilnih mestih mestnega ozadja.

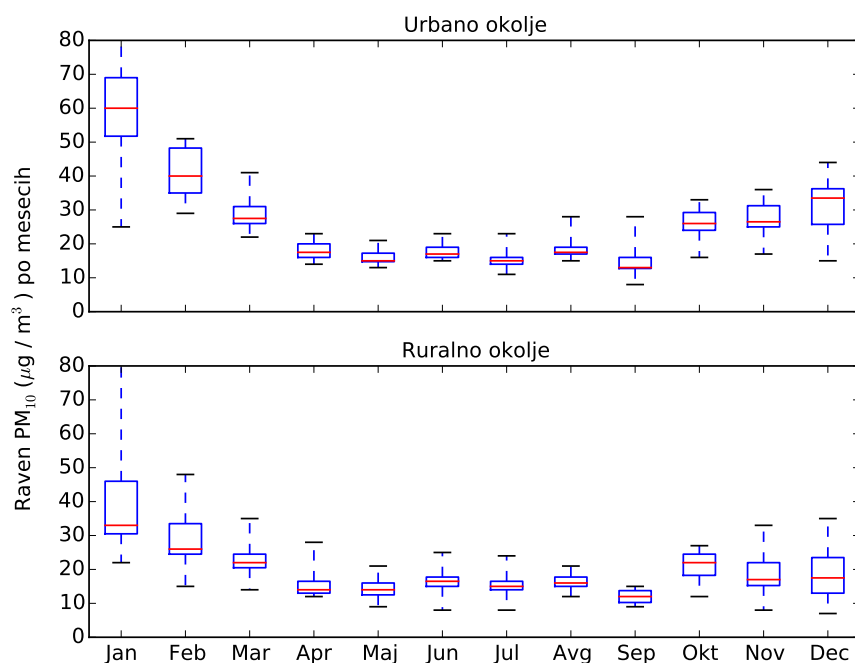
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
LJ Biotehniška	22	23	22	20	20	21	22
MB Vrbanski	22	21	20	18	19	18	19



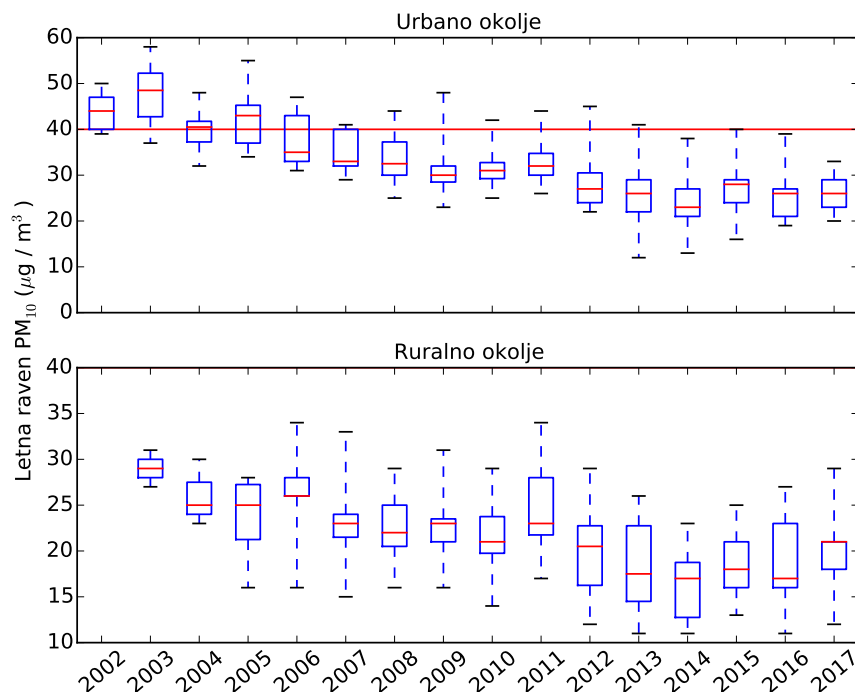
Slika 4.6: Porazdelitev dnevni vrednosti PM_{10} na merilnih mestih DMKZ v letu 2017. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. S + označujemo povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje dnevno mejno vrednost.



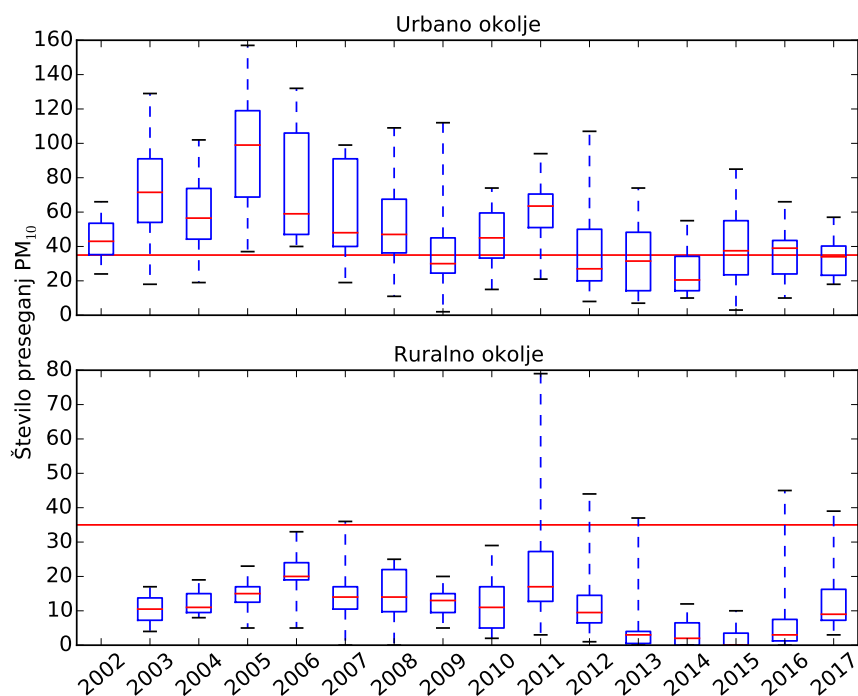
Slika 4.7: Dnevni potek povprečne urne ravni PM_{10} na izbranih merilnih mestih v hladni polovici leta 2017 (januar do marec in oktober do december).



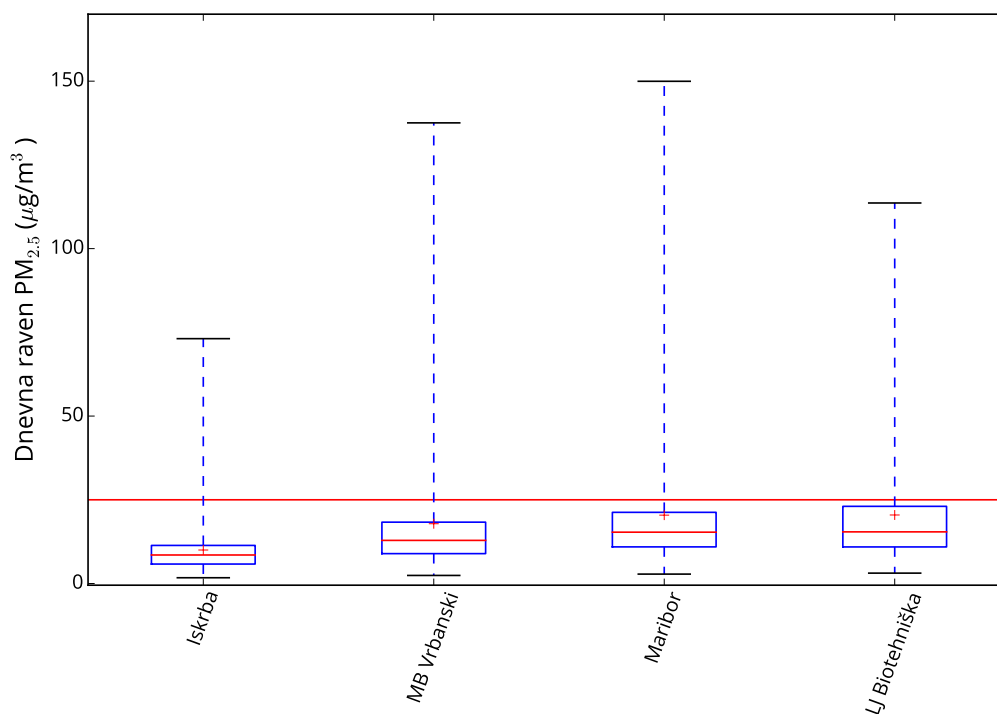
Slika 4.8: Porazdelitev povprečnih mesečnih ravni PM₁₀ na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2017. Prikazano je najnižje in najvišje mesečno povprečje na merilnih mestih, oba kvartila in mediana.



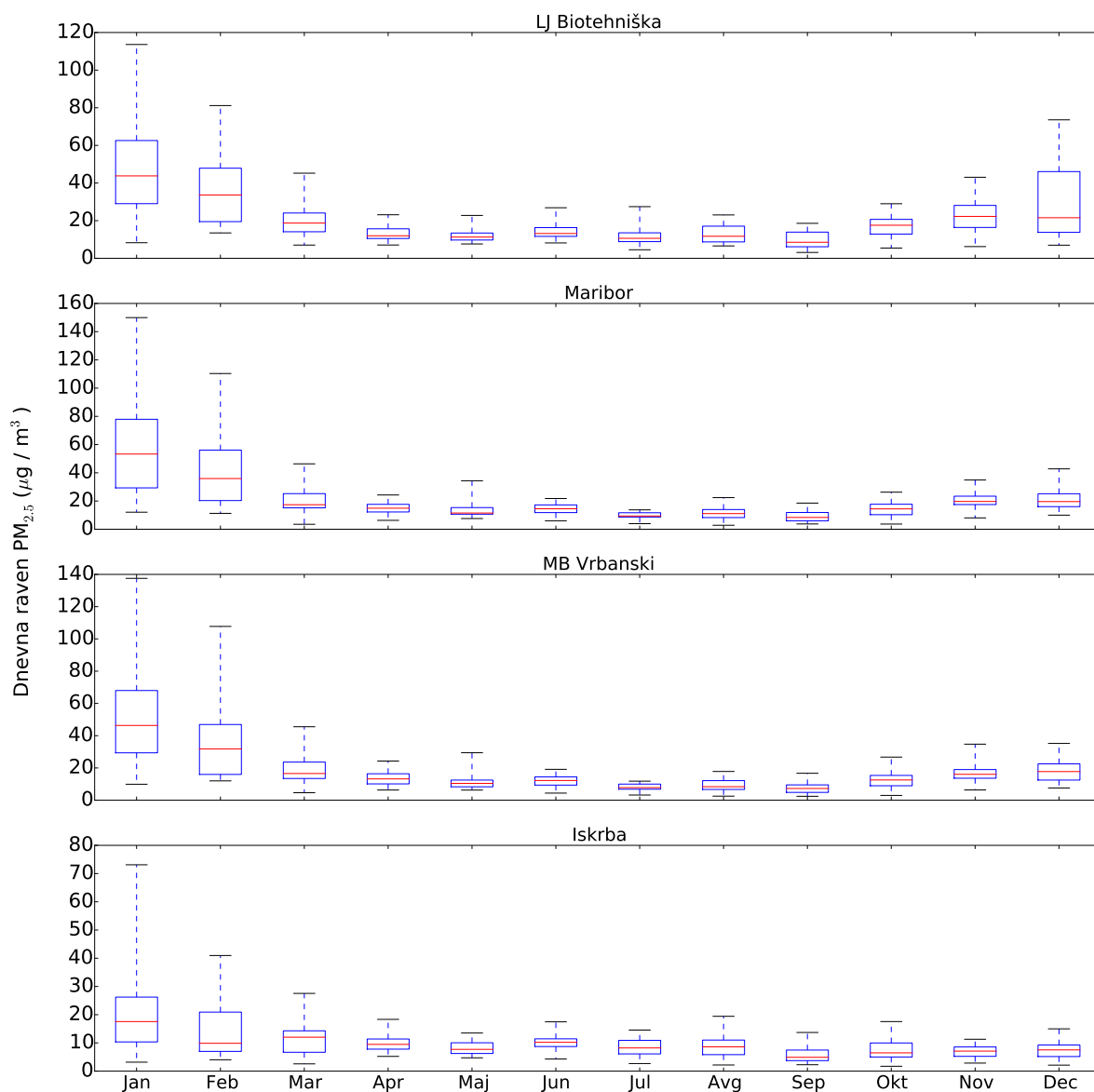
Slika 4.9: Porazdelitev povprečnih letnih ravni PM₁₀ na merilnih mestih urbanega in ruralnega okolja. Prikazano je najnižje in najvišje letno povprečje na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.



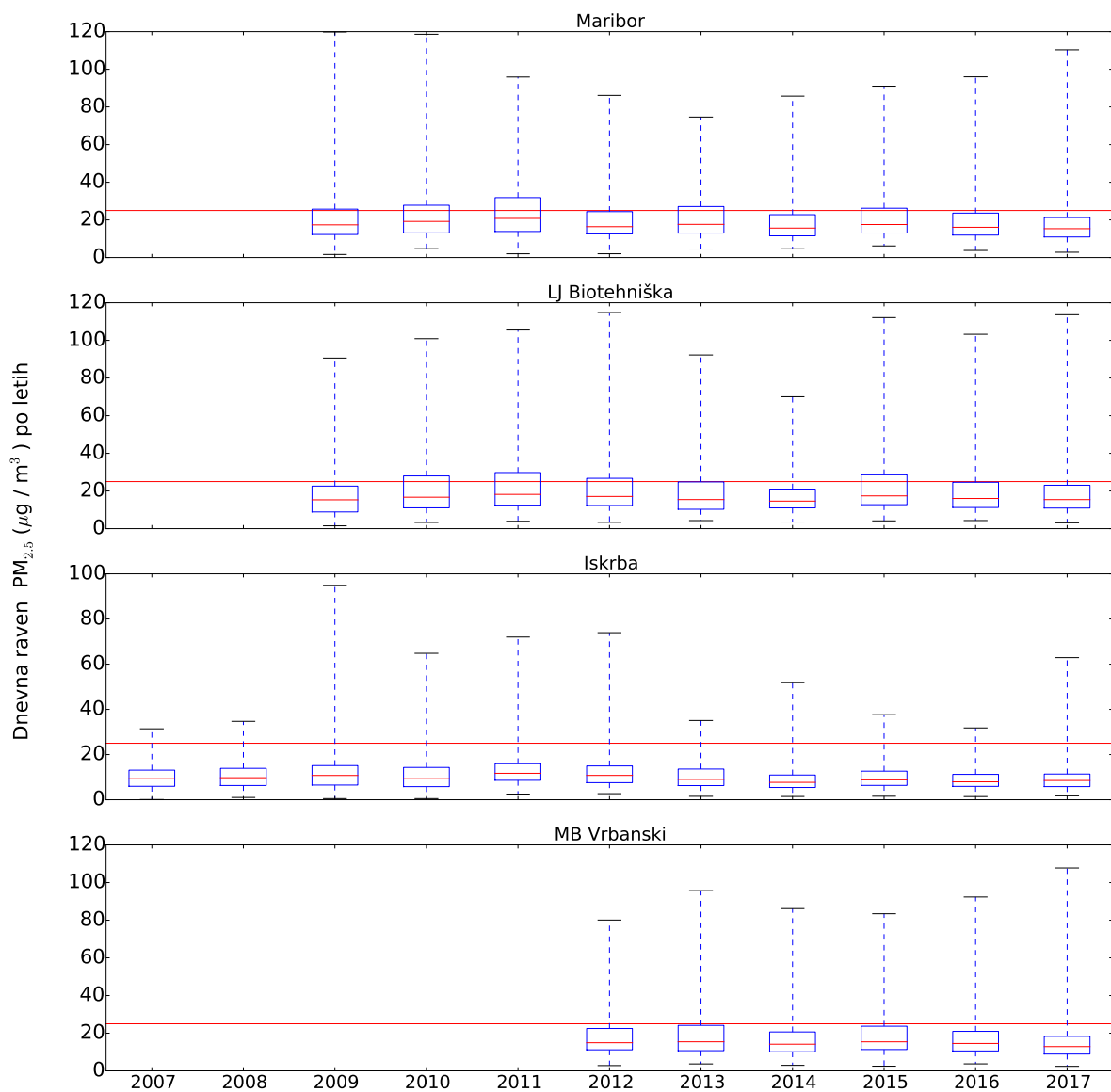
Slika 4.10: Porazdelitev števila preseganj PM_{10} po letih. Prikazano je najnižje in najvišje število preseganj na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje dovoljeno letno število preseganj dnevne mejne vrednosti.



Slika 4.11: Porazdelitev dnevni vrednosti $PM_{2,5}$ na merilnih mestih v letu 2017. 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 4.12: Porazdelitev dnevni vrednosti PM_{2,5} na izbranih merilnih mestih po mesecih v letu 2017. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana.



Slika 4.13: Porazdelitev dnevni 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 4.2. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana. S + je označena povprečna letna raven. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.

4.4 Epizode čezmerne onesnaženosti

V letu 2017 je bila onesnaženost z delci PM₁₀ v povprečju nižja kot leta 2016. Od enajstih merilnih mest na katerih je bilo preseženo dovoljeno število preseganj mejne dnevne vrednosti 50 µg/m³ v letu 2016, jih je bilo v letu 2017 le sedem: Ljubljana Center, Celje, Celje Gaji, Zagorje, Trbovlje, Murska Sobota Rakičan in Miklavž. Smo pa v letu 2017 na novo začeli izvajati meritve PM₁₀ na petih merilnih mestih po Sloveniji in od tega je bilo na treh (Celje Mariborska, Ljubljana Gospodarsko Razstavišče in Ptuj) preseženo dovoljeno število preseganj mejne dnevne vrednosti.

Do večine (87 %) preseganj je prišlo v zimskih mesecih leta 2017 (januar, februar in december), ko so prevladovali neugodni meteorološki pogoji. Izraziti temperaturni obrati povzročijo čezmerno onesnaženost zraka že pri manjši gostoti izpustov. Sledi podrobna analiza meteoroloških razmer v obdobjih povišanih ravni delcev PM₁₀.

V januarju je bilo precej stabilno in hladno vreme. Povprečna mesečna temperatura je bila nekaj stopinj pod dolgoletnim povprečjem. Pogosto so se pojavljali temperaturni obrati, ki so bili najbolj izraziti ob jasnem vremenu. Taka vremenska situacija, z izrazitimi in plitvimi temperaturnimi obrati, je povzročila visoke ravni delcev PM₁₀. Največ 25 preseganj je bilo izmerjenih v Celju na Mariborski, 22 v Celju pri bolnici in v Novem mestu, 21 v Zagorju. Na ostalih merilnih mestih je bilo preseganj dnevne ravni delcev PM₁₀ nekoliko manj. Na postaji Iskrba, ki predstavlja regionalno ozadje, je po več letih prišlo do preseganj mejne dnevne vrednosti. V severovzhodni Sloveniji je bil med 21. in 23. januarjem zaradi snežne odeje in delno jasnega vremena še bolj izrazit temperaturni obrat kot drugje po Sloveniji in zato so bile v tem delu države ravni delcev bistveno višje. 23.1.2017 je bila v Mariboru izmerjena najvišja dnevna vrednost PM₁₀ (170 µg/m³).

V februarju so bile najvišje ravni delcev PM₁₀ izmerjene 1.2., med 8.2. in 16.2., ter med 20.2. in 23.2. Vmes so se ravni delcev znižale zaradi padavin in vetra, ki je premešalo ozračje. Visoke ravni delcev sredi meseca so bile posledica temperaturnega obrata. Prevladovali so šibki vetrovi, zato ni bilo izrazitejšega mešanja v nižjih plasteh ozračja. Tako je nastal nekoliko bolj izrazit obrat, ki je bil na vzhodu države še malo bolj izražen in zato so bile tam ravni delcev višje kot v osrednji in zahodni Sloveniji. Mejna dnevna raven delcev PM₁₀ 50 µg/m³ je bila v februarju presežena skoraj na vseh merilnih mestih, največkrat, 14-krat, na merilnem mestu Murska Sobota. Najvišja dnevna raven 195 µg/m³ je bila 1. februarja izmerjena v Novem mestu. Saharski prah je 22.2. in 23.2. oplazil zahodni in južni del Slovenije, zato so bile v teh dneh izmerjene visoke ravni delcev PM₁₀ v Kopru in Novi Gorici.

V decembru smo imeli dve malo daljši obdobji suhega vremena, vmes je bilo več dni s padavinami, kar je pozitivno vplivalo na onesnaženost zraka z delci. V obdobjih stabilnega vremena se je pojavljal temperaturni obrat, ki je povzročil da so se ravni delcev na večini merilnih mestih povišale in večkrat presegle mejno dnevno vrednost 50 µg/m³. Največ 11 preseganj mejne dnevne vrednosti je bilo v decembru zabeleženih na prometnem merilnem mestu v Murski Soboti. V prvem delu meseca je bil temperaturni obrat najbolj izražen 6. decembra. Še bolj izrazit temperaturni obrat pa je bil od 22. do 25. decembra in v tem obdobju so bile ravni delcev skoraj po celi Sloveniji povišane. Najvišja dnevna vrednost 103 µg/m³ je bila 22.12. zabeležena na merilnem mestu Ljubljana Center.

4.5 Kemijska in elementna sestava delcev

V Evropi povprečno približno eno tretjino mase delcev PM₁₀ 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 NH₃, NO_x in SO_x. Druga glavna komponenta delcev so organske snovi, ki predstavljajo približno 30 % mase PM_{2,5} in 20 % mase PM₁₀. V delcih PM_{2,5} smo na štirih merilnih mestih – Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Center, Maribor Vrbanški plato in Iskrba spremljali vsebnost ionov (klorida, nitrata, sulfata, amonija, kalija, natrija, kalcija in magnezija) ter elementarnega in organskega ogljika. Rezultati so prikazani v tabeli 4.11. Ravni sekundarnih anorganskih aerosolov so bile v poletnih mesecih na vseh lokacijah primerljive, v zimskem obdobju pa so bile na merilnem mestu Iskrba približno 2-krat nižje. Podobna porazdelitev je značilna tudi za organski ogljik. Najmanjša razlika med poletnim in zimskim obdobjem je bila za to komponento izmerjena na Iskrbi. Na tem merilnem mestu pridejo poleti bolj do izraza naravni izpusti vegetacije, medtem ko je pozimi prispevek zaradi lokalnih antropogenih izpustov (ogrevanje, promet) bistveno manj pomemben kot v urbanem okolju. Ravni elementarnega ogljika so bile na vseh lokacijah približno dvakrat višje v zimskem obdobju.

Tabela 4.11: Sestava delcev PM_{2,5} na lokacijah Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Center, Maribor Vrbanški plato in Iskrba v letu 2017.

		oktober–marec	april–september
LJ Biotehniška	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻ [μg/m ³]	8,3	2,4
	Organski ogljik [μgC/m ³]	8,4	3,1
	Elementarni ogljik [μgC/m ³]	1,0	0,43
Maribor	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻ [μg/m ³]	8,2	2,2
	Organski ogljik [μgC/m ³]	8,2	3,4
	Elementarni ogljik [μgC/m ³]	1,4	0,8
MB Vrbanški	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻ [μg/m ³]	7,3	2,1
	Organski ogljik [μgC/m ³]	7,5	3,0
	Elementarni ogljik [μgC/m ³]	0,75	0,28
Iskrba	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻ [μg/m ³]	3,4	2,4
	Organski ogljik [μgC/m ³]	3,1	2,2
	Elementarni ogljik [μgC/m ³]	0,23	0,10

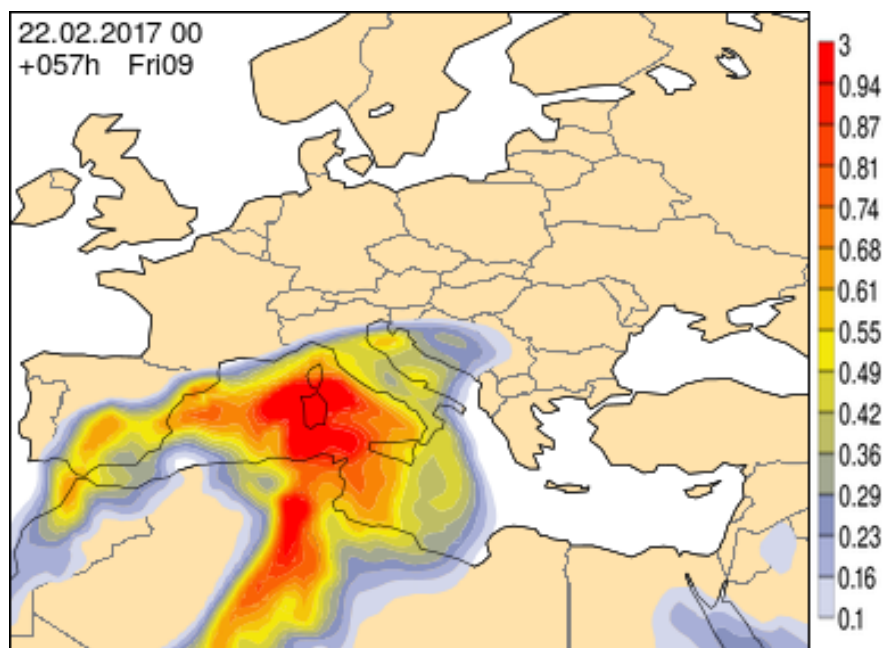
4.6 Preseganja mejnih vrednosti zaradi naravnih virov

Uredba o kakovosti zunanjega zraka [6] določa, da lahko za namen ugotavljanja skladnosti z mejnimi vrednostmi, dnevne ravni delcev PM₁₀ v zunanjem zraku zmanjšamo za ustrezno razliko, če se ugotovi, da je povišanje ravni delcev PM₁₀ v zunanjem zraku povzročil naravni vir. Med naravne vire se šteje: vulkanski prah, saharški 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 saharškega prahu, potrebno na merilnem mestu, ki je tipa regionalno ozadje, določiti prispevek saharškega prahu. Ta prispevek se nato na postaji, kjer je bila izmerjena presežena mejna dnevna vrednost 50 μg/m³, odšteje od izmerjene ravni PM₁₀. V Sloveniji je edino merilno mesto, kjer spremljamo ozadje Iskrba pri Kočevski Reki.

V letu 2017 je bilo z globalnim fotokemičnim modelom, ki ga uporablja Evropski center za srednjeročne vremenske napovedi (ECMWF), zaznati tri večje prehode sahorskega prahu čez Slovenijo:

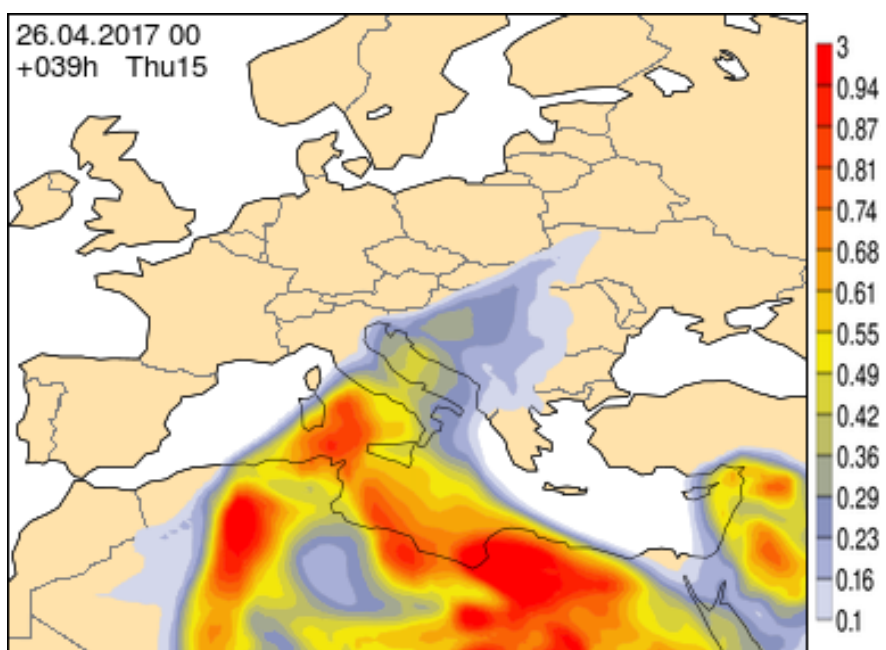
22.2. in 23.2.2017 (slika 4.14) so bile v zahodni Sloveniji močno povišane ravni delcev PM_{10} (Koper $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ter v Novi Gorici $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na Iskrbi v teh dneh nismo izmerili povišanih vrednosti PM_{10} , zato prispevka Saharskega peska k povišanim ravnam v Kopru in Novi Gorici ne moremo odšteti.



Slika 4.14: Modelski izračun ravni sahorskega prahu nad Evropo za dan 22.2.2017.

Ob koncu meseca aprila je od jugozahoda k nam dotekal zrak iznad severne Afrike, ki je prinesel nad naše kraje tudi sahorski pesek (slika 4.15). Zaradi večje količine padavin, ki so sprale ozračje, se ravni delcev niso povišale.

4.8.2017 je bil nad Slovenijo prisoten sahorski prah, zaradi katerega so bile na vseh merilnih mestih povišane ravni delcev PM_{10} , ampak do preseganj mejne vrednosti ni prišlo na nobenem merilnem mestu DMKZ.



Slika 4.15: Modelski izračun ravni saharskega prahu nad Evropo za dan 27.4.2017.

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

5.1 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 visoki izpusti 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.

5.1.1 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 5.1.

Tabela 5.1: Ciljna vrednost za benzo(a)piren v ng/m³.

	Cilj	Čas merjenja	Vrednost
Ciljna vrednost	Zdravje	Koledarsko leto	1

5.1.2 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih vrednosti benzo(a)pirena v letu 2017 je prikazan v tabeli 5.2 ter na slikah 5.1 in 5.2. Meritve smo izvajali na treh merilnih mestih – Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Center in Iskrba. V letu 2017 so bile ravni benzo(a)pirena na vseh merilnih mestih predvsem zaradi bolj ugodnih vremenskih razmer novembra in decembra nižje kot leta 2016. Povprečna letna vrednost je na obeh najbolj obremenjenih merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor Center dosegla ciljno vrednost. Na Iskrbi je bila povprečna letna vrednost po pričakovanjih najnižja. Na merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor Center je velika razlika med najvišjo izmerjeno vrednostjo in mediano (slika 5.1). Ocenjujemo, da so te vrednosti posledica nepoznanih dogodkov povezanih z dejavnostjo v okolici obeh merilnih mest.

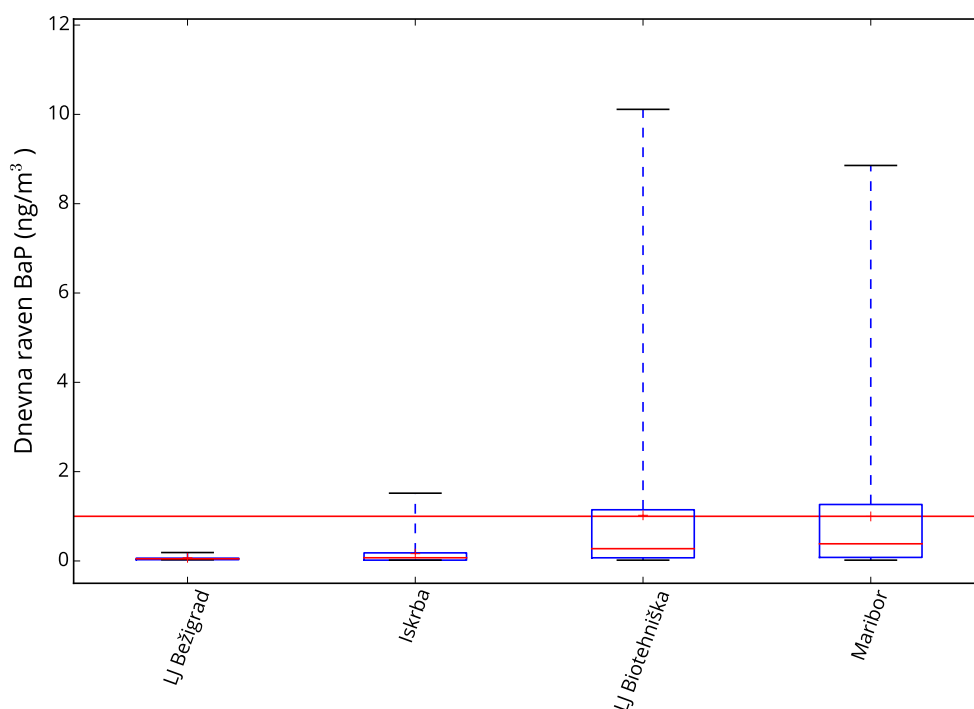
Letni poteki ravni benzo(a)pirena (slika 5.2) kažejo, da so najvišje ravni izmerjene v hladnejšem obdobju leta. Takrat so izpusti večji, dodatno pa so za hladno obdobje leta značilni tudi neugodni

meteorološki pogoji (slaba prevetrenost, izraziti temperaturni obrati). Poleti so ravni na vseh lokacijah znatno nižje.

Primerjava ravni benzo(a)pirena v obdobju od 2009 do 2017 kaže, da onesnaženost ostaja približno na istem nivoju (tabela 5.3 in slika 5.3).

Tabela 5.2: Letna razpoložljivost z dnevnimi podatki (% pod) in povprečna letna raven (C_p) benzo(a)pirena v ng/m^3 .

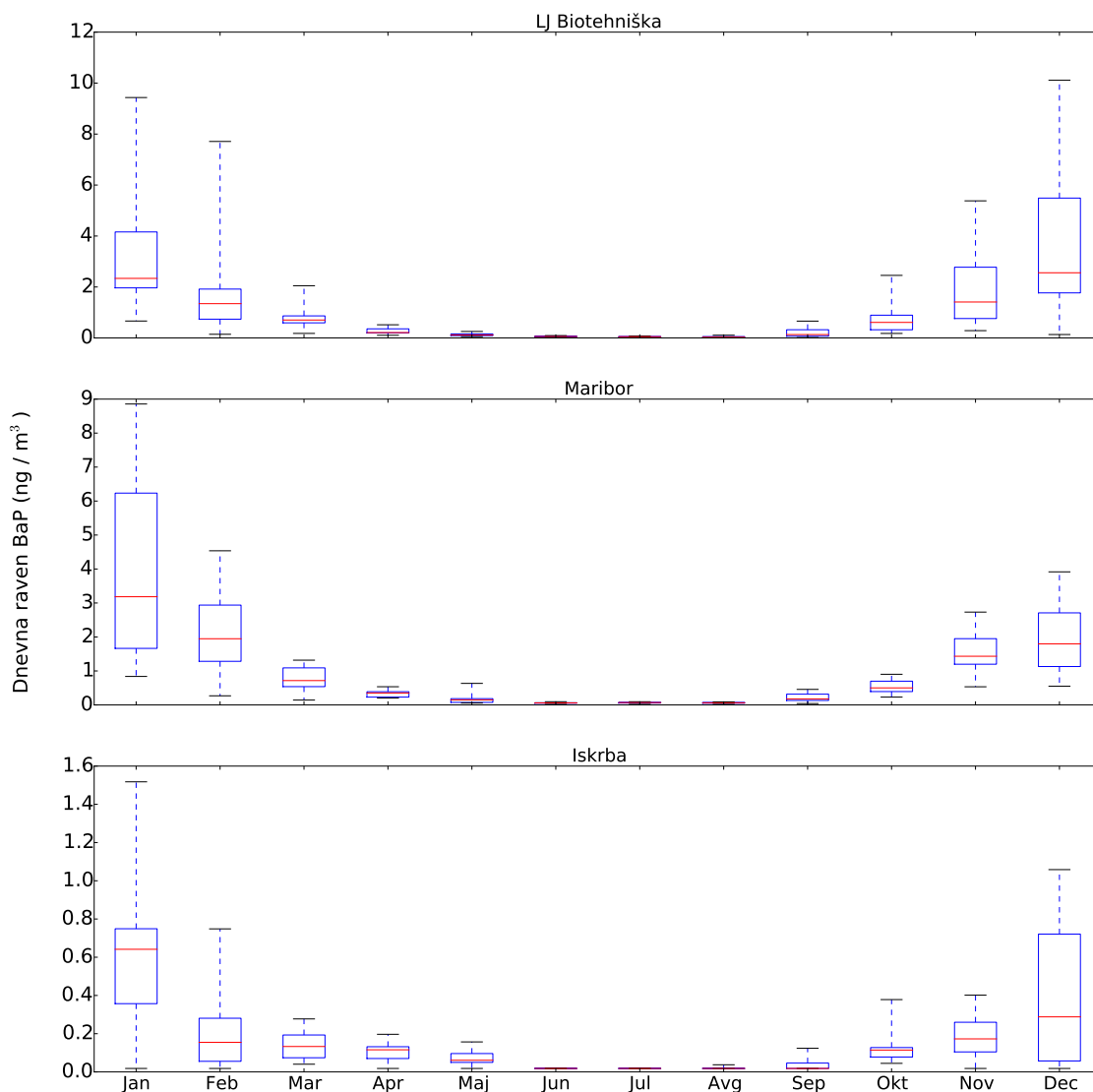
	% pod.	C_p
LJ Biotehniška	49	1,0
Maribor	50	1,0
Iskrba	49	0,16



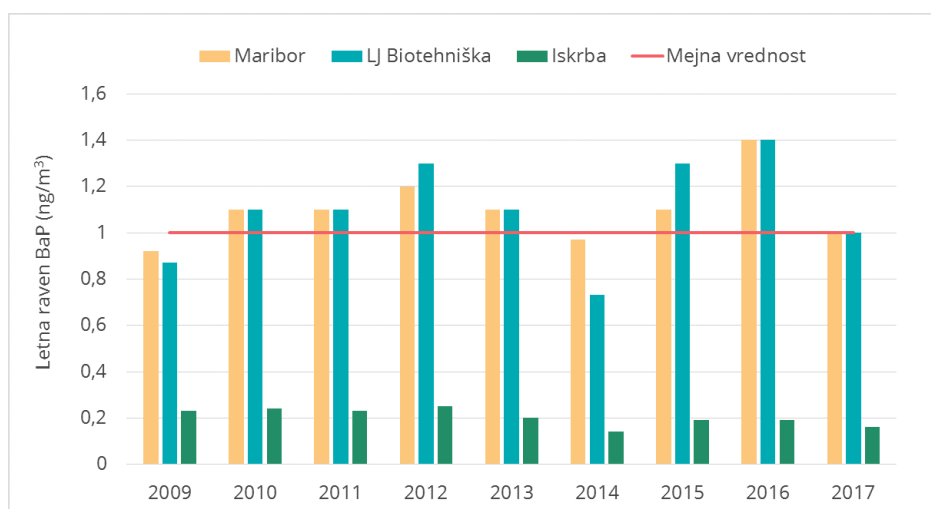
Slika 5.1: Porazdelitev dnevnih ravni benzo(a)pirena na merilnih mestih v letu 2017. Prikazani so najnižja in najvišja letna raven, oba kvartila in mediana. Križci označujejo povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.

Tabela 5.3: 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
Maribor	0,92	1,1	1,1	1,2	1,1	0,97	1,1	1,4	1,0
LJ Biotehniška	0,87	1,1	1,1	1,3	1,1	0,73	1,3	1,4	1,0
Iskrba	0,23	0,24	0,23	0,25	0,20	0,14	0,19	0,19	0,16



Slika 5.2: Porazdelitev dnevni ravni benzo(a)pirena na različnih postajah po mesecih v letu 2017. Priказani so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana za posamezen mesec.



Slika 5.3: Porazdelitev povprečnih letnih ravni benzo(a)pirena na različnih postajah po letih.

5.2 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, pa 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 preko 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 in železa ter jekla, izgorevanje fosilnih goriv v stacionarnih virih, sežiganje odpadkov in proizvodnja cementa. Nezanemarljiv vir pa 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.

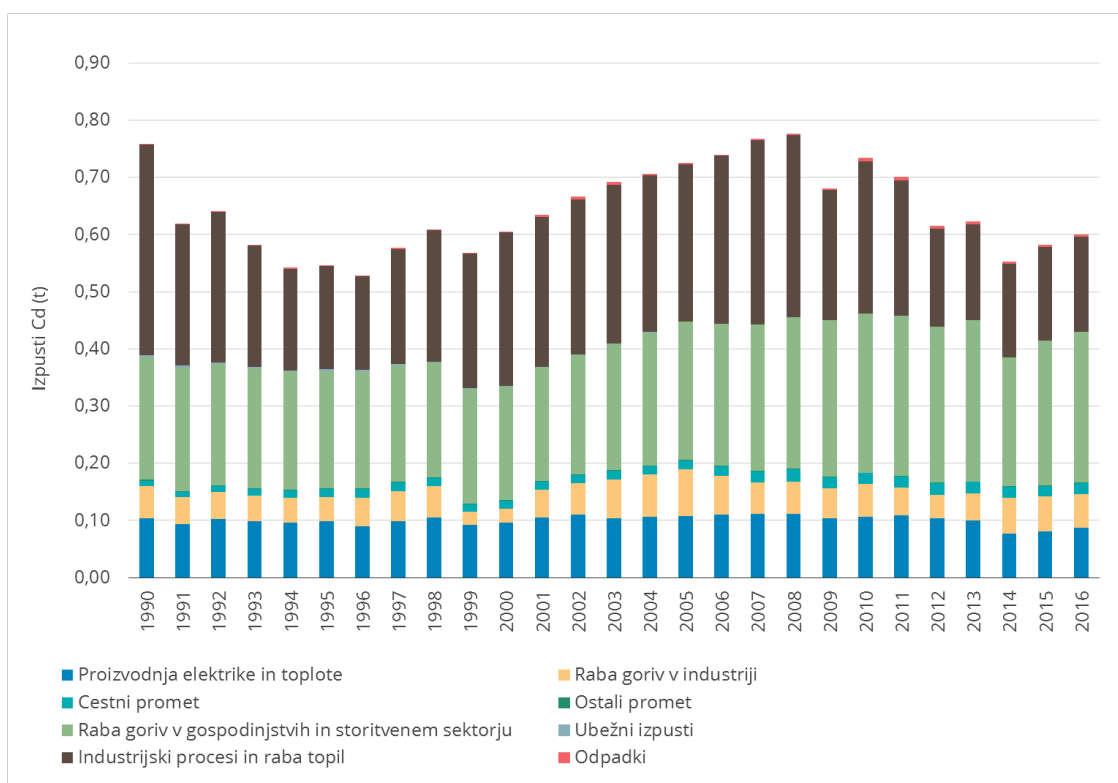
Nikelj se pojavlja v zemlji, vodi in ekosistemih. Pomembni naravni viri so povezani z resuspenzijo zemlje in vulkanskimi izbruhi. Glavni antropogeni vir predstavlja zgorevanje naftnih derivatov. Dodatni izpusti pa nastajajo še pri pridobivanju niklja, sežiganju odpadkov in odpadnega blata, proizvodnji 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.

5.2.1 Izpusti

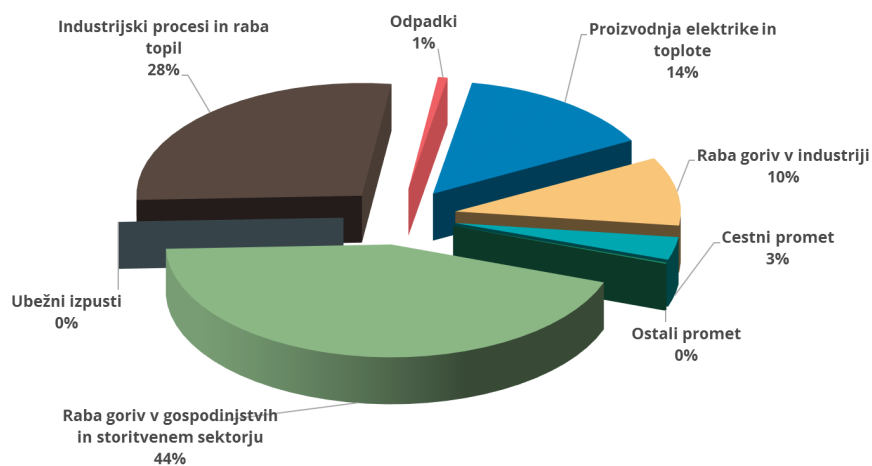
Letni izpusti kadmija (Cd) so v Sloveniji leta 2016 znašali 0,6 ton. V primerjavi z letom 1990 so se zmanjšali za 21 % (slika 5.4). Največji delež k skupnim izpustom Cd je v letu 2016 prispevala raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju (44 %, slika 5.5).

Letni izpusti svınca (Pb) so v Sloveniji leta 2016 znašali 7,0 ton. V obdobju 1990-2016 so se zmanjšali za 98 %, predvsem zaradi opustitve osvinčenih motornih bencinov (slika 5.6). Največji delež k skupnim izpustom Pb je prispeval cestni promet (48 %, slika 5.7).

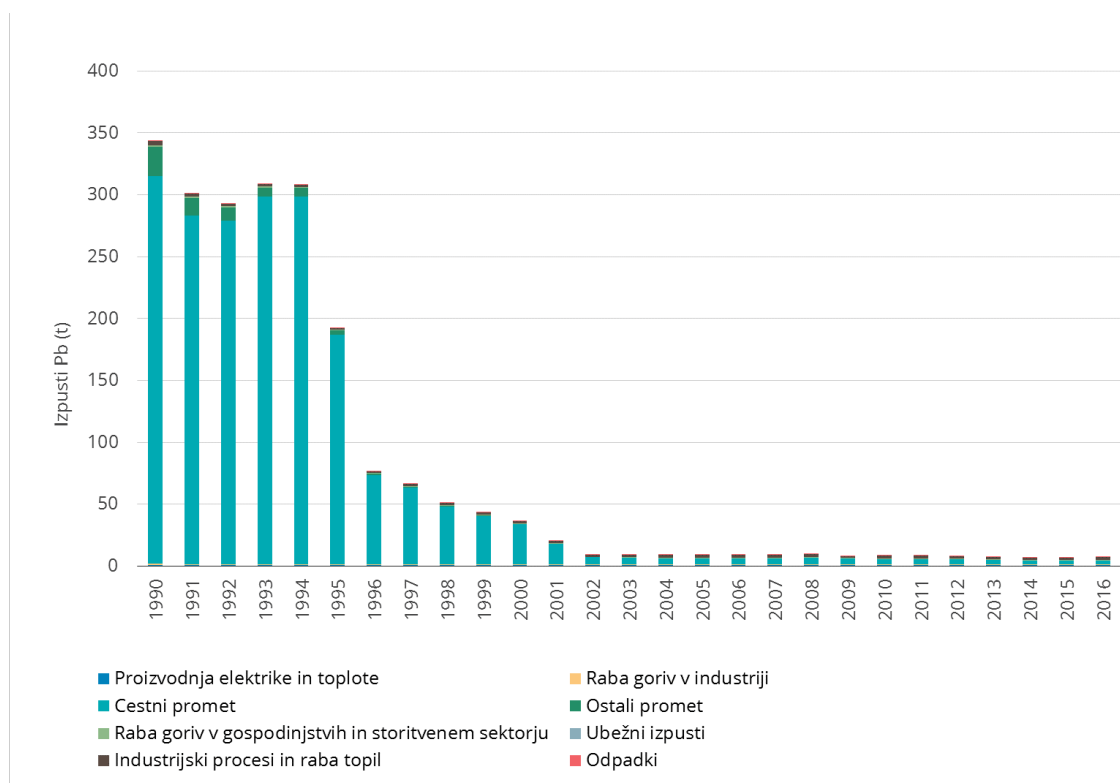
Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [26]. Skupne državne vrednosti izpustov kadmija in svınca ne presegajo vrednosti iz izhodiščnega leta 1990.



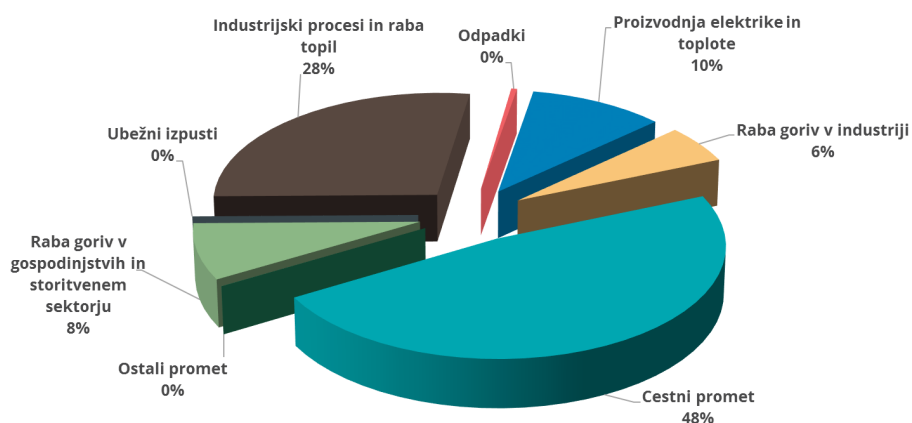
Slika 5.4: Letni izpusti kadmija po sektorjih v Sloveniji.



Slika 5.5: Izpusti kadmija po sektorjih v Sloveniji v letu 2016.



Slika 5.6: Letni izpusti svinca po sektorjih v Sloveniji.



Slika 5.7: Izpusti svinca po sektorjih v Sloveniji v letu 2016.

5.2.2 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 5.4.

Tabela 5.4: 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

5.2.3 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih povprečnih dnevnih vrednosti težkih kovin v letu 2017 je prikazan v tabeli 5.5 ter na slikah 5.8 do 5.11. Meritve svinca, kadmija, arzena in niklja smo izvajali na petih merilnih mestih – Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor, Žerjav, Iskrba in Celje. Povprečne letne ravni niklja, arzena, kadmija in svinca so bile v letu 2017 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 Biotehniška fakulteta. Na vseh lokacijah opažamo, da najvišje izmerjene vrednosti precej odstopajo od povprečnih vrednosti in median. Ocenjujemo, da so te vrednosti posledica nepoznanih dogodkov povezanih z dejavnostjo v okolici obeh merilnih mest.

Letni poteki ravni težkih kovin kažejo, da so vrednosti najvišje v hladnejšem obdobju leta (slike 5.12 do 5.15). 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 2017 kaže, da obremenjenost ostaja približno na istem nivoju (tabele 5.6 do 5.9 in slike 5.16 do 5.19).

Tabela 5.5: Letna pokritost s podatki (% pod) in povprečna raven težkih kovin (C_p) v ng/m^3 v letu 2017.

	% pod	Arzen	Nikelj	Kadmij	Svinec
Maribor	52	0,48	1,8	0,17	7,5
LJ Biotehniška	50	0,44	2,8	0,19	5,8
Iskrba	49	0,26	0,78	0,07	1,8
Celje	51	0,55	1,6	0,38	7,6
Žerjav	52	1,3	1,1	1,9	320

Tabela 5.6: Povprečna letna raven niklja v ng/m^3 .

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

Tabela 5.7: Povprečna letna raven svineca v ng/m^3 .

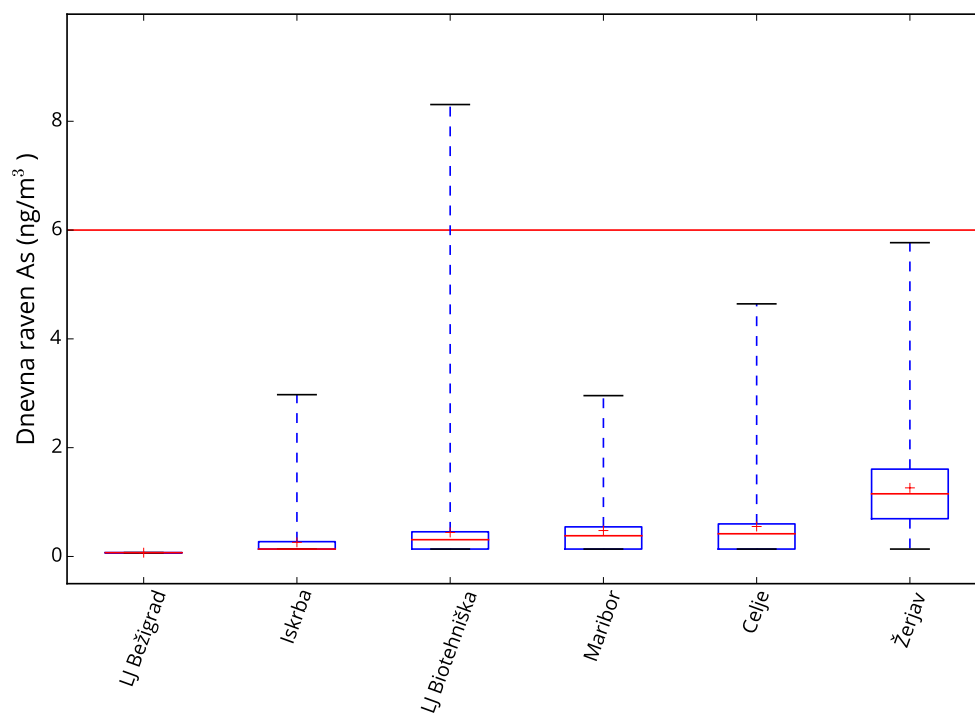
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Žerjav	293	254	300	252	384	329	338	351	320
Maribor	9,7	11,7	11,5	10,5	10,6	25,0	11,1	7,0	7,5
LJ Biotehniška	8,3	8,3	10,8	7,4	6,6	5,6	7,1	6,1	5,8
Iskrba	3,3	3,3	3,6	2,9	2,1	2,3	2,0	1,6	1,8

Tabela 5.8: Povprečna letna raven arzena v ng/m^3 .

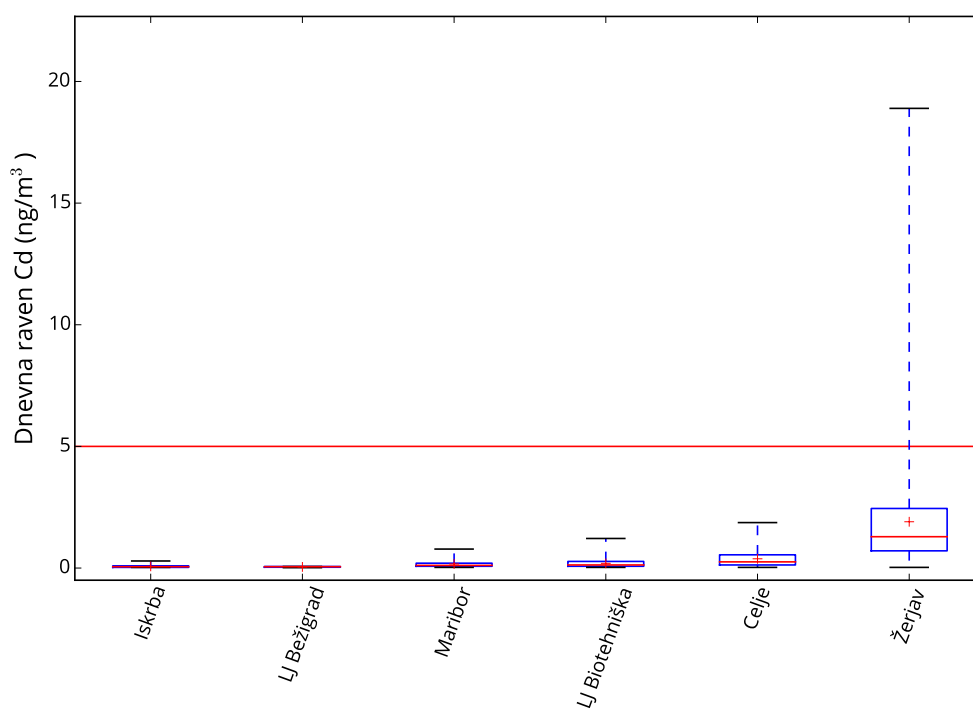
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Žerjav	2,7	2,2	1,9	2,0	1,7	1,9	2,1	1,9	1,3
Maribor	0,61	0,80	0,76	0,66	0,48	0,61	0,58	0,44	0,48
LJ Biotehniška	0,47	0,48	0,58	0,56	0,65	0,42	0,50	0,40	0,44
Iskrba	0,40	0,33	0,45	0,38	0,29	0,30	0,31	0,23	0,26

Tabela 5.9: Povprečna letna raven kadmija v ng/m^3 .

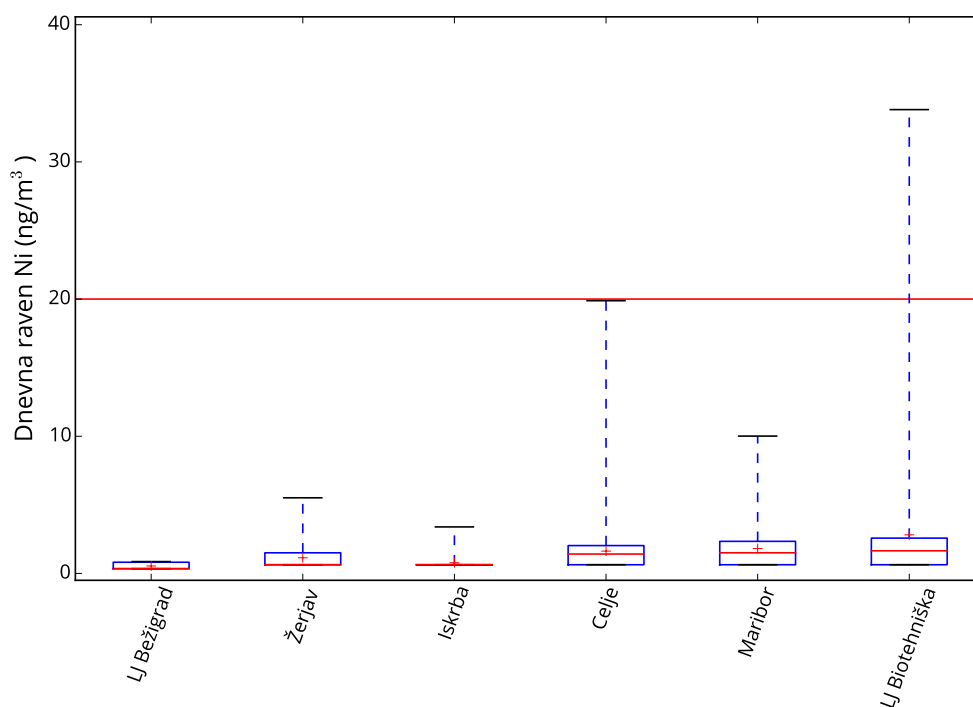
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Žerjav	2,6	4,4	2,5	1,5	2,5	2,7	4,9	5,7	1,9
Maribor	0,27	0,31	0,55	0,24	0,24	0,22	0,20	0,19	0,17
LJ Biotehniška	0,22	0,26	0,47	0,25	0,28	0,22	0,23	0,22	0,19
Iskrba	0,10	0,11	0,26	0,11	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07



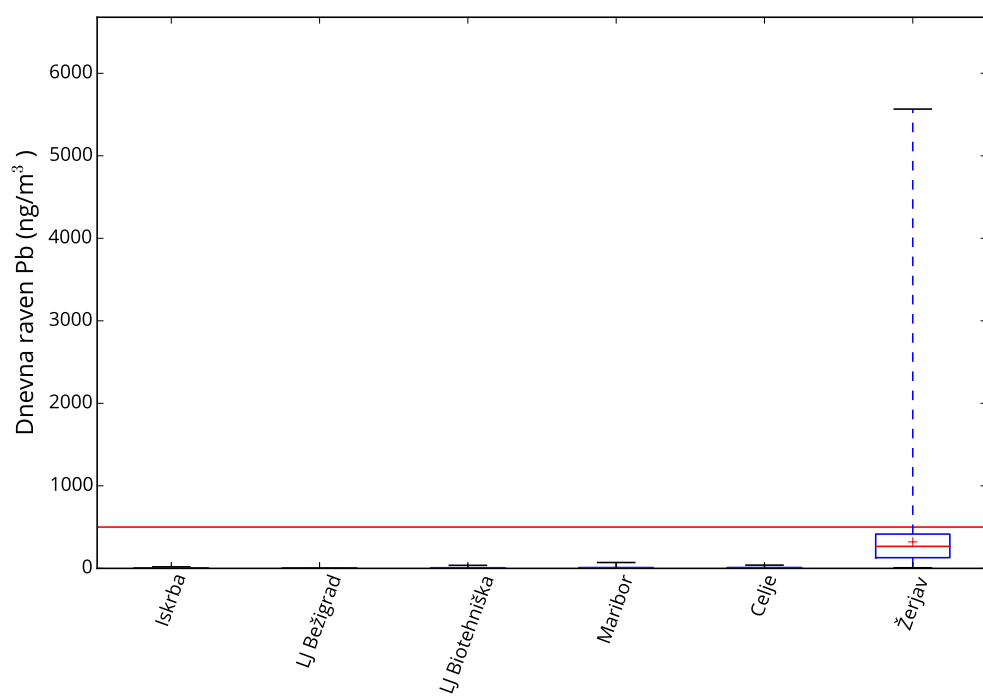
Slika 5.8: Porazdelitev dnevne ravni arzena na petih merilnih mestih v letu 2017. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



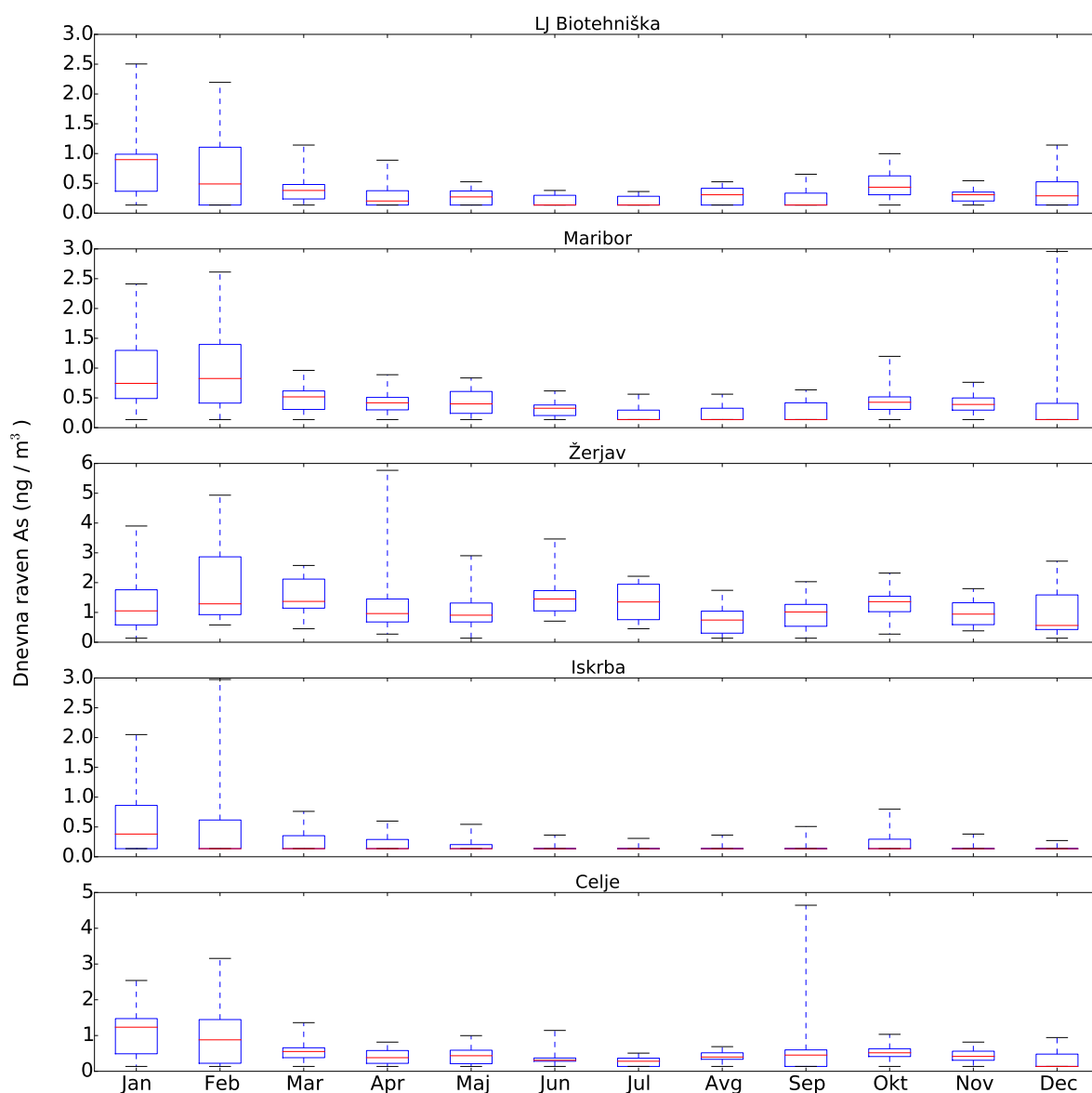
Slika 5.9: Porazdelitev dnevne ravni kadmija na petih merilnih mestih v letu 2017. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



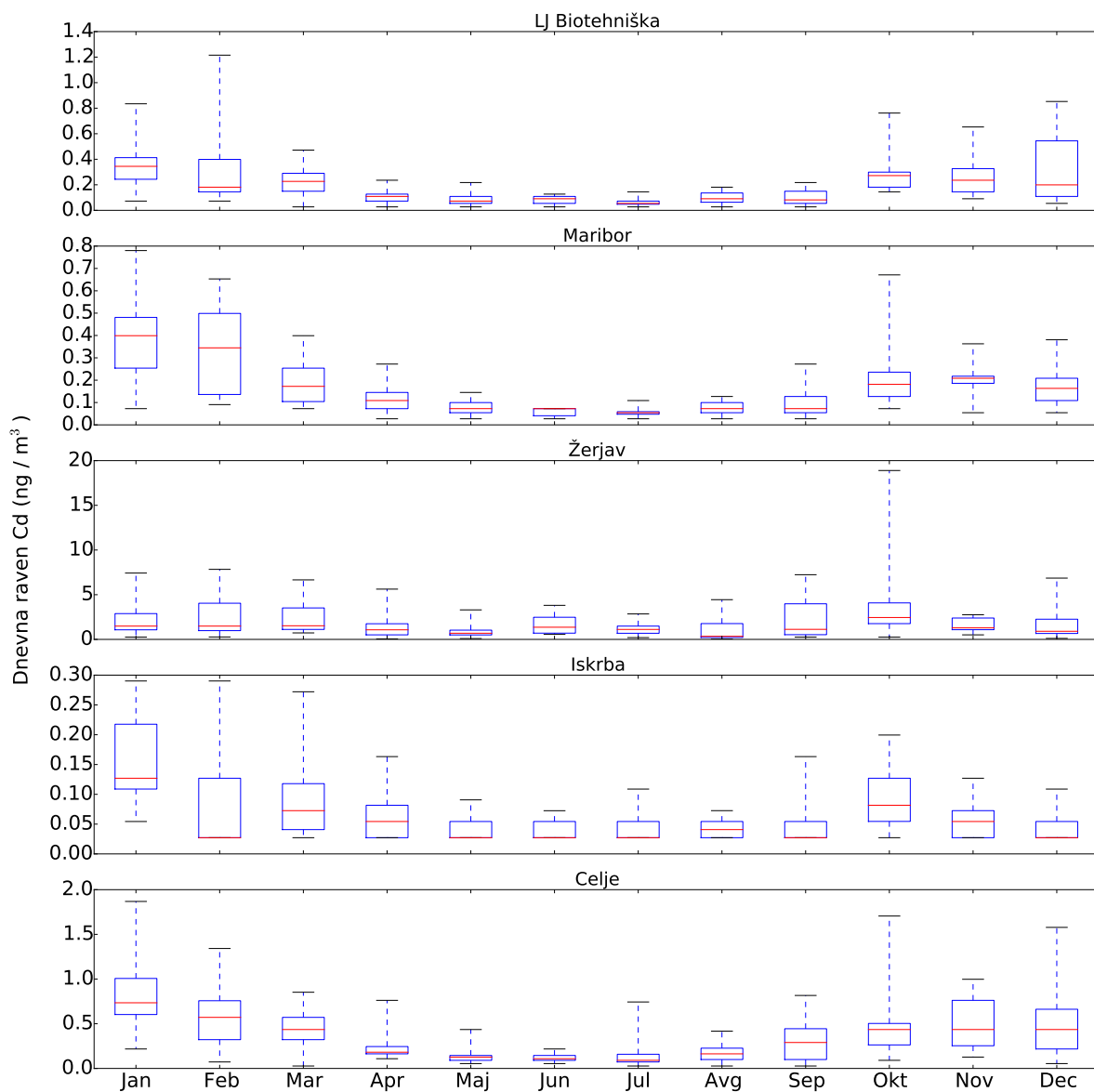
Slika 5.10: Porazdelitev dnevne ravni niklja na petih merilnih mestih v letu 2017. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



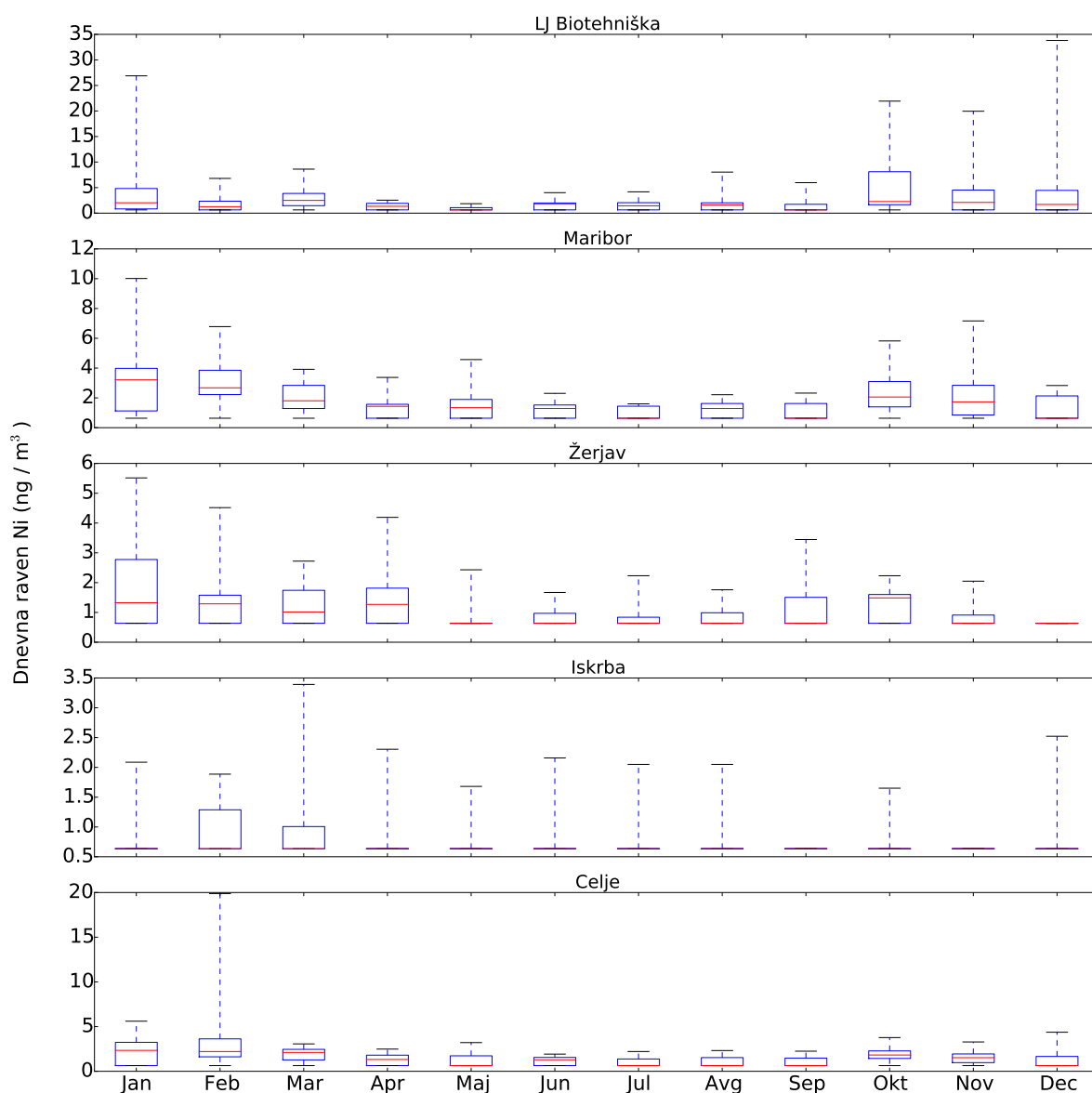
Slika 5.11: Porazdelitev dnevne ravni svineca na petih merilnih mestih v letu 2017. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



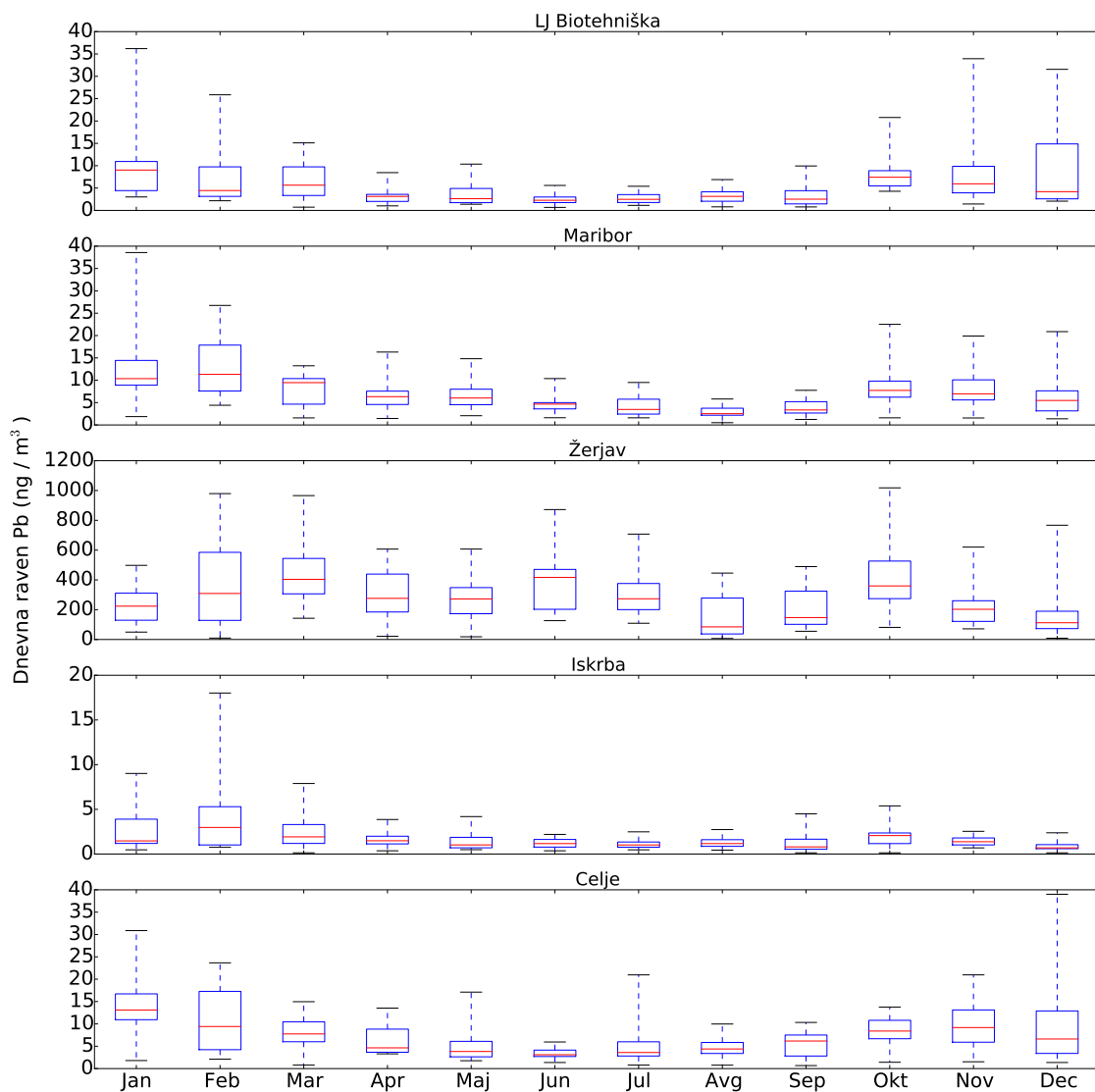
Slika 5.12: Porazdelitev dnevne ravni arzena na petih merilnih mestih po mesecih v letu 2017. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



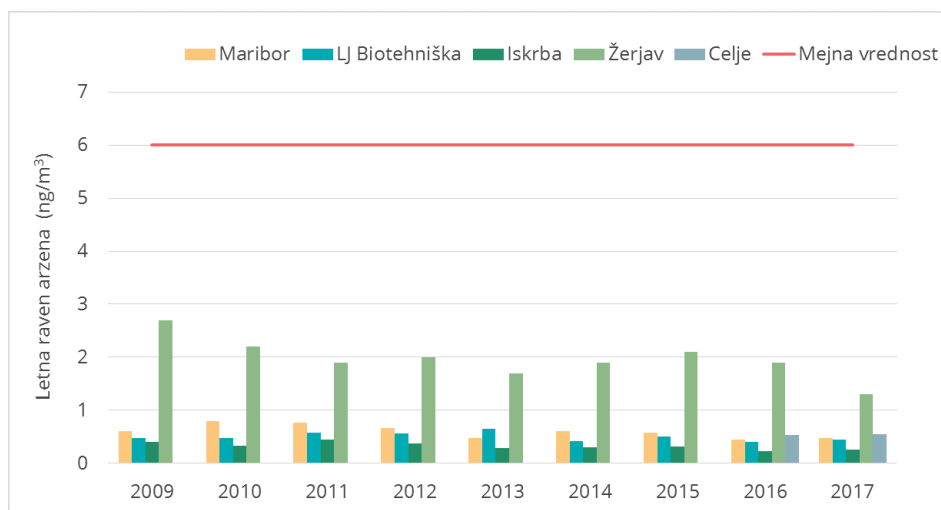
Slika 5.13: Porazdelitev dnevne ravni kadmija na petih merilnih mestih po mesecih v letu 2017. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



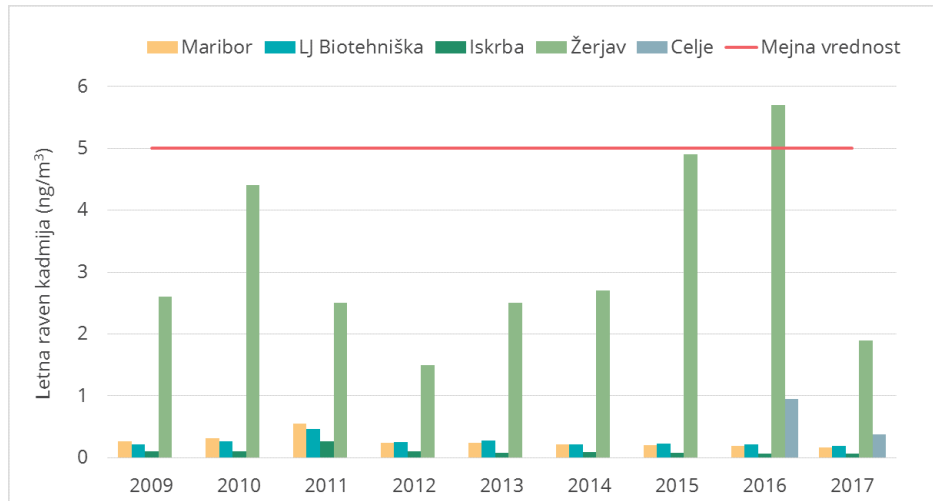
Slika 5.14: Porazdelitev dnevne ravni niklja na petih merilnih mestih po mesecih v letu 2017. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



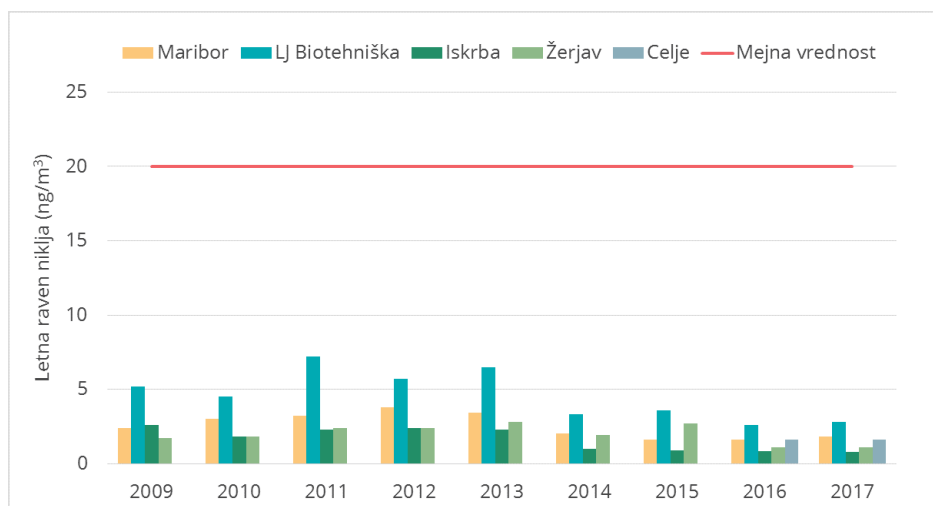
Slika 5.15: Porazdelitev dnevne ravni svinca na petih merilnih mestih po mesecih v letu 2017. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



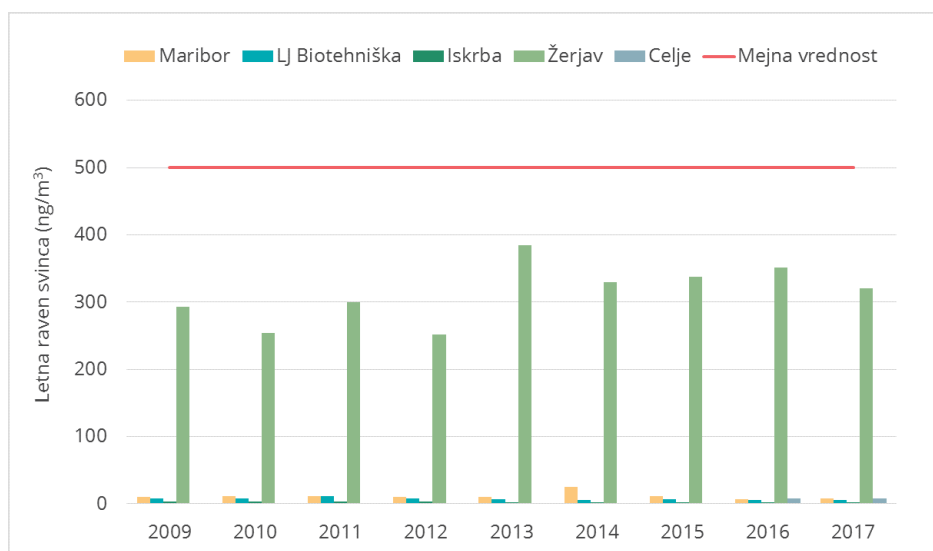
Slika 5.16: Porazdelitev povprečnih letnih ravni arzena po letih.



Slika 5.17: Porazdelitev povprečnih letnih ravni kadmija po letih.



Slika 5.18: Porazdelitev povprečnih letnih ravni niklja po letih.



Slika 5.19: Porazdelitev povprečnih letnih ravni svineca po letih.

6. 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 sončni svetlobi 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 le-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.

6.1 Zahteve za kakovost zraka

V tabeli 6.1 so prikazane predpisane ciljne, opozorilne in alarmne vrednosti iz Uredbe o kakovosti zunanjega zraka [6] in WHO smernice. 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 je enaka, le da ne

predvideva preseganje predpisane vrednosti. Smernice WHO so strožje, saj je predlagana vrednost nižja ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), preseganja te vrednosti pa niso dovoljena. Zaradi vpliva na zdravje ljudi zaradi kratkotrajne izpostavljenosti sta predpisani tudi 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 6.1: 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 ravnimi večjimi od $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in ravno $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v danem času z upoštevanjem enournih vrednosti, izmerjenih vsak dan med 8.00 in 20.00 po srednjeevropskem času (CET).

6.2 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih ravni in število preseženih ciljnih, opozorilnih in alarmnih vrednosti v letu 2017 je podan v tabelah 6.2–6.6 ter na slikah 6.1 in 6.3.

Po letu 2016, ko nismo zabeležili nobenega preseganja opozorilne vrednosti za ozon, so bile v letu 2017 opozorilne vrednosti zopet presežene. Poletje 2017 je bilo na večini merilnih mest v državi med štirimi najtoplejšimi doslej. K nadpovprečno visoki poletni temperaturi so prispevali vsi trije poletni meseci, še najmanj je dolgoletno povprečje presegel julij. Skoraj vsa preseganja opozorilne vrednosti za ozon so bila zabeležena v dveh krajših obdobjih, in sicer 22.6. in 23.6.2017 ter od 2.8. do 4.8.2017. Alarmna vrednost ni bila presežena že deset let. Primerjava med merilnimi mesti kaže, da so bile višje ravni ozona izmerjene na Primorskem, najnižje pa na merilnih mestih izpostavljenih izpustom iz prometa. Med takimi merilnimi mesti sta v merilni mreži DMKZ predvsem Nova Gorica in Zagorje. Najvišji urni vrednosti sta bili izmerjeni v Kopru, $216 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in na Otlici, $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (slika 6.1).

Najvišje povprečne letne vrednosti so izmerjene na višjeležečih merilnih mestih. Najvišja raven v letu 2017 $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$, je bila kot že vsa leta doslej izmerjena na Krvavcu.

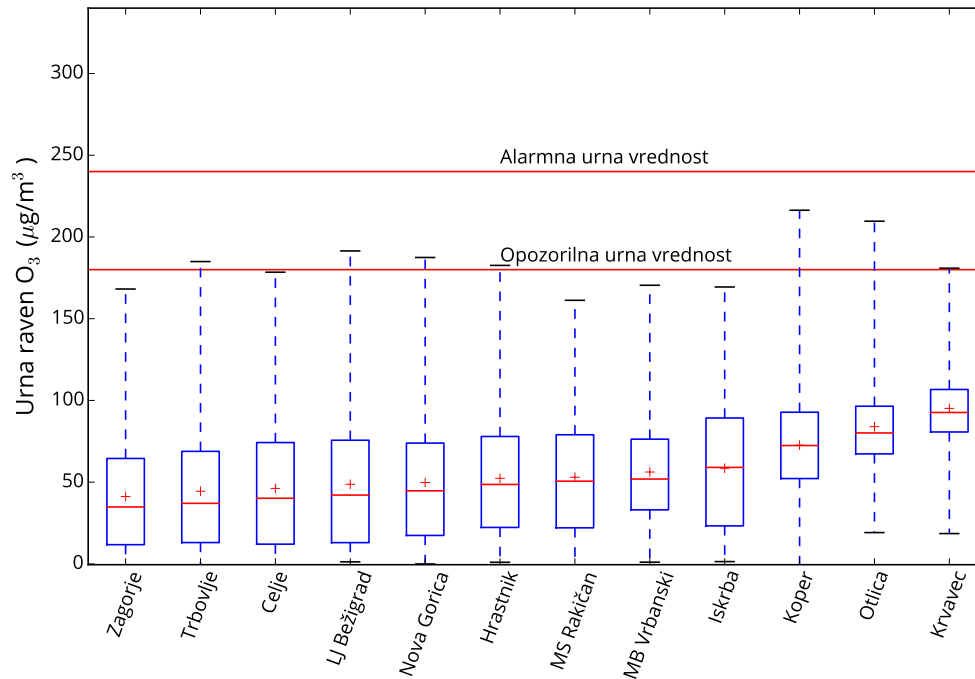
Maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost je bila presežena na vseh merilnih mestih in skoraj povsod je bilo preseganje več kot 25. Visoke ravni ozona so bile izmerjene le v topli polovici leta v obdobju med marcem in avgustom, kar je razvidno iz tabel 6.3–6.6 in slike 6.3. September 2017 je zaznamovalo razmeroma hladno vreme, kar je bistveno vplivalo tudi na izrazit padec ravni ozona.

Za varovanje rastlin je predpisana ciljna vrednost AOT40. Ta vrednost je bila v letu 2017 presežena na vseh merilnih mestih v DMKZ, ki jih štejejo k merilnim mestom zunaj pozidanih

Tabela 6.2: Raven ozona v zunanjem zraku ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2017. 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 prekorajitev 8-urne ciljne vrednosti, AOT40 ter WHO smernice.

Merilno mesto	%pod	Leto C_p	varovanje zdravja				varovanje rastlin		8 ur WHO
			1 ura		8 ur		maj–julij AOT40		
max	>OV	>AV	max	>CV					
Merilna mreža DMKZ									
LJ Bežigrad	99	49	191	6	0	173	51	25787	102
MB Vrbanski	99	56	170	0	0	156	31	22828	94
Celje	97	46	178	0	0	166	29	20411	83
MS Rakičan	99	53	161	0	0	149	34	24148	98
Nova Gorica	100	50	187	4	0	172	51	28519	97
Trbovlje	91	44	185	4	0	181	28	20498	74
Zagorje	100	41	168	0	0	158	14	14091	53
Hrastnik	99	52	183	1	0	175	33	22004	86
Koper	97	73	216	5	0	184	61	36198	128
Otlica	99	84	210	15	0	188	61	33234	123
Iskrba	97	59	169	0	0	158	42	25875	129
Krvavec	100	95	181	1	0	162	68	30033	183
Dopolnilna merilna mreža									
TE-TOL									
Vnajnarje	96	69	166	0	0	158	31	15551	/
TE Šostanj									
Zavodnje	98	73	169	0	0	160	22	14364	/
Velenje	99	49	167	0	0	146	17	16659	/
TE Brestanica									
Sv. Mohor	99	68	181	1	0	166	26	16744	/
MO Maribor									
Pohorje	98	74	149	0	0	140	23	16946	/

območij (Murska Sobota Rakičan, Iskrba, Krvavec, Otlica). Na merilnih mestih dopolnilne mreže vrednosti AOT40 niso bile presežene.



Slika 6.1: Porazdelitev urnih ravni O₃ na merilnih mestih DMKZ v letu 2017. 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 6.3 – 6.6, slika 6.3).

Na sliki 6.3 so prikazane mesečne statistične vrednosti za več merilnih mest skupaj, ločeno za urbano in ruralno okolje. Letni potek je podoben za obe skupini, le da so vrednosti višje na večinoma višje ležečih ruralnih merilnih mestih.

Za ozon je značilen izrazit dnevni hod, ki je za izbrana merilna mesta prikazan na sliki 6.2. Na merilnih mestih v nižinah nastopi izrazit maksimum ravni 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 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 površinami kot je to v primeru merilnih mest v nižjih in bolj urbanih predelih.

Povprečne letne ravni ozona ne kažejo opaznih trendov v zadnjih letih. 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 leta 2014 in 2016 značilno manjše število preseganj ciljne 8-urne vrednosti, v teh dveh letih ni bilo zabeleženega nobenega preseganja opozorilne vrednosti. Leto 2017 je bilo med toplejšimi, zato je bilo tudi več preseganj opozorilne in 8-urne vrednosti. Podatki o povprečnih letnih ravneh ozona za posamezna merilna mesta in število preseganj ciljne 8-urne vrednosti so podani v tabelah 6.7–6.9, v tabeli 6.10 je prikazano število preseganj opozorilne vrednosti. Na slikah 6.4 in 6.5 so prikazane statistične vrednosti za

vsa merilna mesta DMKZ skupaj po posameznih letih.

Tabela 6.3: Povprečna mesečna raven ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2017.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	28	35	53	67	71	78	76	72	37	28	21	19
MB Vrbanški	40	39	64	70	76	80	78	76	46	39	28	35
Celje	25	35	47	59	65	72	72	61	36	28	24	24
MS Rakičan	45	45	60	69	73	74	73	67	45	29	26	29
Nova Gorica	34	31	51	62	66	79	79	77	43	30	25	19
Trbovlje	32	35	57	59	62	67	66	59	28	28	27	25
Zagorje	28	31	45	52	55	65	63	57	30	22	23	22
Hrastnik	40	44	61	65	66	73	74	69	38	38	32	31
Koper	58	51	76	87	89	102	100	96	71	61	46	38
Otlica	67	65	91	96	94	108	102	103	73	78	65	63
Iskrba	61	63	70	73	62	68	69	64	46	39	44	41
Krvavec	88	88	101	105	109	113	106	109	86	84	76	75
Vnajnarje	56	57	79	79	82	88	88	94	63	64	44	35
Zavodnje	56	54	79	81	87	86	86	98	69	71	52	57
Velenje	35	38	56	67	67	70	72	64	36	30	23	26
Kovk	69	70	97	94	101	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	52	56	78	76	76	87	89	86	61	63	47	44
Pohorje	61	62	80	80	92	96	90	93	64	65	50	56

Tabela 6.4: Maksimalna urna raven ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) po mesecih v letu 2017.

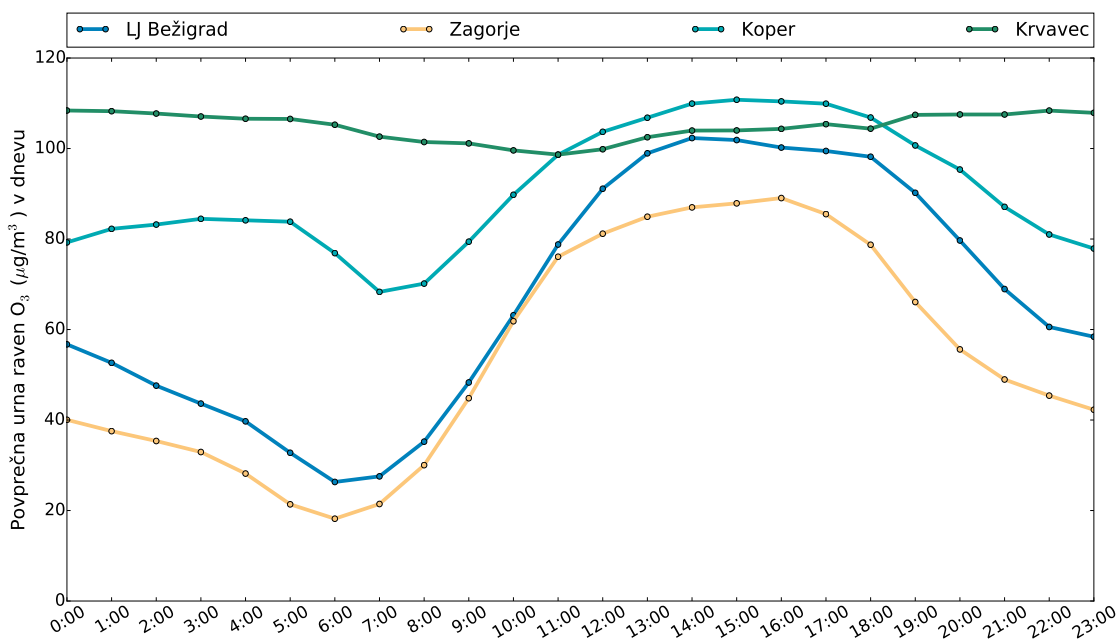
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	81	101	142	136	145	191	165	188	121	113	87	82
MB Vrbanški	94	98	119	138	149	161	151	170	109	101	83	89
Celje	86	105	139	133	141	178	164	169	114	117	88	83
MS Rakičan	118	101	122	139	140	159	157	161	113	100	84	80
Nova Gorica	82	98	134	130	143	178	181	187	118	100	84	78
Trbovlje	80	98	131	131	142	185	165	178	127	106	77	78
Zagorje	78	96	125	122	126	168	153	164	108	97	74	76
Hrastnik	87	101	141	133	136	183	163	179	122	116	85	85
Koper	89	106	132	134	152	216	179	162	137	117	90	82
Otlica	89	99	153	145	155	210	177	183	130	138	92	89
Iskrba	98	120	150	136	131	156	169	159	120	128	96	92
Krvavec	111	128	152	153	155	175	164	181	120	118	95	94
Vnajnarje	82	93	131	120	130	166	146	166	130	120	83	75
Zavodnje	84	97	128	127	129	152	138	169	120	118	89	85
Velenje	88	104	138	131	130	162	155	167	93	101	80	89
Kovk	109	113	147	143	142	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	83	99	141	141	128	170	152	181	131	122	91	91
Pohorje	91	103	115	115	140	146	146	149	115	103	80	82

Tabela 6.5: Število prekorajitev urne opozorilne ravni ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ozona v letu 2017.

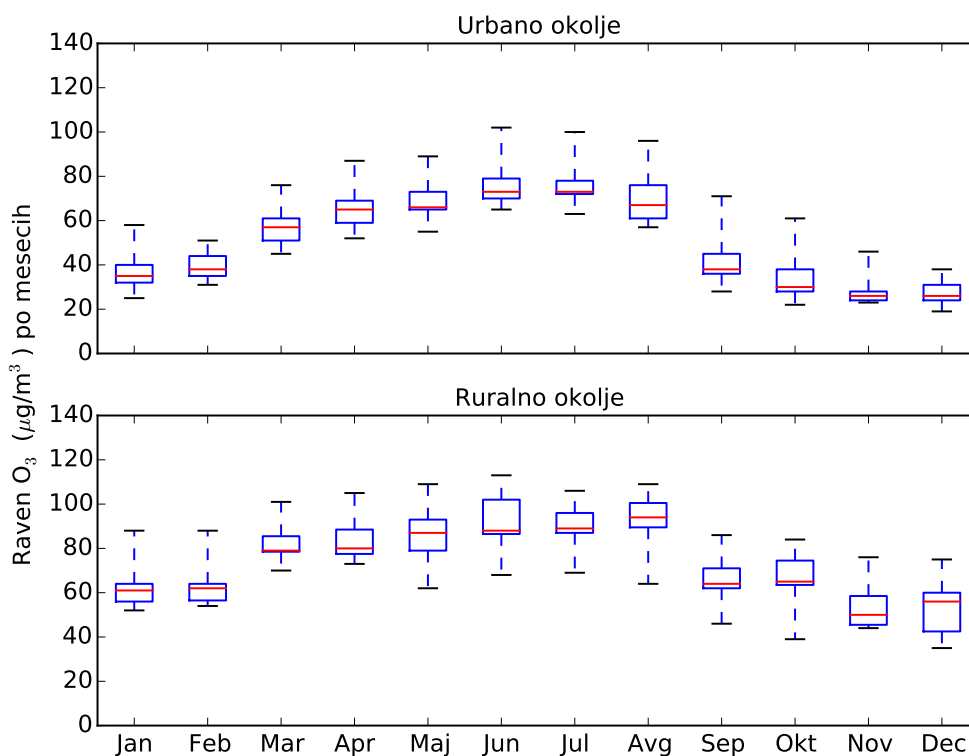
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0
MB Vrbanski	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MS Rakičan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nova Gorica	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0
Trbovlje	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Zagorje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hrastnik	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Koper	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
Otlca	0	0	0	0	0	13	0	2	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	1	0	0	0	0
Vnajnarje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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
Kovk	0	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Pohorje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 6.6: Število prekorajitev 8-urne ciljne ravni ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ozona v letu 2017.

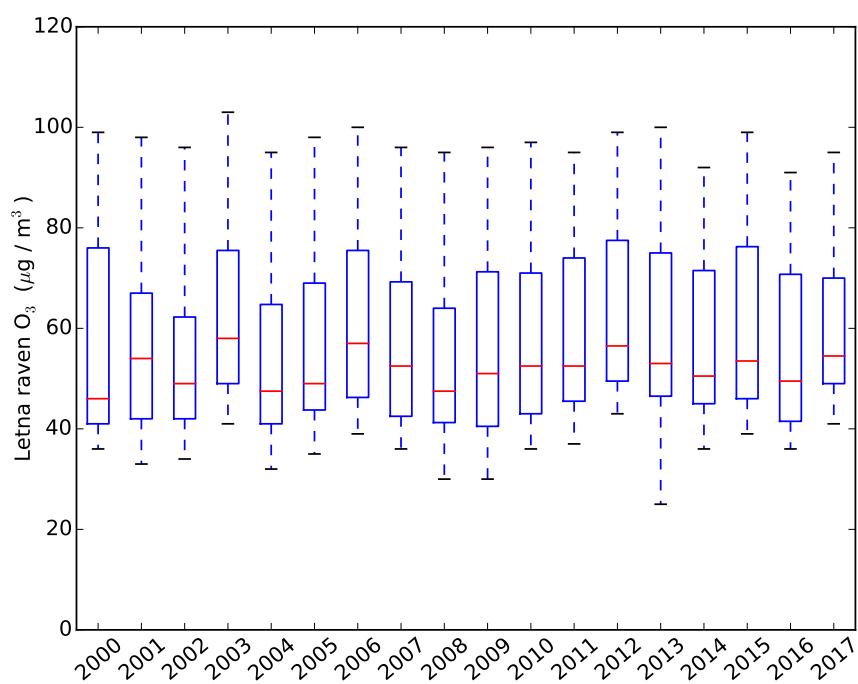
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	0	0	3	3	6	12	14	13	0	0	0	0
MB Vrbanski	0	0	0	3	3	10	6	9	0	0	0	0
Celje	0	0	1	3	4	7	9	5	0	0	0	0
MS Rakičan	0	0	0	4	3	9	9	9	0	0	0	0
Nova Gorica	0	0	0	1	8	13	15	14	0	0	0	0
Trbovlje	0	0	0	3	4	7	8	6	0	0	0	0
Zagorje	0	0	0	0	0	5	5	4	0	0	0	0
Hrastnik	0	0	2	3	4	8	8	8	0	0	0	0
Koper	0	0	1	3	9	18	15	13	2	0	0	0
Otlca	0	0	5	6	8	13	17	10	0	2	0	0
Iskrba	0	0	4	3	3	10	10	11	0	1	0	0
Krvavec	0	1	5	6	11	15	13	17	0	0	0	0
Vnajnarje	0	0	3	1	1	6	4	15	1	0	0	0
Zavodnje	0	0	1	0	0	5	1	14	1	0	0	0
Velenje	0	0	0	3	2	5	3	4	0	0	0	0
Kovk	0	0	5	4	10	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	0	0	2	0	1	6	6	8	3	0	0	0
Pohorje	0	0	0	0	3	7	2	10	1	0	0	0



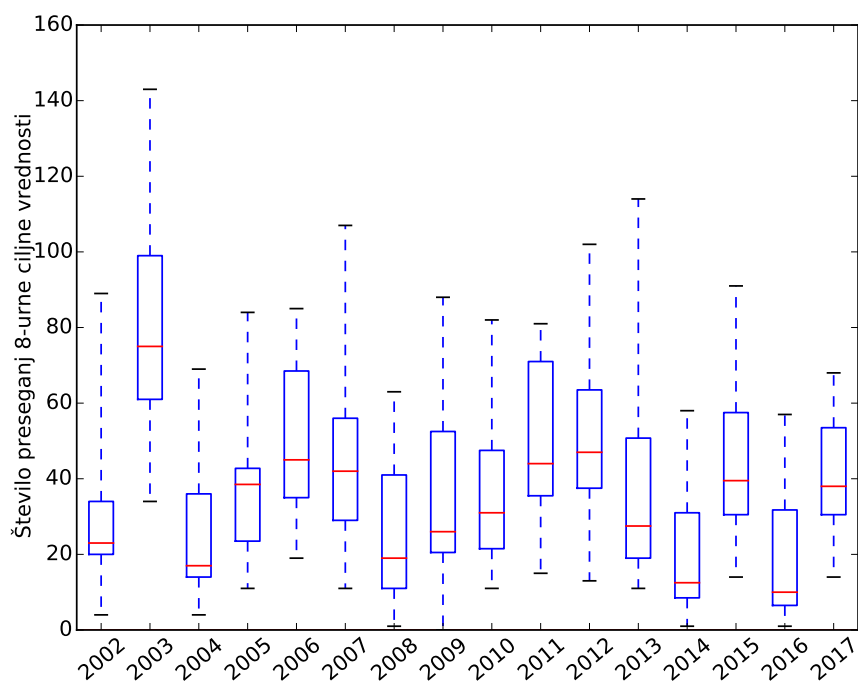
Slika 6.2: Povprečni dnevni potek ravni O₃ na izbranih merilnih mestih med aprilom in septembrom 2017.



Slika 6.3: Porazdelitev povprečne dnevne ravni O₃ po mesecih na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2017. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.



Slika 6.4: Porazdelitev povprečne letne ravni O₃ na vseh merilnih mestih za posamezna leta. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.



Slika 6.5: 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 6.7: Povprečna letna raven ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) za obdobje 1992-2017.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Kravec	89	83	83	89	99	98	100	99	99	98	96	103	95	98	100	96	95	96	97	95	99	100	92	99	91	95	
Iskriba	/	/	/	/	/	/	/	/	61	58	53	60	54	56	60	54	50	53	55	51*	56	52	52	51	50	59	
Otlica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	95	88	82	83	83	80	87	88*	78	83	78	84	
LJ Bežigrad	40	38	34	27	36	40	40	36	42	44	41	48	42	44	45	42	42	40	41	43	46	46	38	43	39	49	
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	
Trbovlje	/	/	/	/	/	/	/	/	37	/	40	48	35	37	41	38	33	40	42	41	46	43	39	42	36	44	
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	46	37	46	52	43	35	50	44	41	42	48	47	51	48	45	47	41	52	
Zagorje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	34	41	32	44	39	36	30	30	36	41	43	42	36	39	36	41	
MS Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	46	54	52	58	48	50	50	47	45	45	51	52	55	53	45	46	48	53	
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	45	58	47	48	50	47	43	44	46	53	57	53	46	52	46	50	
Koper	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	74	66	67	69	68	72	74	73	69	74	67	73	
Zavodnje	79	73	73	71	66	72	72	64	58	75	66	78	64	75	76	71	65	72	73	77	78	75	70	77	72	73	
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	38	40	54	55	43	46	54	51	42	49	51	80	52	51	46	46	43	49	
Kovk	70	68	69	75	69	68	61	70	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	
Vnjanjarje	/	/	/	/	/	/	/	/	77	63	67	73	67	68	76	70	60	74	73	74	82	86*	76	74	66	69	
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	49	55	49	56
MB Pohorje	/	/	/	/	/	/	/	/	86	/	/	88	76	79	82	76	74	74	71	71	80	76	72	81	72	74	

* Podatki so zaradi prevelikega izpada podatkov informativnega značaja.

Tabela 6.8: Število preseganj 8-urne ciljne vrednosti ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) v posameznem letu za obdobje 2002–2017.

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

* Podatki so zaradi prevelikega izpada podatkov informativnega značaja.

Tabela 6.9: Število preseganj 8-urne ciljne vrednosti ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) v drsečem povprečju treh let za obdobje 2002–2017. Prekoračitve predpisane vrednosti so označene odebeljeno.

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

* Podatki so zaradi prevelikega izpada podatkov informativnega značaja.

Tabela 6.10: Število preseganj opozorilne vrednosti ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) za obdobje 2002–2017.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
LJ Bežigrad	4	18	4	11	9	7	0	0	0	0	3	1	0	0	0	6
Maribor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/	/	/	/
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0	0
Celje	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
MS Rakičan	0	6	0	1	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
Trbovlje	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
Zagorje	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
Koper	/	/	/	16	36	9	0	3	2	4	13	22	0	9	0	5
Otlica	/	/	/	/	67	43	5	2	3	1	12	33*	0	0	0	15
Iskrba	0	11	1	0	1	7	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

* Podatki so zaradi prevelikega izpada podatkov informativnega značaja.

6.3 Epizode čezmerne onesnaženosti

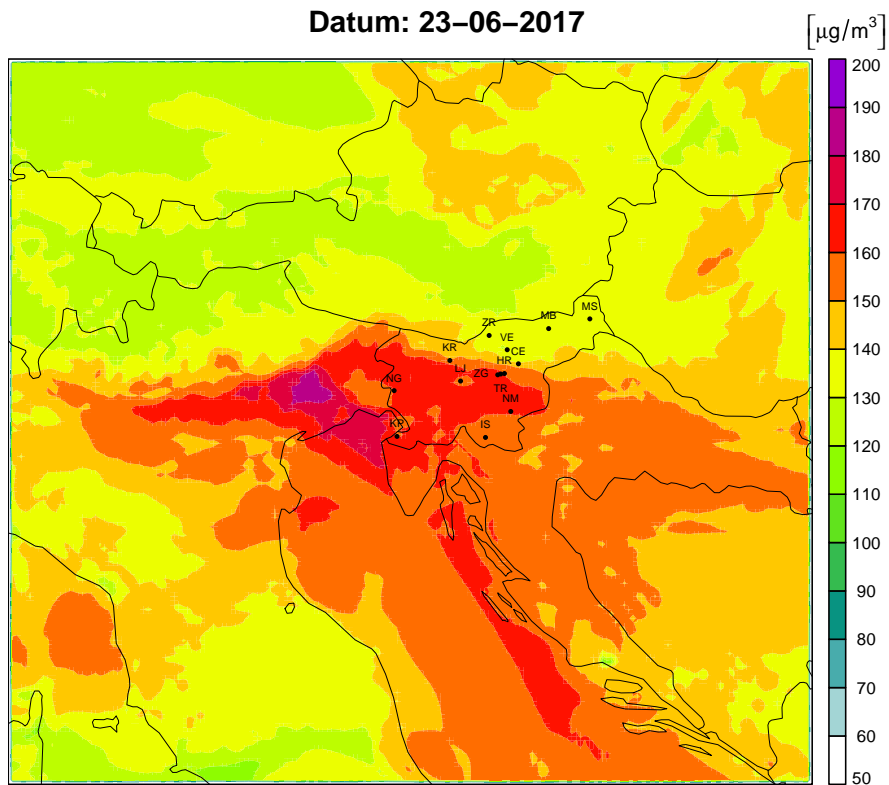
V letu 2017 smo zabeležili preseganje opozorilne urne vrednosti v dveh krajših obdobjih, in sicer 22.6. in 23.6.2017 ter od 2.8. do 4.8.2017. Nad našimi kraji je v obeh obdobjih prevladovalo območje visokega zračnega tlaka z zelo toplim in razmeroma suhim zrakom v višinah z vetrom iz zahodnih oziroma jugozahodnih smeri, ki je k nam prinesel onesnažen zrak iz Italije.

V začetku poletja je sonce najvišje na obzorju in je zelo močno, kar ugodno vpliva na nastanek ozona. Izmerjene ravni ozona so lahko ob ugodni vremenski situaciji, z zahodnim vetrom, zelo visoke. 22.6. in 23.6. so bila tako večkrat zabeležena preseganja opozorilne vrednosti na Otlici in v Kopru, kjer je bila izmerjena najvišja raven $216 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Do presegevanj je prišlo tudi v Ljubljani, Trbovljah in Hrastniku.

Tudi avgusta je bila vremenska situacija podobna, bilo je zelo vroče, temperature so se dvignile celo do 40°C . Preseganja so bila zabeležena na Otlici, v Novi Gorici, na Krvavcu in v Ljubljani. Najvišja raven ozona je bila ta dan izmerjena v Ljubljani, in sicer $188 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Modelski sistem ALADIN/SI-CAMx je uspešno napovedal ravni ozona tudi v času epizod čezmerne onesnaženosti. Kot primer je na sliki 6.6 prikazana napoved maksimalne dnevne ravni ozona za dan 23.6.2017 na širšem območju Slovenije, kjer je razvidno, da je napovedana maksimalna raven ozona najvišja ravno na območjih Primorske (vključno s Padsko nižino) in delu notranjosti Slovenije (Ljubljana, Hrastnik, Trbovlje). Napovedana vrednost na teh območjih znaša med $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in je glede na izmerjene vrednosti sicer nekoliko podcenjena, vendar še vedno precej blizu dejanskim izmerjenim vrednostim.

Maksimalna urna raven ozona
Datum: 23-06-2017



Slika 6.6: Polje napovedane maksimalne dnevne ravni ozona [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] modelskega sistema ALADIN/SI-CAMx na širšem območju Slovenije, dne 23.06.2017.

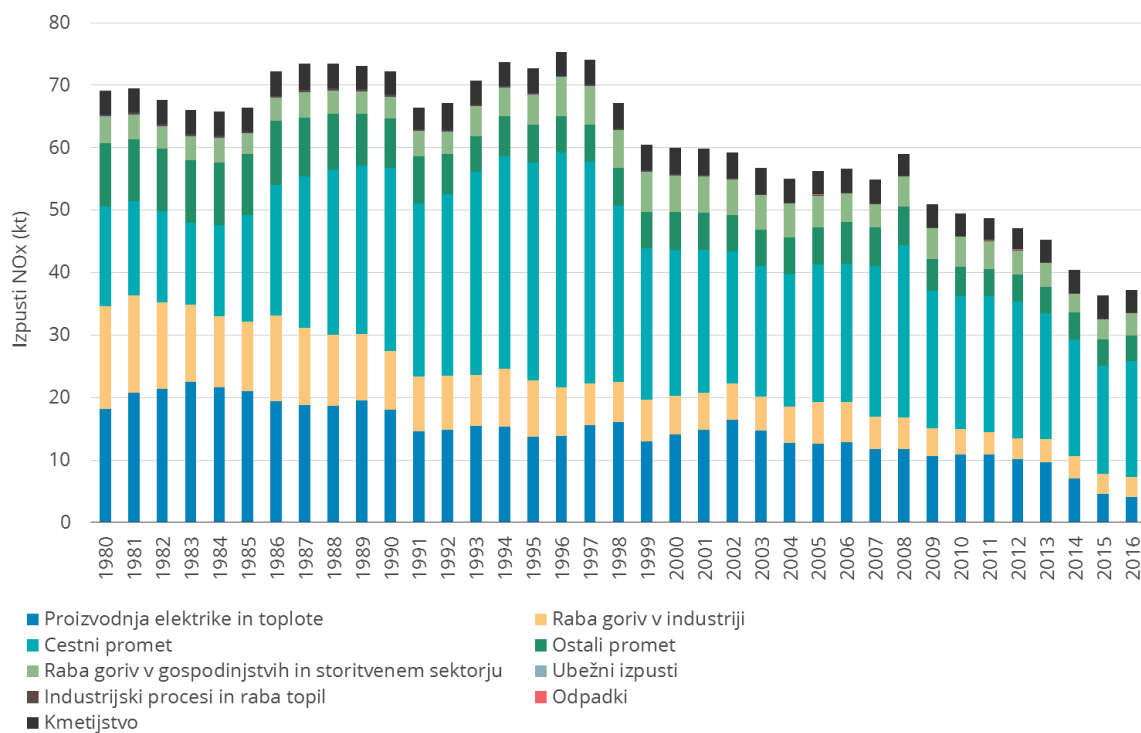
7. Dušikovi oksidi

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].

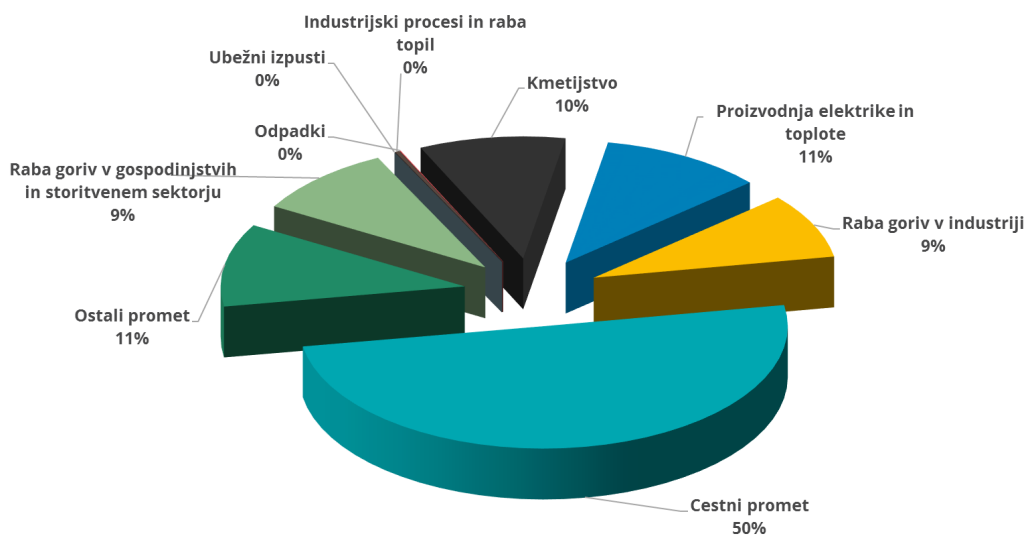
7.1 Izpusti

Več kot polovico dušikovitih oksidov prihaja v ozračje iz cestnega prometa, precejšen delež prispeva tudi proizvodnja električne in toplotne energije. Letni izpusti NO_x v Sloveniji so leta 2016 znašali 37 tisoč ton. V obdobju 1980–2016 so se zmanjšali za 46 %. Največji vir izpustov NO_x je v letu 2016 predstavljal cestni promet, ki je k skupnim državnim izpustom prispeval kar 50 %. Izpusti po posameznih virih so prikazani na slikah 7.1 in 7.2.

Slovenija izpolnjuje obveznosti iz Direktive (EU) 2016/2284 o zmanjšanju nacionalnih emisij za nekatera onesnaževala zraka (NEC Direktiva) [16] 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 2016 za 17 % nižji od ciljne vrednosti (45 tisoč ton), ki ne sme biti presežena od leta 2010 dalje. Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o nadzoru nad dušikovimi oksidi h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [9]. Skupne državne vrednosti izpustov dušikovitih oksidov ne presegajo vrednosti iz izhodiščnega leta 1987. Izpusti dušikovitih oksidov se podajajo kot vsota vseh dušikovitih oksidov izraženih v ekvivalentu NO₂.



Slika 7.1: Letni izpusti dušikovih oksidov po sektorjih v Sloveniji.



Slika 7.2: Izpusti dušikovih oksidov po sektorjih v Sloveniji v letu 2016.

7.2 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 7.1.

Tabela 7.1: 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		

7.3 Ravni onesnaženosti

Letna mejna vrednost NO₂, ki je predpisana za zaščito zdravja, je bila v letu 2017 presežena samo na prometnem merilnem mestu Ljubljana Center. Na tem merilnem mestu je bila enkrat presežena tudi urna mejna vrednost (tabela 7.2), presežene so bile tudi vrednosti, ki jih priporoča Svetovna zdravstvena organizacija.

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 Rakičan pri Murski Soboti in Iskrbo, kjer pa ne merimo ravni NO_x. V dopolnilni merilni mreži so to merilna mesta Vnajnarje, Zavodnje in Sveti Mohor. Na nobenem ruralnem merilnem mestu kritična vrednost za NO_x ni bila presežena (tabela 7.2).

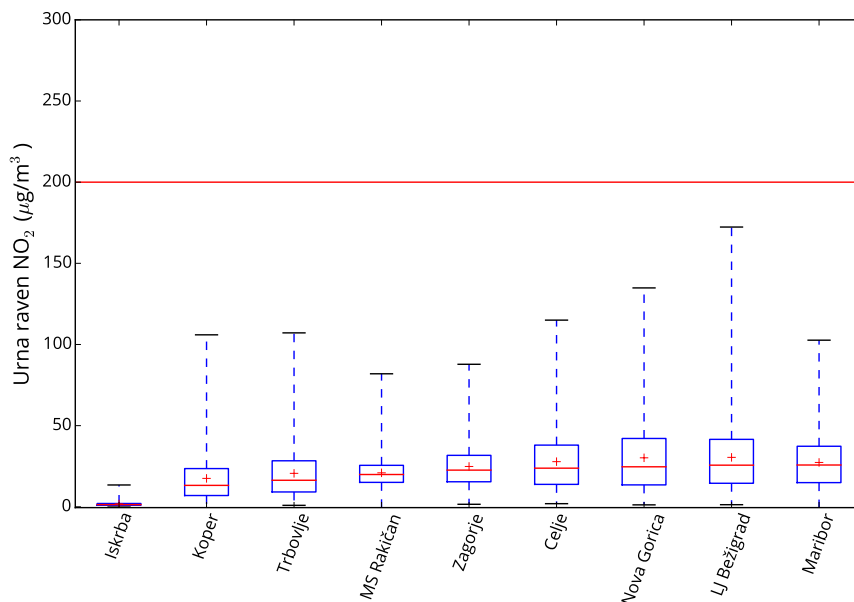
Porazdelitev urne ravni NO₂ na merilnih mestih DMKZ je prikazana na sliki 7.3. Tudi najvišje izmerjene urne vrednosti so na teh merilnih mestih pod mejno urno vrednostjo, ki je lahko po zakonodaji presežena 18-krat v enem letu.

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 7.3 in 7.4 ter sliki 7.5, 7.6).

Dnevni hod kaže, da so najnižje ravni med delavniki izmerjene ponoči (slika 7.7). Zjutraj in popoldne se ob jutranji in popoldanski prometni konici pojavljata dve obdobji višjih ravni zaradi povečanih izpustov dušikovih oksidov. Na sliki 7.7 lahko opazimo razliko med delavniki ter vikendi. Med tednom so večino dneva ravni višje zaradi intenzivnejšega prometa, med vikendi pa so višje vrednosti v zgodnjih jutranjih urah.

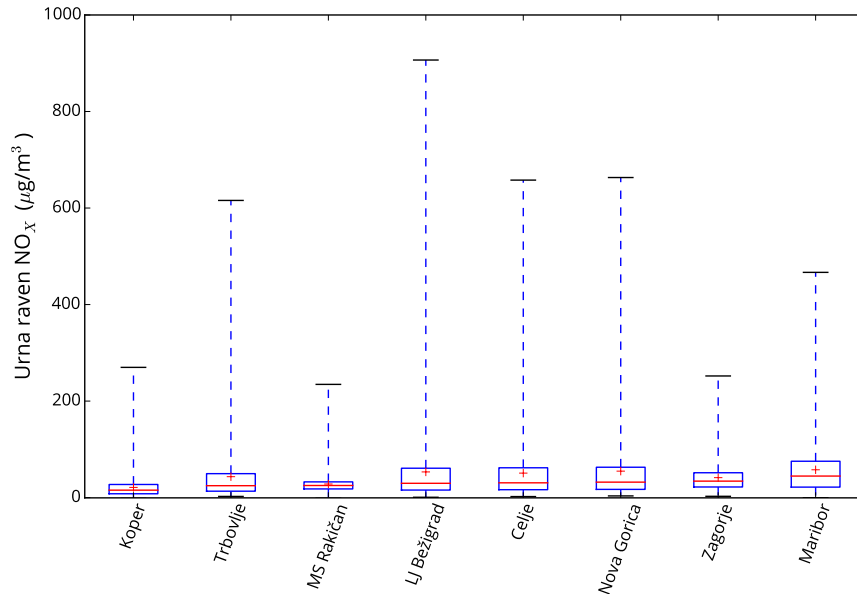
Tabela 7.2: Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečna letna (C_p) in maksimalna letna vrednost (max) izražene v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ter število preseganj mejne (>MV) in alarmne (>AV) vrednosti za NO_2 . Razpoložljivost podatkov (% pod) in povprečna letna vrednost za NO_x (C_p) izražena v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v letu 2017.

Merilno mesto	varovanje zdravja NO_2					varovanje rastlin NO_x	
	%pod	C_p	max	>MV	>AV	%pod	C_p
Merilna mreža DMKZ							
LJ Bežigrad	99	30	172	0	0	99	53
Maribor	100	27	103	0	0	100	58
Celje	99	28	115	0	0	100	51
MS Rakičan	90	21	82	0	0	90	28
Nova Gorica	99	30	135	0	0	99	55
Trbovlje	98	21	107	0	0	99	43
Zagorje	100	25	88	0	0	100	41
Koper	98	18	106	0	0	98	21
Iskrba	97	2	13	0	0	/	/
Dopolnilna merilna mreža							
TE-TO Ljubljana							
Vnajnarje	93	17	87	0	0	93	21
TE Šoštanj							
Šoštanj	100	20	84	0	0	100	43
Zavodnje	99	6	77	0	0	99	8
Škale	96	8	93	0	0	97	11
TE Brestanica							
Sv. Mohor	99	7	61	0	0	99	7
OMS MOL							
LJ Center	100	50	202	1	0	100	111
MO Celje							
CE Gaji	99	22	116	0	0	99	48
MO Maribor							
MB Vrbanski	99	13	91	0	0	99	16



Slika 7.3: Porazdelitev urne ravni NO_2 na merilnih mestih DMKZ v letu 2017. Prikazana je 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



Slika 7.4: Porazdelitev urne ravni NO_x na merilnih mestih DMKZ v letu 2017. Prikazana je najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.

le na merilnem mestu Ljubljana Center, drugje preseganj ni bilo (tabela 7.6). Meritve kažejo, da se letne povprečne ravni dušikovega dioksida nekoliko spreminjajo (slika 7.8) 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 1992 so prikazani v tabeli 7.6. Na sliki 7.8 je prikazana porazdelitev povprečne letne ravni NO_2 na vseh merilnih mestih od leta 2002 naprej.

Tabela 7.3: Povprečna mesečna raven NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2017.

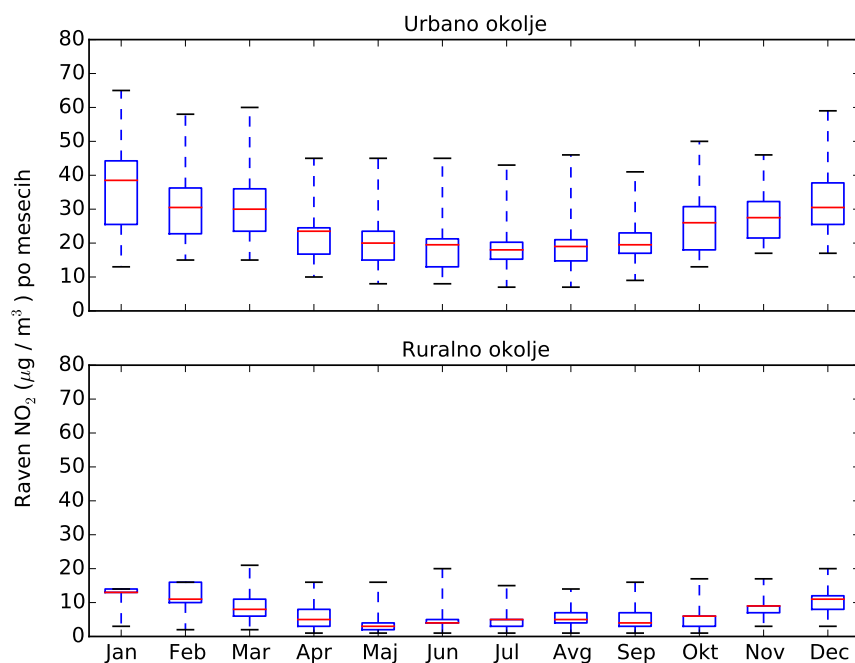
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	47	40	37	23	21	20	19	20	23	36	36	43
Maribor	42	35	30	24	23	25	20	21	23	29	27	29
Celje	45	34	35	24	19	19	18	21	21	30	31	36
MS Rakičan	21	16	/	19	25	26	21	18	20	18	22	24
Nova Gorica	44	42	37	26	20	20	18	21	23	33	37	43
Trbovlje	28	23	23	16	13	13	12	14	18	26	29	32
Zagorje	37	33	31	24	20	20	18	18	19	26	27	26
Koper	13	22	23	15	15	16	16	15	11	18	20	27
Iskrba	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	3	3
Vnajnarje	14	16	21	16	16	20	15	14	16	17	17	20
Šoštanj	20	15	26	26	30	10	25	20	14	17	17	19
Zavodnje	13	11	8	5	4	4	3	5	3	6	7	8
Škale	13	16	11	8	3	5	5	7	7	3	9	11
Kovk	/	4	4	8	4	/	/	/	/	/	/	/
Dobovec	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	14	10	6	3	2	4	5	4	4	6	9	12
LJ Center	65	58	60	45	45	45	43	46	41	50	46	59
CE Gaji	40	28	24	17	15	13	13	14	18	23	28	32
MB Urbanski	27	24	15	10	8	8	7	7	9	13	17	17

Tabela 7.4: Maksimalna urna raven NO₂ (µg/m³) po mesecih v letu 2017.

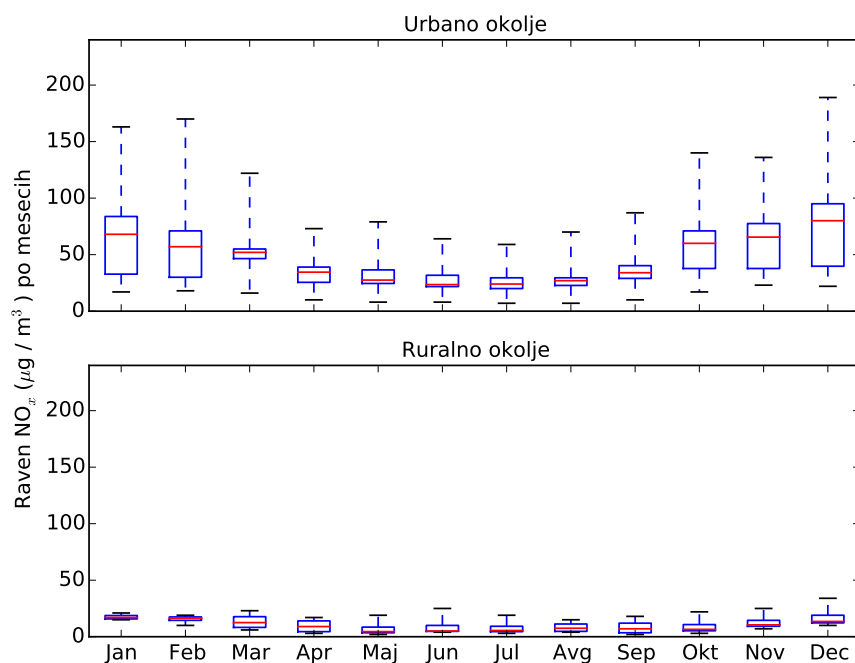
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	128	172	135	87	71	60	68	95	94	109	94	102
Maribor	103	90	94	80	63	91	62	61	70	98	63	71
Celje	104	105	111	115	71	53	66	73	64	103	89	102
MS Rakičan	82	68	/	39	51	48	44	40	38	42	72	70
Nova Gorica	135	110	111	91	64	73	88	94	82	97	104	121
Trbovlje	74	71	84	70	58	44	50	55	55	107	99	105
Zagorje	88	81	82	61	55	83	45	64	43	79	67	75
Koper	50	85	106	73	77	82	92	89	58	63	77	84
Iskrba	10	13	5	5	3	3	5	4	4	9	9	13
Vnajnarje	61	66	51	30	35	31	26	24	27	37	45	87
Šoštanj	71	61	75	68	73	48	84	51	46	44	47	46
Zavodnje	77	66	57	39	23	33	41	70	19	52	40	54
Škale	51	93	72	84	39	37	54	79	41	51	34	38
Kovk	/	37	47	48	28	/	/	/	/	/	/	/
Dobovec	/	/	6	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	61	43	24	26	14	21	23	18	19	27	41	45
LJ Center	142	202	154	119	106	147	124	158	97	130	108	129
CE Gaji	116	78	70	61	47	37	46	44	50	65	77	71
MB Vrbanski	88	91	66	53	38	33	27	27	37	45	54	60

Tabela 7.5: Povprečna mesečna raven NO_x (µg/m³) v letu 2017.

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	83	90	54	29	25	22	20	23	35	76	77	101
Maribor	97	80	56	42	38	40	31	34	47	74	76	78
Celje	86	65	58	34	26	22	22	28	33	70	71	93
MS Rakičan	29	21	/	21	29	31	25	22	26	28	34	41
Nova Gorica	76	68	51	35	26	25	23	28	44	67	90	126
Trbovlje	46	43	45	27	23	21	20	23	39	70	79	88
Zagorje	60	57	48	36	31	29	26	27	33	48	51	53
Koper	17	30	28	18	18	19	19	17	13	20	23	34
Vnajnarje	16	16	23	17	19	25	19	15	18	22	25	34
Šoštanj	22	18	53	48	79	34	58	52	37	41	39	36
Zavodnje	18	17	9	5	4	5	3	5	2	6	7	10
Škale	21	19	16	13	5	5	6	10	10	3	11	13
Kovk	/	4	5	8	4	/	/	/	/	/	/	/
Dobovec	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	15	10	6	3	2	4	5	4	4	7	10	14
LJ Center	163	170	122	73	70	64	59	70	87	140	136	189
CE Gaji	83	57	52	38	36	22	29	27	30	53	60	82
MB Vrbanski	34	30	16	10	8	8	7	7	10	17	23	22



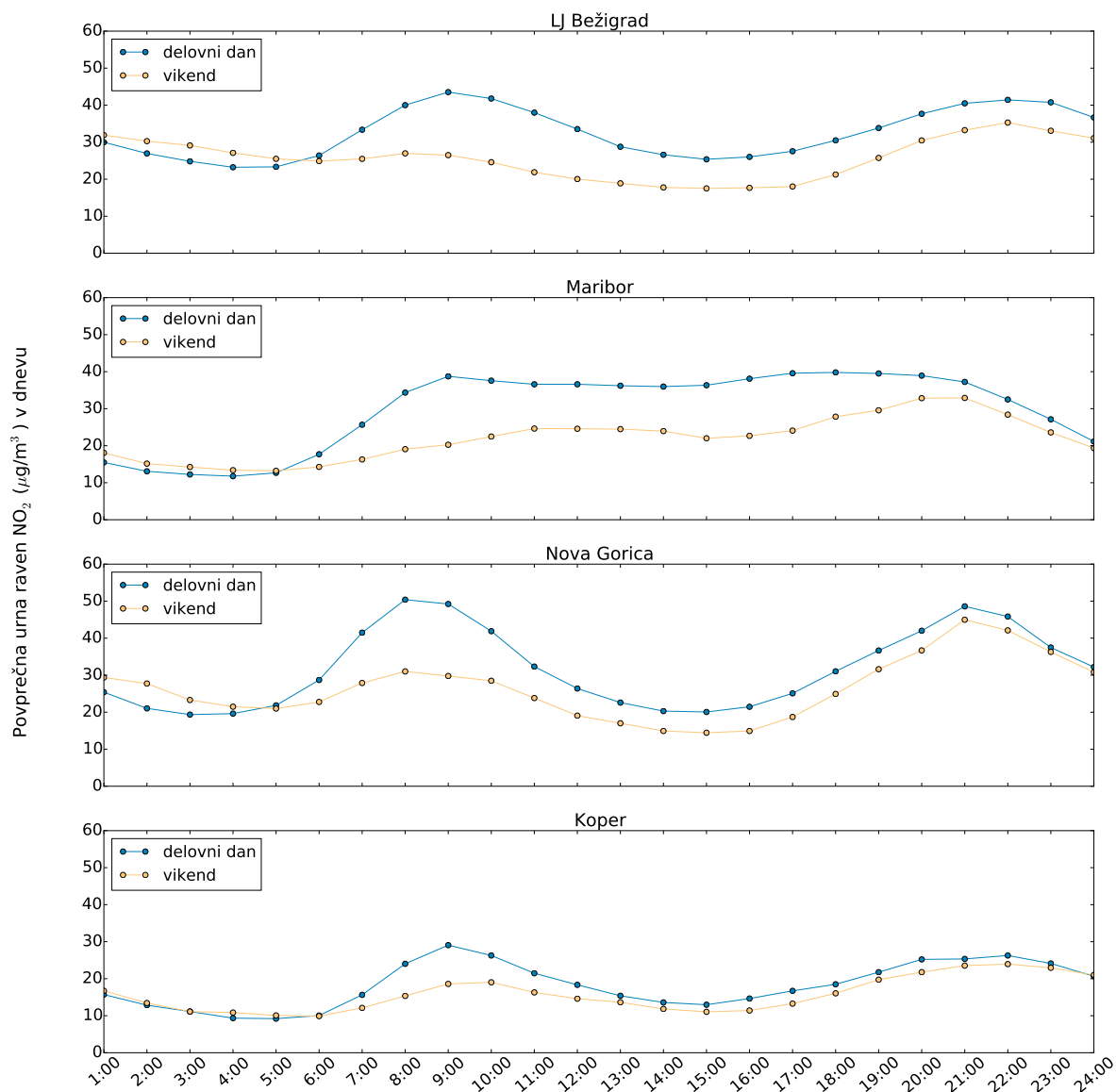
Slika 7.5: Porazdelitev povprečne mesečne ravni NO₂ na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2017. Prikazana je najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.



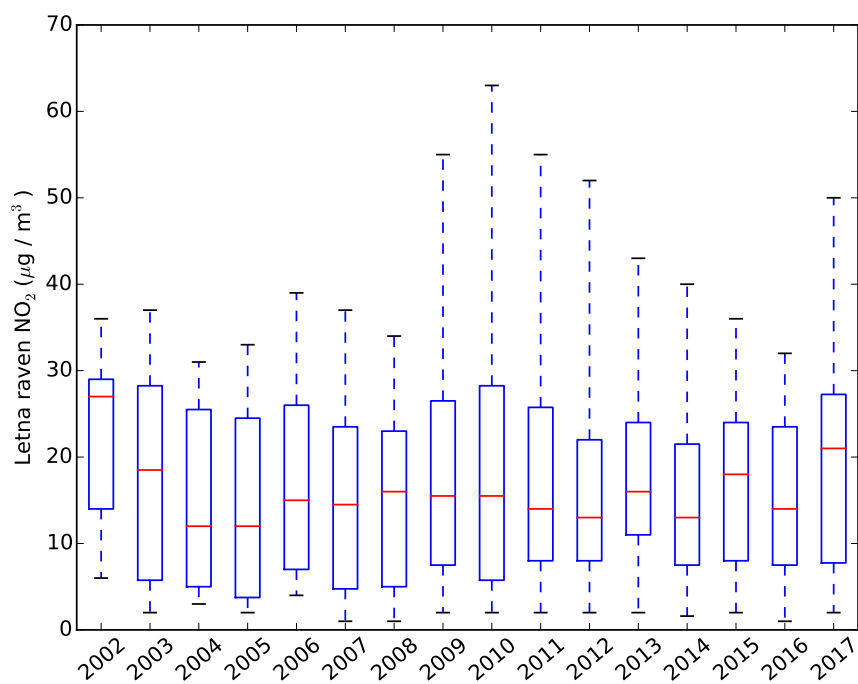
Slika 7.6: Porazdelitev povprečne mesečne ravni NO_x na merilnih mestih v urbanem in ruralnem okolju v letu 2017. Prikazana je najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.

Tabela 7.6: Povprečne letne ravni NO₂ (µg/m³) v letih 1992-2017.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
LJ Figovec	49	47	41	38	39	36	42	49	38	36	/	32	29	27	29	28	29	31	35	31	22	29	26	30	30	29	30
LJ Bežigrad	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	29	/	/	/	/	/	/	55	63	55	52	43	40	36	32	50	
LJ Center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Maribor	50	53	45	39	39	38	39	39	44	38	36	37	31	33	39	37	34	32	34	34	33	32	30	31	27	27	
MB Vrhanski	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	13	14	13	19	13	13	
Celje	32	37	37	35	33	/	29	28	30	26	24	27	24	26	28	23	21	22	26	25	27	26	28	29	22	28	
Trbovlje	/	/	/	/	/	29	29	26	28	/	28	32	27	24	23	22	23	17	20	17	17	16	17	18	18	21	
Zagorje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	23	20	25	24	25
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	27	27	25	24	24	25	30	28	29	28	26	25	19	22	24	30	
Koper	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21	19	21	22	18	21	17	17	15	18	
MS Rakčican	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	14	15	11	14	15	17	16	14	/	16	19	16	12	13	12	21	
Iskrba	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	3	2	/	1	1	2	2	2	2	2	1.6	2	2	2	
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8	16	12	18	/	
Zavodnje	3	5	11	9	5	7	7	6	7	6	/	6	5	3	4	3	3	4	5	9	10	8	7	7	5	6	
Škale	/	/	/	/	/	/	8	8	8	6	/	8	9	5	9	8	8	9	8	8	8	9	7	8	9	8	
Kovk	10	8	8	11	2	4	7	9	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	4	7	3	8	5	7	7	7	7	
Vrhnarje	/	/	/	/	/	4	3	5	4	5	6	5	5	4	5	5	5	4	4	7	8	8	7	9	9	17	
CE Gali	/	/	/	/	/	43	47	46	53	38	30	22	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	20	23	23	16	22



Slika 7.7: Urni potek ravni NO₂ na merilnih mestih v letu 2017.



Slika 7.8: Porazdelitev povprečne letne ravni NO₂ na vseh merilnih mestih za posamezna leta. Prikazana je najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.

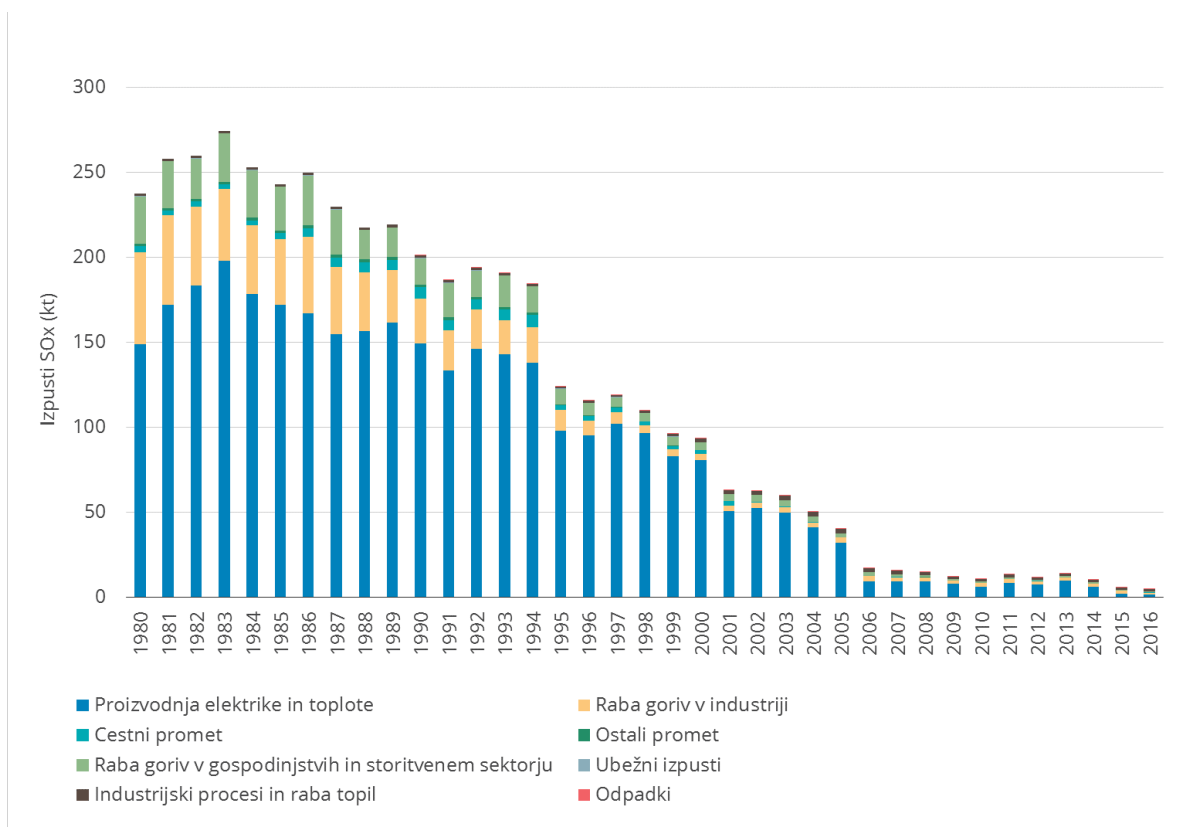
8. Žveplov dioksid

Žveplov dioksid 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.

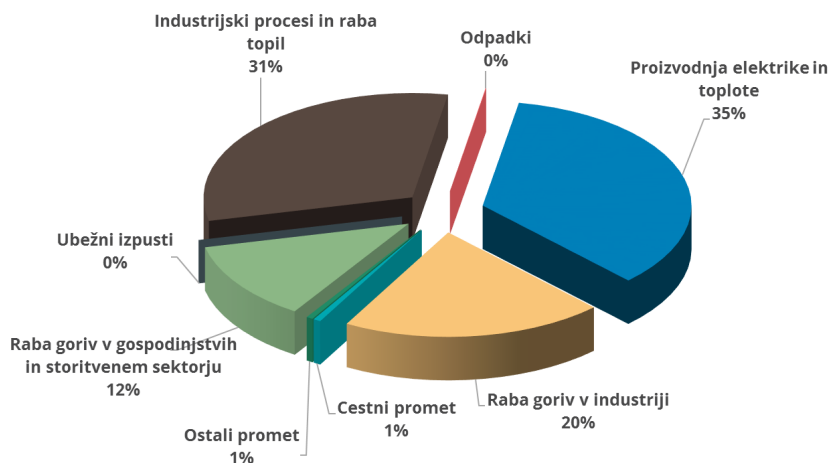
8.1 Izpusti

Največji viri žveplovih oksidov so proizvodnja električne in toplotne energije, raba goriv v industriji in industrijski procesi, v preteklosti pa tudi raba premoga za ogrevanje gospodinjstev. Letni izpusti SO_x v Sloveniji so leta 2016 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 2016 prispevale termoelektrarne in toplarne. Izpusti SO_x po posameznih virih so prikazani na sliki 8.1 in 8.2.

Slovenija izpolnjuje obveznosti iz Direktive (EU) 2016/2284 o zmanjšanju nacionalnih emisij za nekatera onesnaževala zraka (NEC Direktiva) [16] 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 2016 za 81 % 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 8.1: Izpusti SO_x v Sloveniji po letih in virih.



Slika 8.2: Izpusti SO_x v Sloveniji po virih v letu 2016.

8.2 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 8.1.

Tabela 8.1: 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		

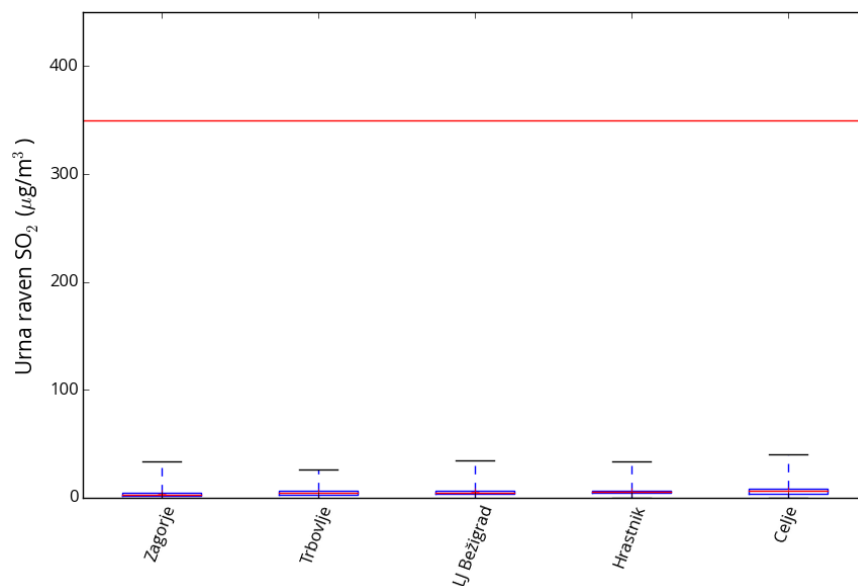
8.3 Ravni onesnaženosti

Povprečna raven SO₂ je že več let na vseh merilnih mestih precej pod mejno in kritično vrednostjo tako za varovanje zdravja kot tudi za varovanje rastlin. Na celotnem območju Slovenije so dnevne ravni celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Le na nekaj merilnih mestih je bilo zabeleženo posamično preseganje dnevne vrednosti, ki jo priporoča Svetovna zdravstvena organizacija. Mejna urna raven SO₂ v letu 2017 ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. So pa občasno še vedno izmerjene nekoliko višje urne ravni okrog termoelektrarne Šoštanj. Podatki so zbrani v tabelah 8.2 do 8.5.

Tabela 8.2: 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 (>MV) vrednosti ter število preseženih alarmnih vrednosti (>AV) in število preseženih dnevni WHO priporočil v letu 2017.

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	5	7	34	0	0	17	0	0
Celje	99	6	7	40	0	0	15	0	0
Trbovlje	99	5	7	26	0	0	14	0	0
Zagorje	99	3	5	34	0	0	21	0	1
Hrastnik	100	5	6	33	0	0	19	0	0
Iskrba	100	0,4	0,5	/	/	/	9,6	0	0
Dopolnilna merilna mreža									
OMS - MOL									
LJ Center	100	2	2	14	0	0	7	0	/
MO Celje									
GE Gaji	99	5	5	49	0	0	14	0	/
TE-TO Ljubljana									
Vnajnarje	96	6	6	64	0	0	31	0	/
TE Šoštanj									
Šoštanj	99	3	3	47	0	0	16	0	/
Topolšica	98	5	4	44	0	0	10	0	/
Zavodnje	98	3	3	103	0	0	22	0	/
Veliki vrh	99	4	3	273	0	0	37	0	/
Graška gora	98	7	5	60	0	0	19	0	/
Velenje	100	4	4	15	0	0	9	0	/
Pesje	100	7	7	39	0	0	13	0	/
Škale	98	8	7	47	0	0	17	0	/
TE Brestanica									
Sv. Mohor	99	4	4	42	0	0	22	0	/

Raven onesnaženosti zunanjega zraka z SO₂ se je od začetka meritev leta 1992 do leta 2017 močno znižala. Povprečna letna raven, najvišja dnevna raven in najvišja urna raven po letih za



Slika 8.3: Porazdelitev urne ravni SO₂ na merilnih mestih DMKZ v letu 2017. Prikazana je najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje urno mejno vrednost.

posamezna merilna mesta so podane v tabelah 8.6, 8.7 in 8.8. Znatno znižanje ravni (slika 8.4 in tabela 8.6) je posledica zmanjšanja izpustov (slika 8.1). 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 8.4). Konec leta 2014 je z obratovanjem prenehala Termoelektrarna Trbovlje, kar se pozna tudi pri maksimalnih izmerjenih ravneh. V maju 2017 so se zaključile meritve onesnaženosti zraka v okolici termoelektrarne Trbovlje.

Tabela 8.3: Povprečna mesečna raven SO₂ (μg/m³) v letu 2017.

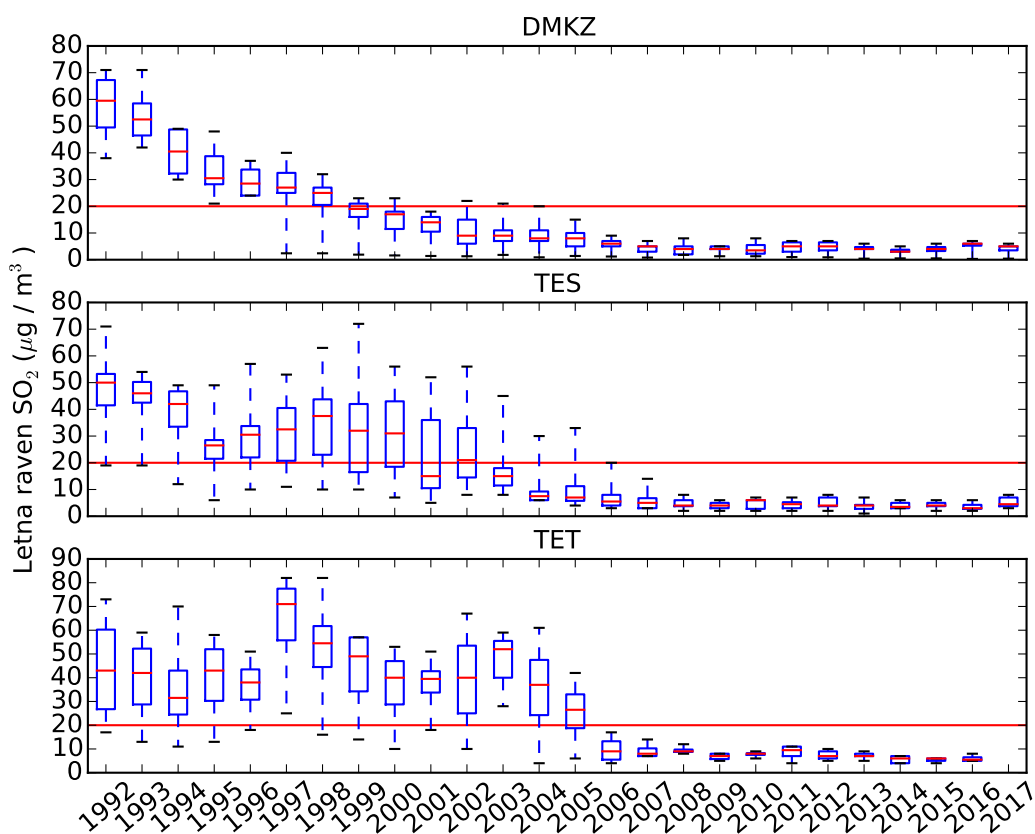
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	8	9	6	5	4	3	4	4	3	3	4	7
Celje	9	9	5	7	6	7	4	4	2	4	7	9
Trbovlje	5	11	8	4	3	2	2	3	4	4	6	5
Zagorje	8	5	3	4	3	3	3	3	3	1	1	2
Hrastnik	9	6	6	4	4	4	5	5	6	5	5	5
Iskrba	1,6	0,9	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1
Vnajnarje	9	7	7	8	6	2	5	4	6	7	6	5
Šoštanj	2	4	4	5	5	3	3	4	1	3	3	2
Topolšica	3	3	5	4	7	5	7	5	4	5	6	6
Zavodnje	3	2	5	6	3	3	2	3	2	3	4	3
Veliki vrh	4	2	5	6	4	6	4	4	3	5	4	6
Graška gora	6	8	6	8	8	7	8	9	6	5	5	6
Velenje	3	4	5	6	3	6	4	5	5	4	4	4
Pesje	9	7	8	8	6	6	6	8	8	7	6	5
Škale	10	8	5	9	7	8	6	8	6	7	8	9
Kovk	11	9	9	11	12	/	/	/	/	/	/	/
Dobovec	14	10	13	11	12	/	/	/	/	/	/	/
Kum	6	7	6	6	5	/	/	/	/	/	/	/
Ravenska vas	7	9	9	8	8	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	6	5	3	4	4	4	5	4	3	3	3	2
Lj Center	1	2	3	2	3	0	1	1	1	2	1	2
CE Gaji	7	6	4	4	4	2	2	3	4	6	9	11

Tabela 8.4: Najvišja urna raven SO₂ (μg/m³) po mesecih v letu 2017.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	34	23	25	21	12	12	14	9	17	26	27	18
Celje	35	25	24	20	22	29	23	14	18	40	25	30
Trbovlje	26	17	14	10	11	11	5	8	8	8	13	15
Zagorje	34	11	8	11	10	33	8	8	8	8	4	6
Hrastnik	33	17	12	9	9	6	7	9	10	15	8	13
Vnajnarje	45	64	22	16	18	10	9	12	18	17	21	46
Šoštanj	35	47	37	42	19	37	11	10	12	12	19	13
Topolšica	28	27	44	18	18	17	19	21	11	30	16	12
Zavodnje	65	32	57	16	18	21	35	24	18	103	32	24
Veliki vrh	224	43	50	62	61	273	76	27	6	189	73	39
Graška gora	60	32	28	46	19	16	26	27	23	27	15	21
Velenje	11	8	10	10	11	11	14	15	9	10	10	11
Pesje	24	14	20	18	11	20	14	39	20	17	30	10
Škale	47	23	19	24	16	20	35	40	16	32	25	22
Kovk	48	28	17	17	22	/	/	/	/	/	/	/
Dobovec	72	18	22	21	21	/	/	/	/	/	/	/
Kum	47	26	25	20	21	/	/	/	/	/	/	/
Ravenska vas	29	14	17	18	14	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	42	25	6	8	12	9	10	9	9	11	8	5
LJ Center	8	10	14	6	13	5	6	5	4	4	5	6
CE Gaji	24	19	28	15	42	34	17	26	28	49	33	34

Tabela 8.5: Najvišja dnevna raven SO₂ (µg/m³) po mesecih v letu 2017.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	17	11	9	10	8	5	5	5	5	5	8	9
Celje	15	13	7	10	9	11	6	5	5	8	11	14
Trbovlje	12	14	11	8	6	3	5	6	8	6	10	10
Zagorje	21	8	4	6	4	5	6	7	7	4	2	3
Hrastnik	19	11	9	5	5	5	6	7	7	8	6	7
Iskrba	9,6	4,2	1,5	1,3	0,9	1,4	2,8	1,4	1,0	1,0	0,9	1,1
Vnajnarje	31	11	9	9	11	5	7	7	9	10	9	10
Šoštanj	9	16	11	15	8	7	5	4	3	4	7	5
Topolšica	7	5	7	9	10	10	9	7	8	8	9	9
Zavodnje	22	8	10	8	5	7	6	11	4	13	7	9
Veliki vrh	21	10	16	10	11	37	12	8	5	12	12	11
Graška gora	19	16	11	13	14	14	12	15	13	12	9	12
Velenje	5	6	7	8	9	8	9	7	7	6	6	7
Pesje	12	10	12	11	9	11	10	13	10	11	11	8
Škale	16	13	8	12	10	12	11	14	12	17	13	16
Kovk	33	16	12	14	16	/	/	/	/	/	/	/
Dobovec	29	16	18	19	17	/	/	/	/	/	/	/
Kum	15	17	14	13	9	/	/	/	/	/	/	/
Ravenska vas	13	12	16	13	12	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	22	13	4	5	6	5	7	5	5	4	4	4
LJ Center	3	6	3	4	7	1	2	2	3	2	2	4
CE Gaji	11	12	6	5	7	4	5	5	6	10	14	14



Slika 8.4: Porazdelitev povprečne letne ravni SO₂ na merilnih mestih DMKZ in merilnih mestih v okolici TEŠ in TET za posamezna leta. Prikazana je najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje letno kritično vrednost.

Tabela 8.6: Povprečne letne ravni SO₂ (µg/m³) za obdobje 1992 – 2017. Ravni, ki presegajo kritično vrednost za zaščito vegetacije, so napisane v krepki pisavi.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
LJ Figovec	51	39	27	23	25	24	22	15	10	9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
LJ Bežigrad	38	45	33	21	33	34	27	15	10	11	9	11	8	5	4	3	2	4	2	4	2	4	3	4	3	4	6	5
LJ Center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	5	4	4	2	2	2	2	2	2	
Maribor	47	42	30	28	24	23	18	17	13	10	8	9	8	8	5	3	2	5	5	5	6	7	4	3	5	6	6	
Celje	57	54	49	32	24	27	23	19	17	15	10	10	11	9	7	5	5	6	6	7	7	4	3	5	6	6	6	
Tibovlje	69	71	49	48	37	40	32	23	18	14	15	16	9	15	7	3	2	5	3	7	7	4	4	6	7	5	5	
Hrastnik	62	51	32	29	24	27	25	21	23	17	22	8	15	10	9	6	5	4	4	5	5	6	3	4	6	5	5	
Zagorje	71	60	48	41	34	31	27	21	18	18	16	21	20	12	6	5	4	/	8	7	3	5	5	3	5	3	3	
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	7	7	7	7	7	8	4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
MŠ Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	5	5	5	6	5	6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Iskuba	/	/	/	/	/	2,4	2,4	1,9	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	0,3	0,4	
Šoštanj	49	48	38	29	34	29	44	42	52	51	43	24	13	11	8	9	6	4	7	5	7	4	5	4	2	3	3	
Topolišča	54	51	32	20	20	18	20	17	18	11	15	16	6	5	4	3	2	3	3	3	3	2	3	3	5	3	5	
Veliki vrh	71	54	49	49	57	53	63	72	56	52	56	45	30	33	20	14	8	5	6	6	7	4	4	4	3	4	3	
Zavodnje	51	44	46	26	33	42	43	42	31	21	23	15	8	12	8	6	3	6	6	4	4	5	3	2	2	3	4	
Velenje	19	19	12	6	10	11	10	10	7	5	8	8	6	4	5	3	4	2	2	3	4	1	3	3	3	3	4	
Graška gora	39	42	47	27	28	36	32	32	34	15	21	10	6	6	6	5	4	3	2	2	2	2	3	3	4	4	7	
Pesje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15	7	6	4	5	6	4	6	5	4	4	4	5	6	6	7	
Skale	/	/	/	/	/	/	/	16	19	10	14	12	8	8	3	3	4	5	6	7	8	7	6	5	5	8		
Kovk	73	59	70	58	35	76	55	57	53	40	10	52	61	30	12	9	12	8	8	11	10	8	7	6	5	5	5	
Dobovec	30	50	29	36	41	66	54	41	35	39	40	28	31	23	6	7	8	6	6	8	7	7	6	6	8	8	8	
Kum	17	13	11	13	18	25	16	14	10	18	/	/	4	6	4	7	9	5	8	4	6	5	4	4	5	5	5	
Ravenska vas	56	34	34	50	51	82	82	57	45	51	67	59	43	42	17	14	9	8	9	11	9	9	7	6	6	6	6	
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	7	4	5	5	5	
Vnajarje	/	/	/	/	19	19	18	14	6	7	8	10	8	4	4	4	3	3	3	3	3	3	6	4	3	6	6	
CE Gaji	/	/	/	26	24	28	27	22	20	6	8	5	3	1	1	1	1	1	1	1	1	6	5	5	4	5	5	
EIS Krško	/	/	/	/	/	51	42	33	51	46	46	55	37	36	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Sv. Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	12	12	12	14	14	12	15	3	4	4	4	4	5	3	4	

Tabela 8.7: Najvišje urne ravni SO₂ (µg/m³) za obdobje 1992 – 2017. Ravni, ki presegajo mejno vrednost so napisane v krepki pisavi.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
LJ Figovec	1328	1194	744	718	1009	919	796	520	128	468	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
LJ Bežigrad	1257	1380	532	843	1198	1593	936	786	184	273	157	202	129	94	81	46	58	93	29	77	48	41	45	26	29	34	
LJ center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Marhor	928	396	304	286	223	211	161	157	117	180	89	70	64	58	60	21	32	35	64	210	89	43	41	36	36	40	
Celje	719	797	733	993	263	975	623	228	379	666	224	619	396	157	90	76	82	37	64	210	89	43	41	36	36	40	
Trbovlje	1456	943	765	797	785	1806	693	849	634	552	811	758	521	848	379	264	65	76	52	90	87	40	44	22	23	26	
Hrastnik	1430	638	663	844	1162	1930	978	963	720	731	2168	507	1799	549	134	260	81	52	46	228	103	44	69	16	39	33	
Zagorje	1701	1000	716	606	605	914	1092	952	653	1111	788	693	1165	954	183	83	112	57	57	37	75	31	44	23	15	34	
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	64	131	89	98	80	64	35	52	/	/	/	/	/	/	/	/	
MS Rakčican	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	58	55	45	53	54	64	49	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Šoštani	2383	2272	2739	1945	1412	1536	1495	2466	2855	2099	2000	1392	937	642	1028	643	360	342	1357	124	485	216	333	396	75	47	
Topolištica	2021	2265	1482	878	1107	1050	1245	1345	987	835	1350	812	291	284	288	144	211	118	52	130	92	92	90	52	35	44	
Veliki vrh	1052	988	1142	1493	1543	1720	1530	2257	1678	1569	1450	1320	1329	1110	771	535	561	344	269	636	887	415	301	143	148	237	
Zavodnje	1364	3272	2265	1242	1131	2154	2255	1963	1187	954	1536	947	680	1106	731	252	164	577	98	433	150	388	96	274	86	103	
Valenje	735	1169	764	261	578	672	1316	709	563	187	725	361	164	210	86	87	151	37	110	89	93	60	19	140	24	15	
Graška gora	1791	1904	2313	990	1270	1579	1076	1844	1505	990	1024	824	463	497	175	509	242	345	106	148	107	53	76	57	127	60	
Pesje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	495	198	256	162	118	192	51	81	81	75	96	75	184	63	39	
Skale	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	522	396	220	262	184	100	161	104	81	190	131	67	75	230	61	47	
Kovk	2084	1309	1917	1630	1622	3000	1916	2167	1237	1451	702	1806	1514	1063	511	958	312	389	159	201	564	681	286	28	65	/	
Dobovec	2507	3613	2429	4308	6021	6072	4548	3761	4073	3978	4043	2910	4056	1662	2290	2088	299	456	209	1036	200	343	277	26	23	/	
Kum	530	539	776	2324	1114	3640	1344	2020	1131	685		1210	1203	11	125	89	60	99	66	192	115	48	39	94	/	/	
Ravenska vas	1412	869	1103	1111	1078	2578	1846	1021	1471	1397	2093	1378	1779	3275	590	220	437	352	560	528	254	157	75	27	21	/	
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Vnanarje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	374	248	232	327	212	115	115	52		45	85	75	63	101	47	58	
CE Gaji	/	/	/	873	283	947	603	339	356	355		289	74	222	67	/	/	/	/	/	/	55	474	37	136	49	
EIS Kiško	/	/	/	/	/	2687	1012	732	868	1473	1404	1427	877	836	1108	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Sv. Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1385	416	455	74			82	66*	59	37	46	52	35	58	

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

Tabela 8.8: Najvišje dnevne ravni SO₂ (µg/m³) za obdobje 1992 – 2017. Ravni, ki presegajo mejno vrednost, so napisane v krepki pisavi.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
LJ Figovec	/	/	/	/	115	95	119	144	90	56	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
LJ Bežigrad	239	312	123	152	128	174	163	163	94	67	35	38	59	38	41	14	14	36	33	33	19	25	13	19	14	21	17
LJ center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	33	14	14	20	6	11	11	6	7	
Maribor	221	220	121	119	122	91	69	82	75	36	37	35	22	31	24	11	22	28	12	19	27	/	/	/	/	/	
Celje	308	387	212	237	99	275	117	106	165	102	111	72	100	44	35	15	20	22	26	22	34	15	23	12	15	15	
Tribovlje	365	425	235	286	179	536	136	342	134	246	328	100	84	129	43	23	19	19	18	29	35*	15	16	16	19	14	
Hrastnik	342	393	170	218	183	523	123	383	133	184	235	93	625	86	44	30	23	25	21	39	27	19	23	12	11	19	
Zagorje	311	396	280	249	250	115	171	398	157	391	315	136	561	158	47	19	14	29	37	26	13	21	9	12	21		
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	
Šoštarij	516	441	550	381	471	281	366	453	560	526	553	288	165	116	308	78	54	33	85	28	44	41	25	33	16	16	
Topoliščica	562	313	293	132	164	149	184	184	255	85	254	82	102	42	29	22	26	19	10	13	12	12	15	17	9	10	
Veliki vrh	673	355	268	353	446	368	472	556	383	269	344	413	263	191	106	72	101	42	28	42	51	37	29	25	23	37	
Zavodnje	394	429	686	224	326	497	401	1046	344	140	442	182	72	221	85	49	40	69	22	32	18	51	14	22	15	22	
Velenje	278	182	135	74	91	127	113	212	60	54	57	66	64	27	24	26	22	10	14	15	13	5	9	14	12	9	
Graška gora	383	357	412	240	177	366	268	300	343	126	196	88	99	59	55	72	30	27	17	19	15	14	13	15	16	19	
Pesje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	82	55	31	32	29	31	14	25	19	24	18	17	34	15	13	
Skale	/	/	/	/	/	/	274	293	139	68	131	75	55	66	41	33	19	23	25	24	29	25	19	28	14	17	
Kovk	364	347	462	417	514	1067	375	816	360	293	258	383	844	219	88	65	38	36	29	56	52	65	23	15	15	/	
Dobovec	432	607	264	460	967	1916	648	998	841	1516	695	332	837	346	196	127	41	102	35	110	36	58	32	17	16	/	
Kum	288	89	78	213	200	287	103	193	165	229	/	/	78	101	6	25	41	30	37	18	30	19	14	24	28	/	
Ravenska vas	279	151	271	247	383	813	377	860	353	601	580	325	824	490	120	55	67	42	38	72	38	30	25	19	17	/	
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	28	26	31	12	/	/	
Vnjanjarje	/	97	92	121	131	89	126	99	49	56	53	51	83	57	42	42	22	/	20	28	16*	16	21	14	12	31	
OE Gaji	/	/	/	231	88	247	130	121	120	40	38	41	45	28	20	/	/	/	/	/	/	20	30	11	12	14	
EIS Krško	/	/	/	/	/	419	363	142	317	240	285	356	347	276	280	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Sv. Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	114	41	90	49*	/	36	41*	31	28	14	29	15	17	22	

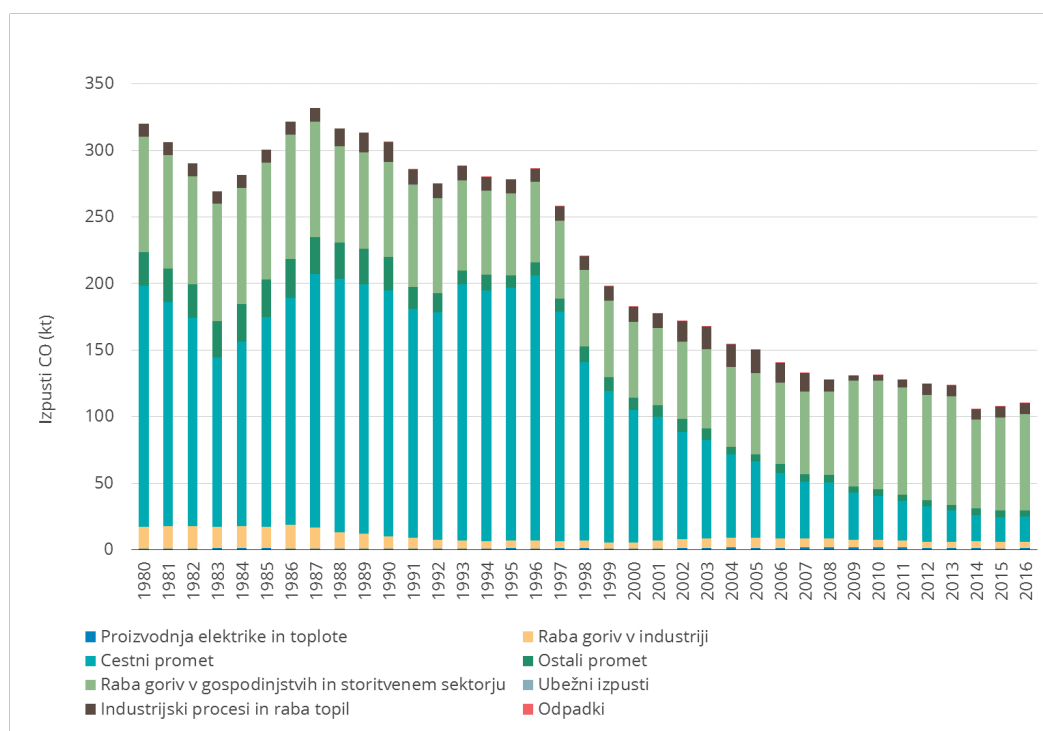
* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

9. Ogljikov monoksid

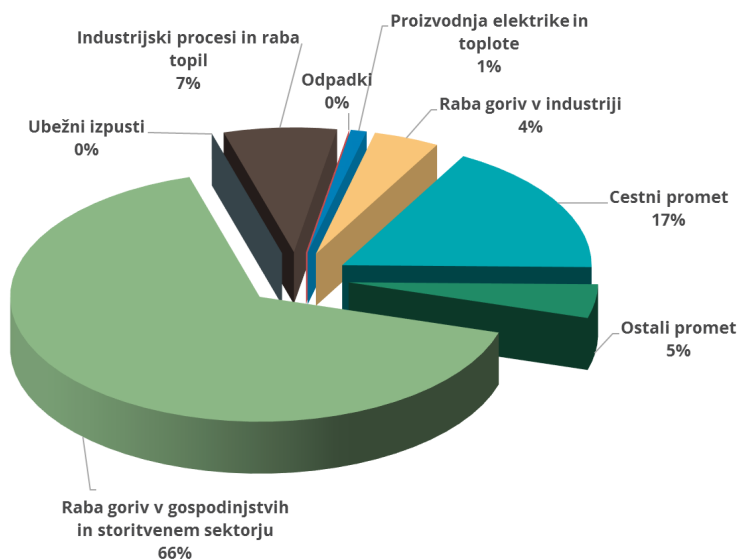
Ogljikov monoksid je onesnaževalo, ki nastaja zaradi nepopolnega zgorevanja v kuriščih in motorjih z notranjim zgorevanjem ter pri tehnoloških procesih v industriji. Raven onesnaženosti zunanjega zraka z ogljikovim monoksidom je na merilnih mestih DMKZ že nekaj let pod spodnjim ocenjevalnim pragom (8-urne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

9.1 Izpusti

Letni izpusti CO v Sloveniji so leta 2016 znašali 110 tisoč ton. V obdobju 1980–2016 so se zmanjšali za 66 % (slika 9.1). Največji, več kot dvotretjinski delež k skupnim izpustom CO, je v letu 2016 prispevala raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju (slika 9.2). V preteklosti je večinski delež izpustov CO izhajal iz prometa. Z napredkom tehnologije bencinskih motorjev in uvedbo katalizatorjev pa glavni delež prispevajo mala kurišča, predvsem zaradi uporabe trdnih goriv v zastarelih kotlih in pečeh.



Slika 9.1: Letni izpusti ogljikovega monoksida po sektorjih v Sloveniji.



Slika 9.2: Izpusti ogljikovega monoksida po sektorjih v Sloveniji v letu 2017.

9.2 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 9.1.

Tabela 9.1: Mejna vrednost za ogljikov monoksid ter WHO smernice.

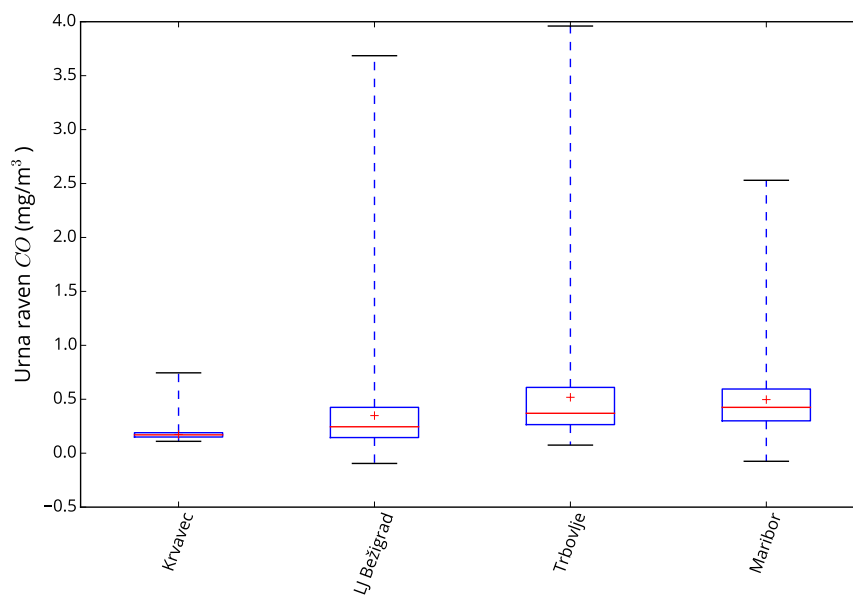
Cilj	Čas merjenja	Vrednost	WHO
Mejna vrednost	Zdravje	maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost	10 mg/m ³
		1 ura	30 mg/m ³

9.3 Ravni onesnaženosti

Ravni ogljikovega monoksida so na območju večine ozemlja Slovenije zelo nizke, zato ga merimo le na štirih merilnih mestih. Za ogljikov monoksid je predpisana 8-urna mejna vrednost. V letu 2017 so bile ravni onesnaženosti na vseh merilnih mestih precej pod mejno vrednostjo (tabela 9.2). 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 9.2: 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 2017.

	Leto		8 ur		1 ura
	% pod	C_p	C_{max}	MV	WHO
LJ Bežigrad	96	0.3	3.1	0	0
Maribor	97	0.5	2.1	0	0
Trbovlje	98	0.5	2.9	0	0
Krvavec	99	0.2	0.4	0	0



Slika 9.3: Porazdelitev urne ravni CO na merilnih mestih DMKZ v letu 2017. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. S + je označena povprečna letna raven.

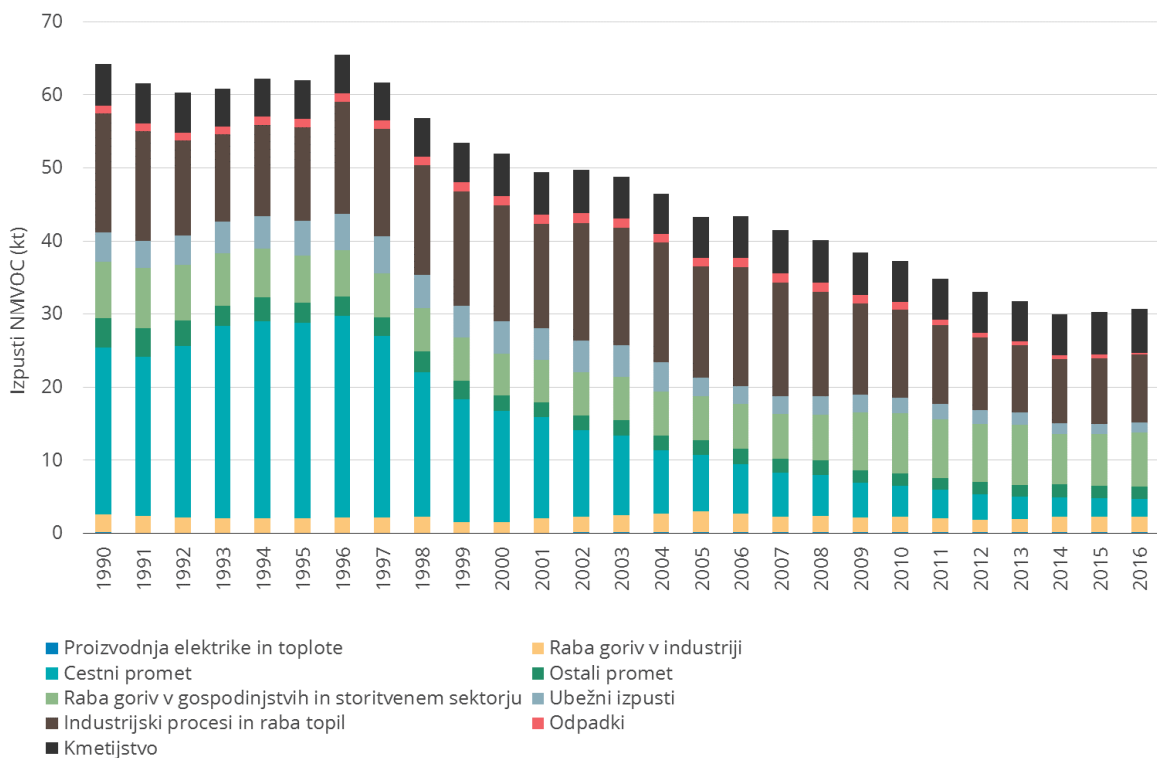
10. Benzen

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.

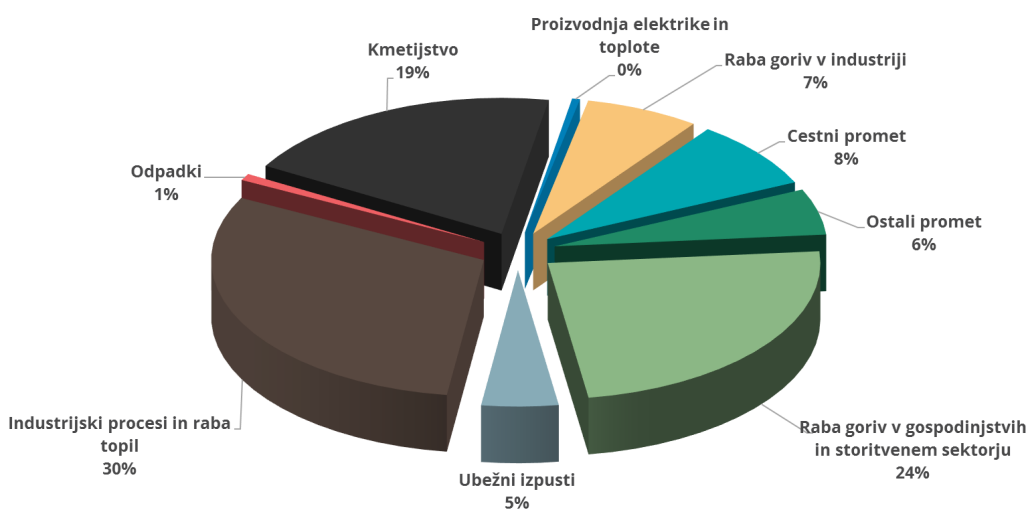
Benzen je dokaj stabilna spojina, ki lahko v ozračju ostane več dni in se zato lahko prenaša na daljše razdalje. V tem času se iz ozračja izloča s pomočjo fotokemičnih reakcij, ki vodijo do tvorbe ozona. Glavni vir izpustov benzena je promet. Benzen se namreč uporablja kot ena izmed sestavin bencina. 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.

10.1 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 motornega 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 10.1 in 10.2.



Slika 10.1: Letni izpusti nemetanskih lahko-hlapnih ogljikovodikov po sektorjih v Sloveniji.



Slika 10.2: Izpusti nemetanskih lahko-hlapnih ogljikovodikov po sektorjih v Sloveniji v letu 2016.

10.2 Zahteve za kakovost zraka

Mejna vrednosti za benzen je predpisana v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [6]. Prikazana je v tabeli 10.1.

Tabela 10.1: Mejna vrednost za benzen.

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

10.3 Ravni onesnaženosti

Ravni benzena v okviru merilne mreže DMKZ stalno merimo na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad in Maribor Center. Raven onesnaženosti benzena ocenimo s primerjavo izmerjenih in predpisanih vrednosti. Izmerjene ravni so prikazane v tabeli 10.2. V letu 2017 dodajamo še rezultate iz dopolnilne merilne mreže in sicer iz prometnega merilnega mesta v Ljubljani Center.

V letu 2017 smo imeli veliko težav z merilnikom benzena na merilnem mestu Ljubljana Bežigrad. Merilnik je bil dve tretjini leta v okvari zato v tabeli 10.2 povprečne letne vrednosti niso podane. Na sliki 10.4 so prikazani rezultati meritev benzena za mesece, ko je merilnik deloval.

Povprečna letna vrednost benzena je bila v Mariboru v letu 2017 tako kot že vsa leta prej pod mejno vrednostjo. Povprečna raven benzena je v letu 2017 bistveno nižja kot leta 2016. Razlog je v ugodnih meteoroloških razmerah (boljša prevetrenost, manj temperaturnih obratov, ...) ki so prevladovali meseca novembra in decembra, ko so praviloma ravni benzena najvišje.

Prometno merilno mesto Ljubljana Center je zelo obremenjeno z izpusti iz prometa, zato je tu pričakovati višje ravni benzena kot na lokacijah mestno ozadje. Povprečna letna vrednost benzena v letu 2017 je na tem merilnem mestu znašala 3.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kar je še zmeraj manj od standardov kakovosti, ki jih predpisuje zakonodaja.

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 (slika 10.4). Pri dnevnem hodu opazimo rahlo višje ravni benzena v času jutranje prometne konice in zvečer (slika 10.3).

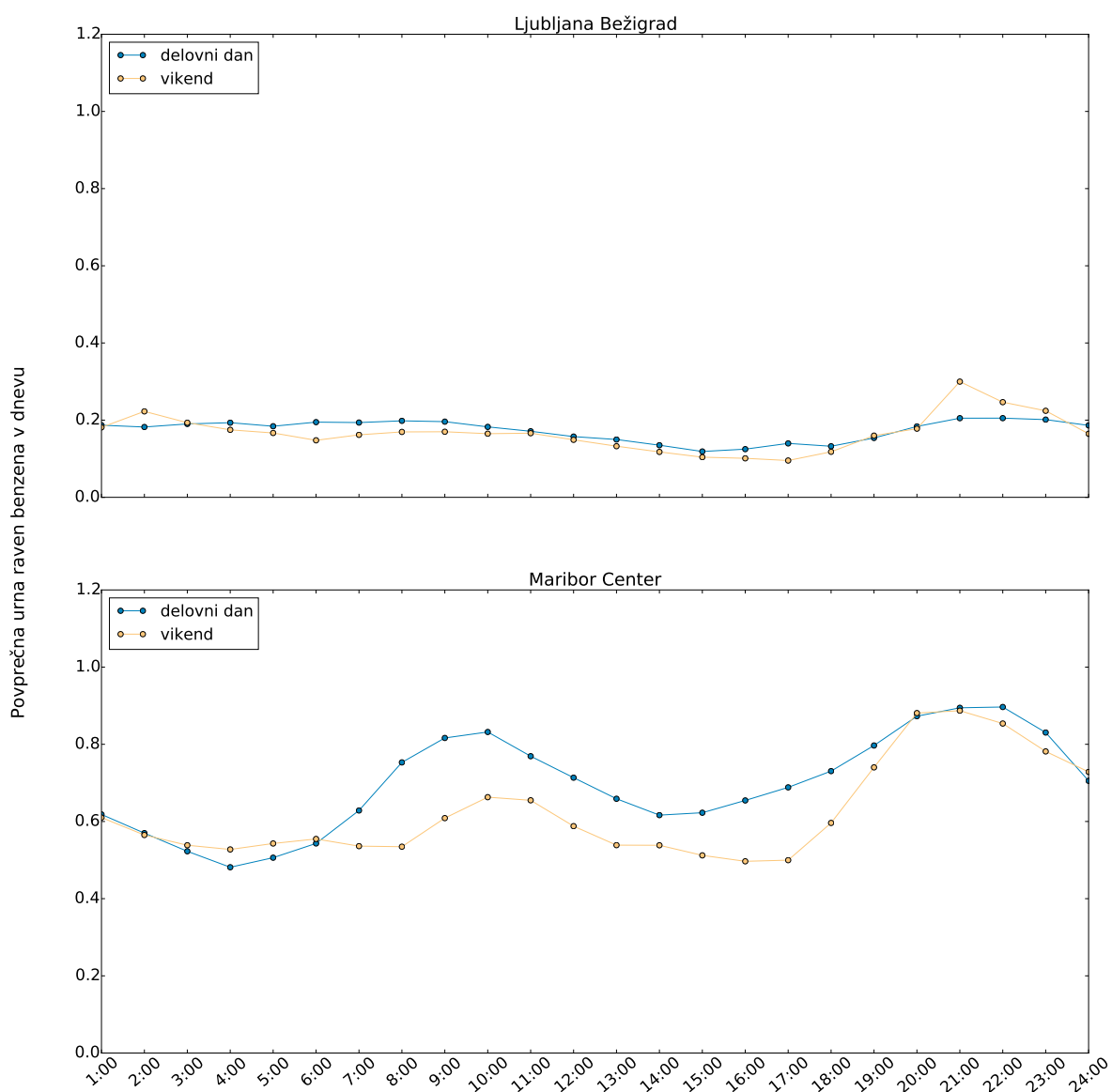
Tabela 10.3 in slika 10.5 prikazujeta primerjavo ravni benzena po letih. V Ljubljani je bilo v vseh letih več kot polovica izmerjenih urnih vrednosti celo pod 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, v Mariboru pa so vrednosti malenkost višje. Po letu 2009 je v Mariboru zaznati padec ravni benzena. V tem letu na tem merilnem mestu ni bilo meritev benzena januarja in februarja, ko so ravni benzena najvišje. Poleg tega se je v tem letu znatno zmanjšal promet v neposredni okolici merilnega mesta in rezultat je veliko znižanje ravni benzena.

Tabela 10.2: Razpoložljivost urnih podatkov (% pod.) in povprečne letne ravni (C_p) benzena v $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

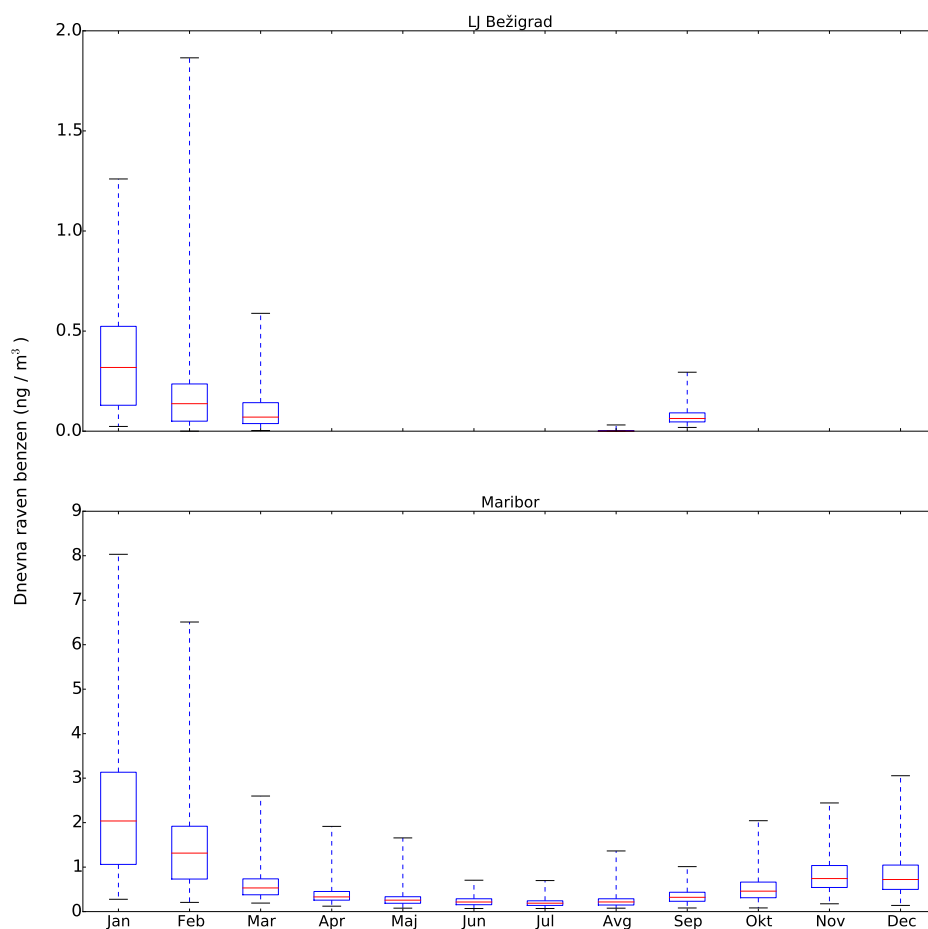
	% pod.	C_p
LJ Bežigrad	33	/
Maribor	98	0.7
LJ Center	95	3.0

Tabela 10.3: Povprečne letne ravni benzena na različnih postajah po letih v $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

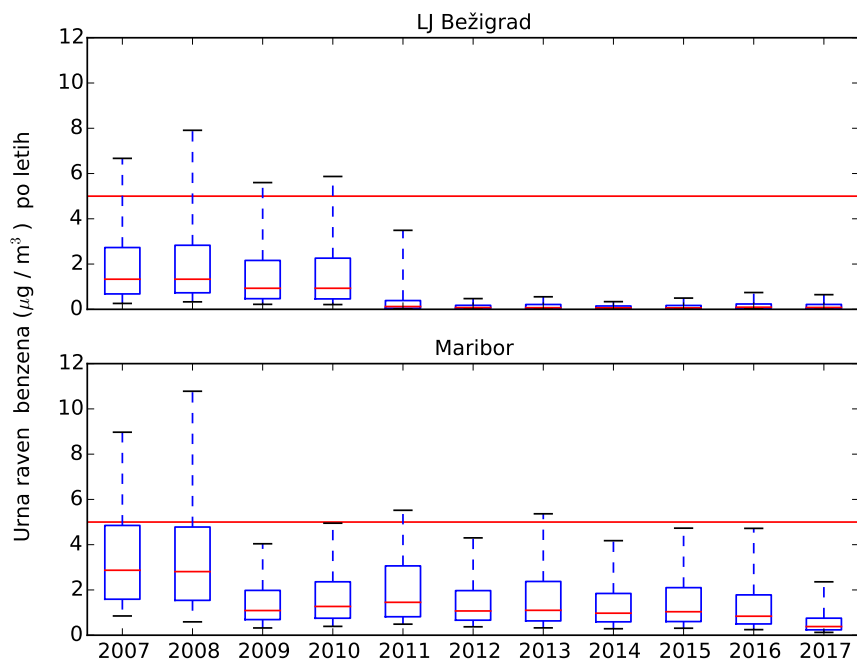
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
LJ Bežigrad	2.1	2.4	1.7	1.8	1.8	1.4	1.6	1.0	1.3	1.9	/
Maribor	3.6	3.8	1.5	1.8	2.1	1.6	1.8	1.5	1.6	1.4	0.7



Slika 10.3: Urni potek ravni benzena v letu 2017 na postajah Ljubljana Bežigrad in Maribor.



Slika 10.4: Porazdelitev urnih vrednosti po mesecih v letu 2017. Prikazani so 5. in 95. percentil, oba kvartila in mediana.



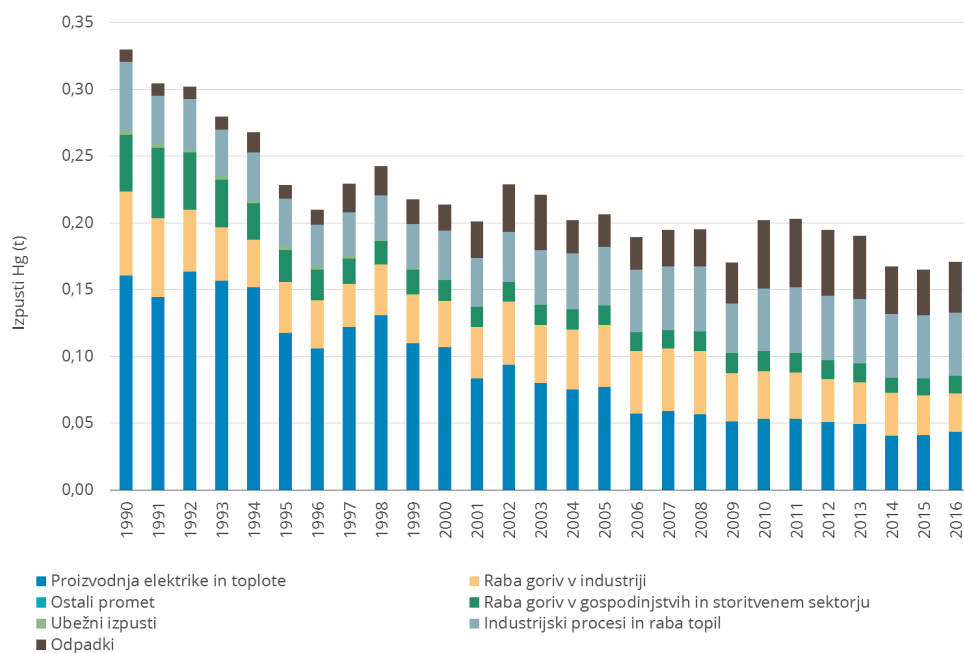
Slika 10.5: Porazdelitev urnih ravni benzena po letih na postajah Ljubljana Bežigrad in Maribor. Prikazani so 5. in 95. percentil, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.

11. Živo srebro v zraku

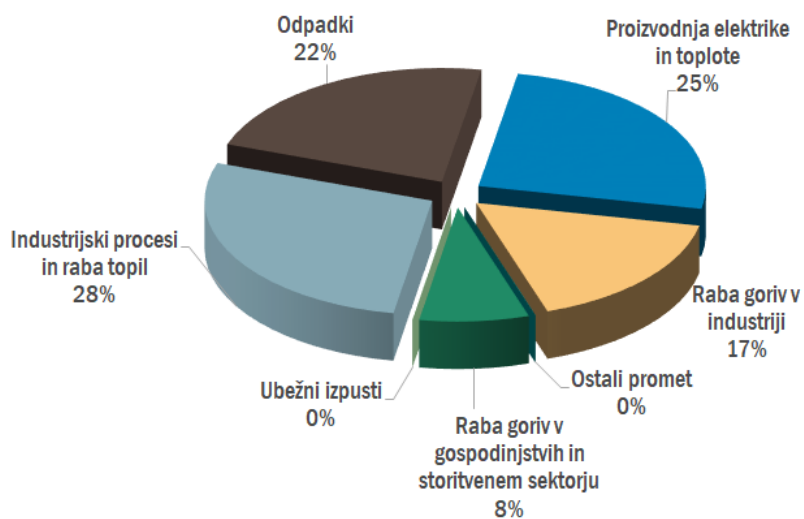
Največji izpusti živega srebra so posledica zgorevanja premoga in ostalih fosilnih goriv, proizvodnje cementa, sežiganja odpadkov, pridobivanja zlata ter izpustov iz kovinske industrije. Živo srebro negativno vpliva na jetra, ledvice ter prebavni in respiratorni sistem. Povzročila lahko tudi okvaro živčevja.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

11.1 Izpusti

Letni izpusti živega srebra (Hg) so v Sloveniji leta 2016 znašali 0,2 tone. V primerjavi z letom 1990 so se zmanjšali za 48 %. Največji delež k skupnim državnim izpustom živega srebra je v letu 2015 prispevala proizvodnja elektrike in toplote (28 %). 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 11.1 in 11.2



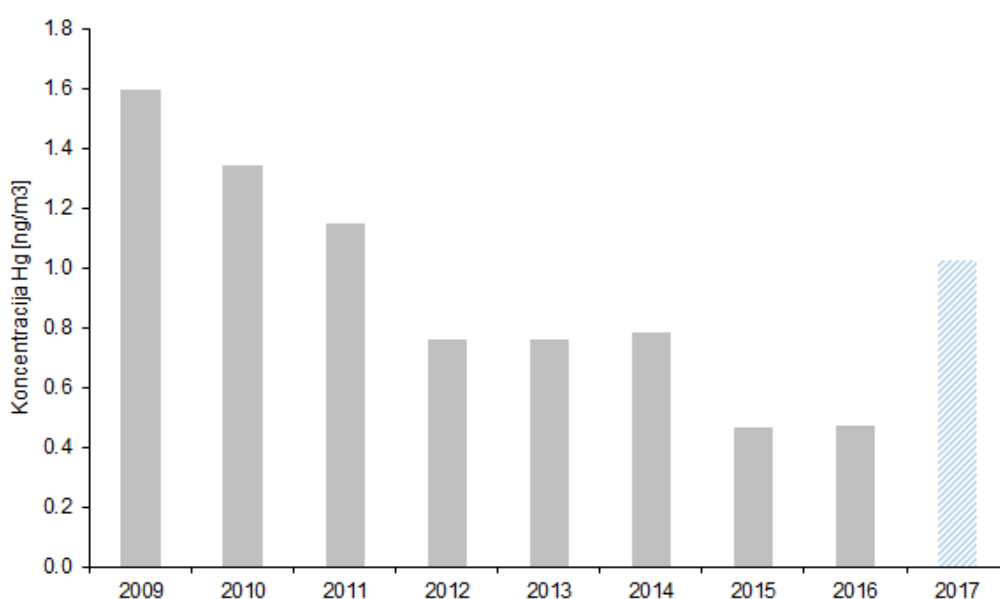
Slika 11.1: Letni izpusti Hg po sektorjih v Sloveniji.



Slika 11.2: Viri izpustov živega srebra v Sloveniji za leto 2016.

11.2 Ravni onesnaženosti

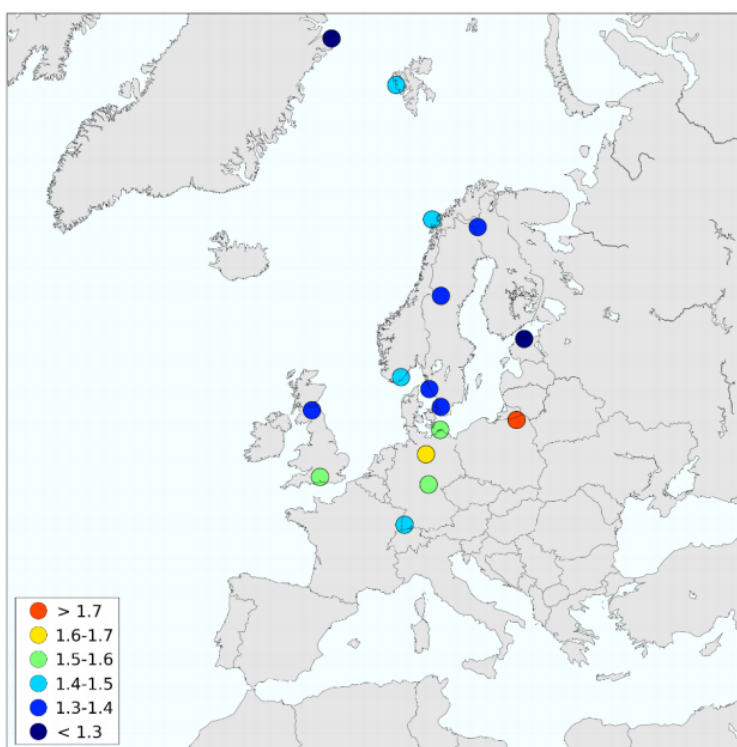
Meritve koncentracij celotnega živega srebra v zraku izvajamo le na merilnem mestu Iskrba. Z meritvami smo skladno z Uredbo o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku pričeli v letu 2008. Zaradi velikih težav z lastnim merilnikom, smo v letu 2017 za izvajanje le-teh najeli inštrument Inštituta Jožef Stefan z drugačno merilno tehniko. Hkrati smo prešli na tako imenovan indikativni režim meritev, s katerim smo zagotovili vsaj kot 14 odstotno zahtevano pokritost z meritvami na letnem nivoju. Povprečna koncentracija Hg v zraku v letu 2017, izmerjena s tem inštrumentom znaša 1,0 ng/m³. Ker so bile z drugo tehniko, jih na sliki podajamo v drugačni, modri barvi. Pokritost z meritvami na letnem nivoju v letu 2017 ne dosega 75 odstotkov, zato te podatke podajamo zgolj kot informativne vrednosti.



Slika 11.3: Porazdelitev dnevne ravni Hg na Iskrbi po letih.

11.3 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Ravni Hg v zraku, ki smo jih poročali na EMEP in EAA za merilno mesto Iskrba so med najnižjimi v Evropi, s povprečno letno vrednostjo nižjo od 1,0 ng/m³ [17].



Slika 11.4: Geografska porazdelitev Hg v zraku v Evropi v letu 2016 [18].

12. 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 [19].

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].

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

12.1.1 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 [20]. 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.

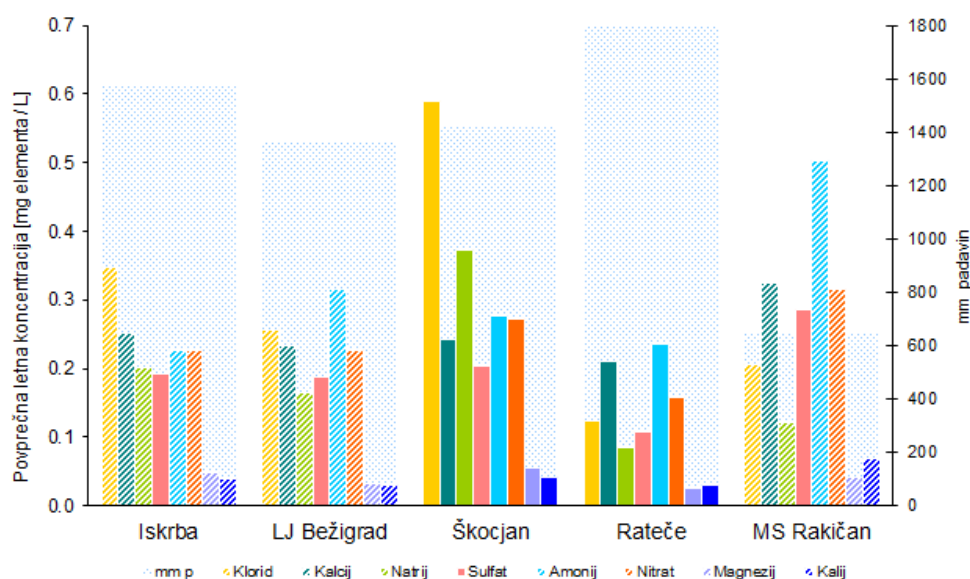
Na merilnem mestu Rateče, je v letu 2009 zaradi okvare vzorčevalnika prišlo do izpada večje količine padavin, zato rezultate teh meritev podajamo zgolj informativno. Zaradi gradnje prizidka na merilnem mestu LJ Bežigrad je v letu 2013 vzorčenje potekalo le do konca meseca oktobra zato rezultate meritev 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. Informativne vrednosti v slikah so prikazane z drugačnim vzorcem.

Povprečne letne vrednosti pH, električne prevodnosti in koncentracije posameznih ionov v padavinah so podane v tabeli 12.1. Iz slike 12.1 je razvidno, da so koncentracije posameznih ionov v padavinah po posameznih merilnih mestih na približno enakem nivoju. Koncentracije natrijevih (Na^+) in kloridnih (Cl^-) so bile zaradi najmanjše oddaljenosti od morja najvišje na merilnem mestu Škocjan najnižje pa na merilnem mestu Rateče. Koncentracije amonija, kalcija in kalija pa so bile najvišje na merilnem mestu MS Rakičan.

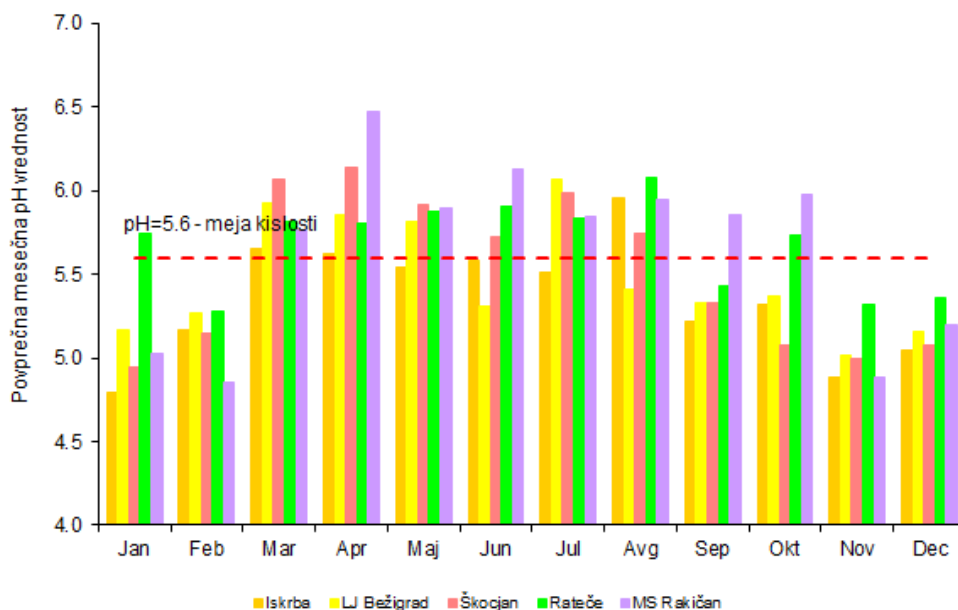
Tabela 12.1: Srednja vrednost (C_p), minimum (C_{min}) in maksimum (C_{max}) pH, električna prevodnost pri 25 °C (el. prev.) ($\mu\text{S}/\text{cm}$) in koncentracije elementov v padavinah (mg/L) na vzorčevalnih mestih DMKP v letu 2017.

		pH	El. prev.	NH_4^+	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
Iskrba	C_p	5,16	8	0,292	1,00	0,574	0,379	0,203	0,042	0,235	0,050
	C_{min}	4,11	2	0,010	0,129	0,015	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	6,56	40	7,23	29,8	29,5	7,98	6,25	0,819	5,51	1,99
LJ Bežigrad	C_p	5,29	8,01	0,407	0,998	0,559	0,256	0,234	0,033	0,164	0,030
	C_{min}	4,47	1,82	0,040	0,097	0,014	0,020	0,008	0,003	0,008	0,005
	C_{max}	6,83	67,3	3,25	7,51	3,70	9,88	2,83	0,696	5,91	0,441
Škocjan	C_p	5,24	9,6	0,356	1,208	0,613	0,590	0,242	0,055	0,373	0,042
	C_{min}	4,71	3,05	0,034	0,246	0,087	0,041	0,031	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	7,11	37,7	2,49	5,21	1,89	3,50	3,57	0,290	2,00	0,198
Rateče	C_p	5,60	5,51	0,317	0,726	0,350	0,124	0,211	0,025	0,084	0,030
	C_{min}	4,79	2,10	0,055	0,207	0,015	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	6,62	16,8	2,86	6,24	3,99	0,731	1,64	0,332	0,435	0,390
MS Rakičan	C_p	5,48	9,7	0,0649	1,39	0,856	0,207	0,325	0,042	0,121	0,068
	C_{min}	4,59	4,20	0,010	0,555	0,037	0,026	0,032	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	6,82	39,4	3,86	7,40	4,24	2,80	1,99	0,174	1,29	0,278



Slika 12.1: Povprečna letna koncentracija posameznih ionov v padavinah v letu 2017.

Na vseh merilnih mestih so bile kot navadno tudi v letu 2017 padavine bolj kisle v hladnem obdobju leta (slika 12.2), kar povezujemo z emisijami kislih onesnaževal v času kurjenja.



Slika 12.2: Povprečne mesečne pH vrednosti padavin v letu 2017.

Porazdelitev mokrih depozicij ionov, ki najbolj vplivajo na zakisljevanje in eutrofikacijo po mesecih je prikazana na slikah od 12.3 do 12.5. Moke depozicije amonijevih ionov so bile podobno kot v preteklih letih tudi v letu 2017 višje v času med aprilom in septembrom, kar povezujemo predvsem s povečanimi aktivnostmi v kmetijstvu. Podobno kot mokre depozicije sulfatnih ionov, so bile tudi mokre depozicije nitratnih ionov v letu 2017 izrazito povezane s količino padavin in so bile praviloma višje v mesecih z večjo količino padavin, najvišje vrednosti pa so bile največkrat na merilnem mestu Škocjan.

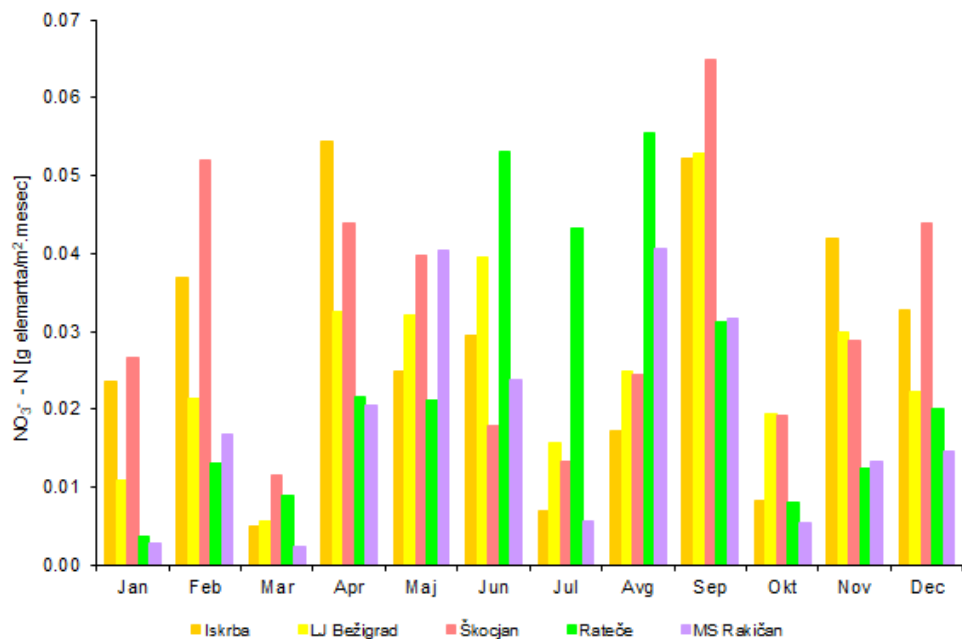
12.1.2 Letna raven vrednosti pH, električne prevodnosti in onesnaženosti padavin z nekaterimi anorganskimi ioni

Na sliki 12.6 je prikazana povprečna letna pH vrednosti padavin od leta 2003 dalje. V letu 2017 so bile podobno kot v preteklih letih najmanj kisle (najvišja pH vrednost) padavine z merilnih mest Rateče in MS Rakičan, bolj kisle pa so bile padavine z merilnih mest LJ Bežigrad, Škocjan in Iskrba.

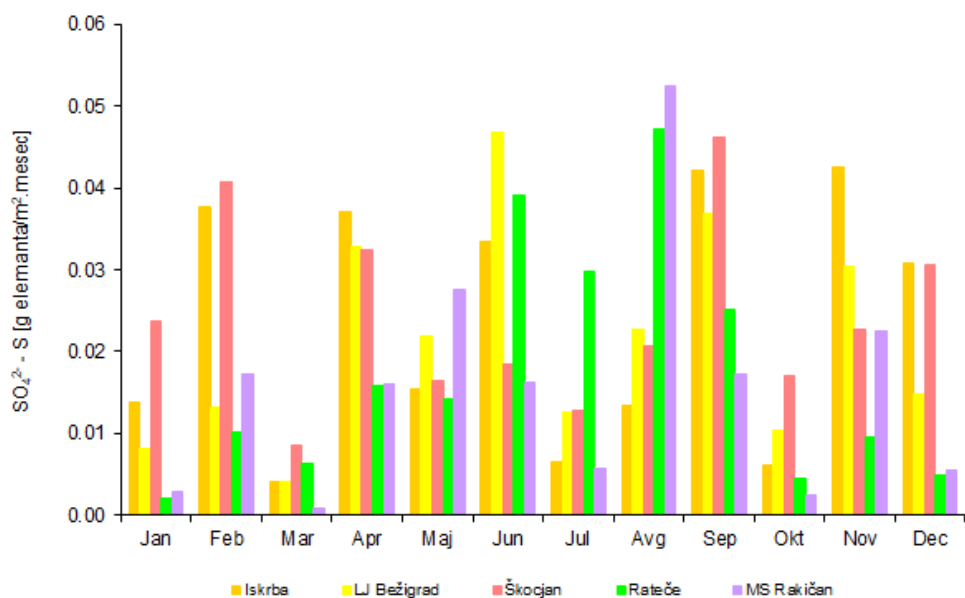
Tabela 12.2: Letna količina zbranih padavin (mm) in letna mokra depozicija elementov v padavinah (g/m^2) na vzorčevalnih mestih DMKP v letu 2017.

	Količina padavin	H^{+*}	NH_4^+-N	NO_3^--N	$\text{SO}_4^{2-}-\text{S}$	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
Iskrba	1474	10×10^{-3}	0,334	0,334	0,282	0,559	0,299	0,062	0,347	0,074
LJ Bežigrad	1363	$6,7 \times 10^{-3}$	0,431	0,307	0,254	0,348	0,319	0,044	0,224	0,040
Škocjan	1407	$8,2 \times 10^{-3}$	0,392	0,387	0,290	0,836	0,343	0,077	0,528	0,059
Rateče	1781	$4,5 \times 10^{-3}$	0,437	0,294	0,201	0,223	0,363	0,044	0,151	0,053
MS Rakičan	712	$2,2 \times 10^{-3}$	0,328	0,205	0,186	0,135	0,212	0,027	0,079	0,044

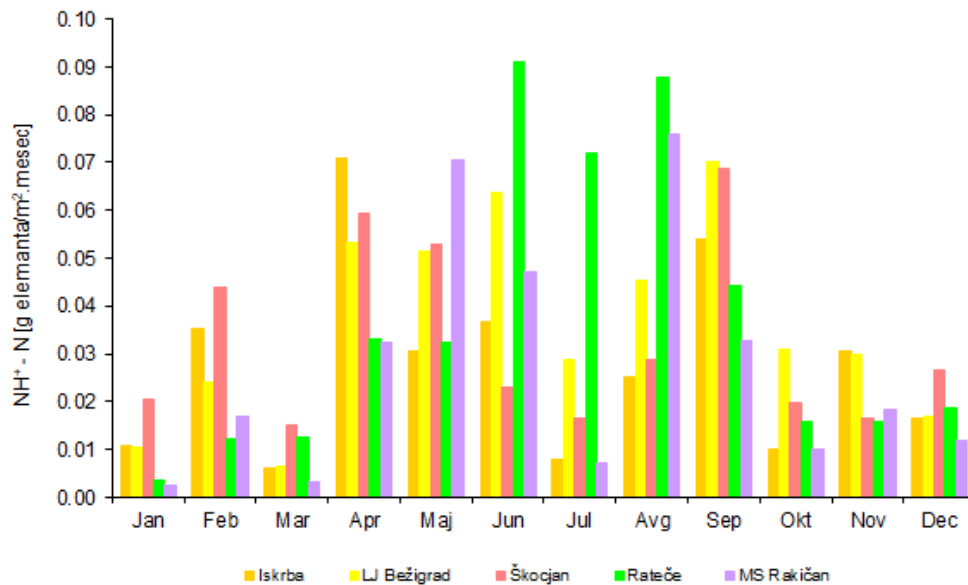
* Skupna depozicija H^+ je izračunana le iz izmerjenih pH vrednosti.



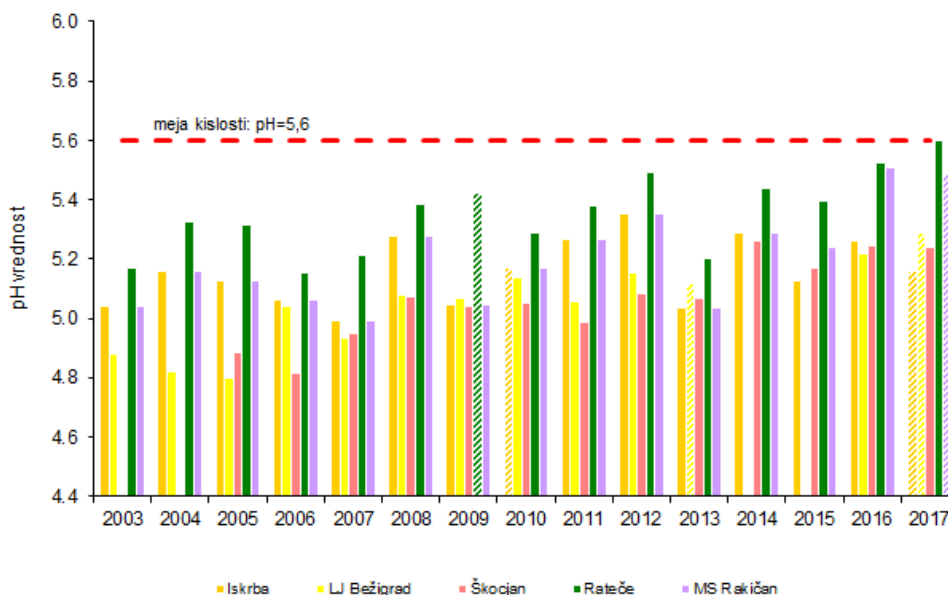
Slika 12.3: Mesečna mokra depozicija dušika nitratnega izvora v padavinah v letu 2017.



Slika 12.4: Mesečna mokra depozicija žvepla sulfatnega izvora v padavinah v letu 2017.

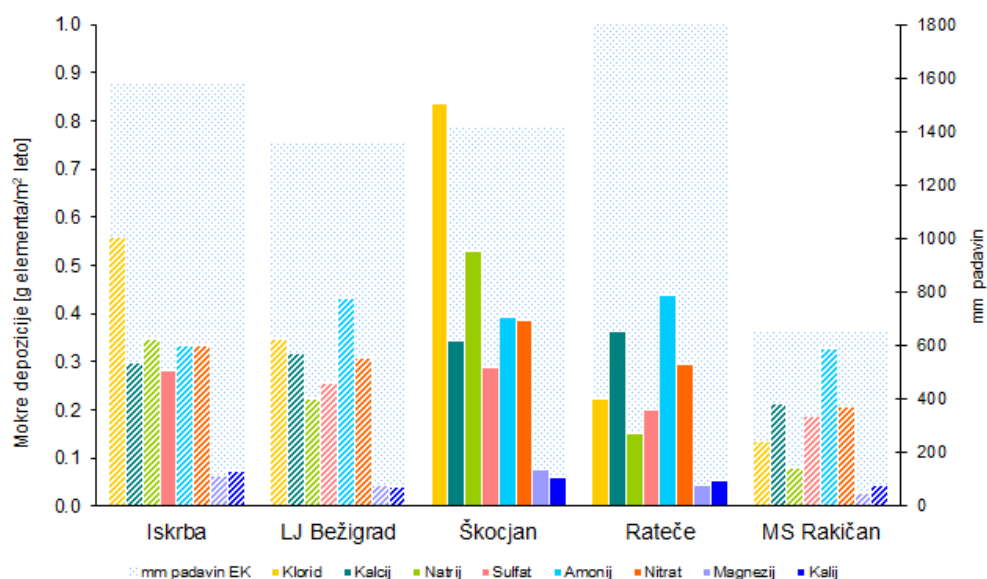


Slika 12.5: Mesečna mokra depozicija dušika amoniakalnega izvora v padavinah v letu 2017.



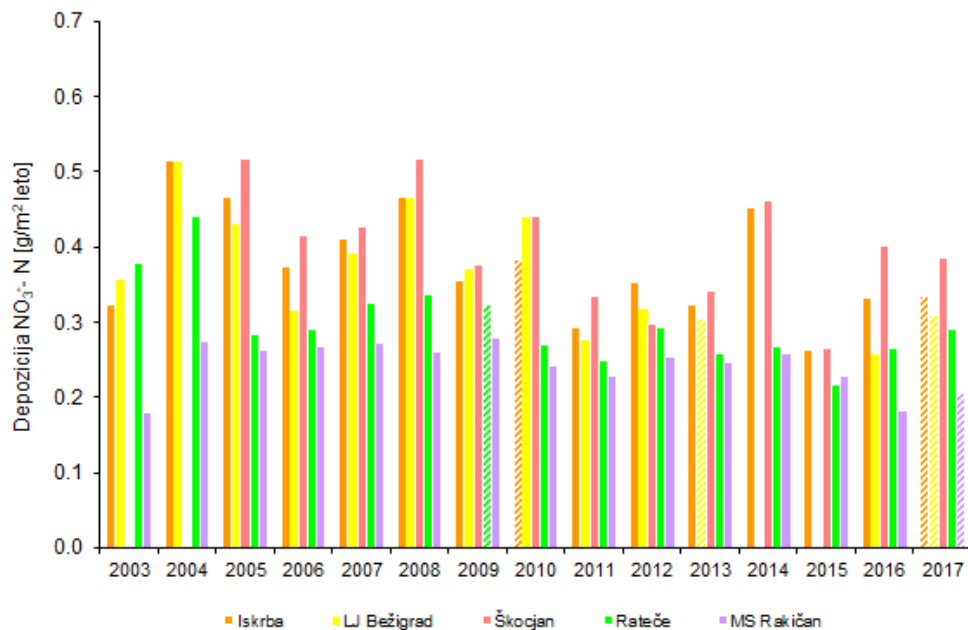
Slika 12.6: Povprečne letne pH vrednosti padavin od leta 2003 dalje. Podatki, ki jih podajamo informativno, so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano, obrazložitev pa se nahaja na straneh 107 in 108.

Mokra depozicija nekaterih ionov (za amonij, nitrat in sulfat izraženo kot: NH_4^+ -N, NO_3^- -N oziroma SO_4^{2-} -S) v letu 2017 je prikazana na sliki 12.7. Na zakisljevanje odločilno vplivajo depozicije nitratnih in sulfatnih ionov, ki so podobno kot v preteklih letih tudi v letu 2017 najvišje na merilnih mestih Škocjan, Iskrba in LJ Bežigrad. Najvišje depozicije amonijevih ionov smo zabeležili na merilnih mestih Rateče in LJ Bežigrad, nekoliko nižje na merilnih mestih Škocjan in Iskrba, najnižje na na merilnem mestu MS Rakičan. 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. Med tem ko so mokre depozicije kalcija na vseh merilnih mestih na primerljivem nivoju, je bila mokra depozicija kalija najvišja na merilnem mestu Iskrba in najnižja na merilnem mestu LJ Bežigrad.

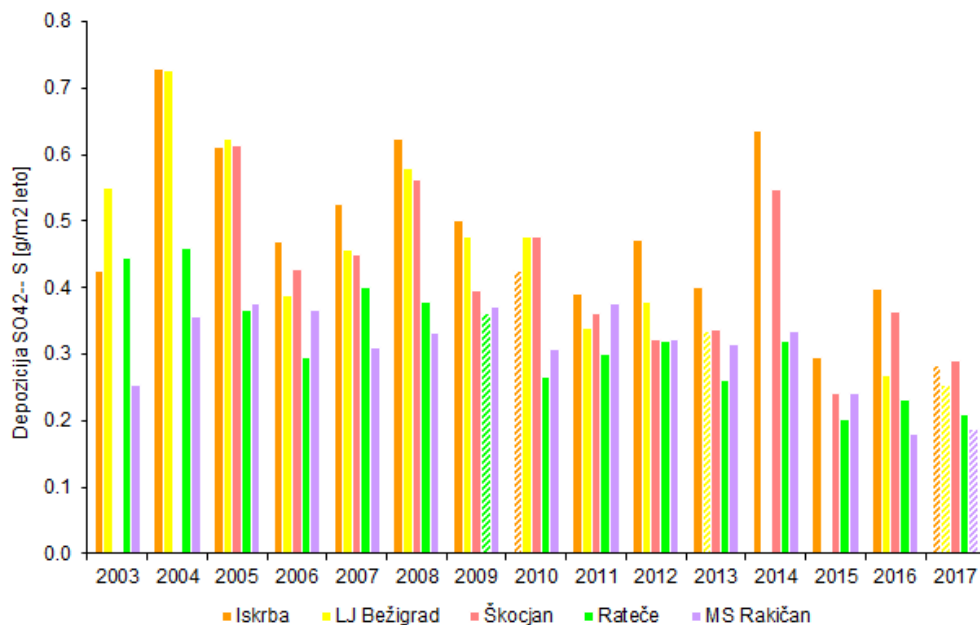


Slika 12.7: Mokra depozicija nekaterih ionov po merilnih mestih v letu 2017. Podatki, ki jih podajamo informativno, so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano, obrazložitev pa se nahaja na straneh 107 in 108.

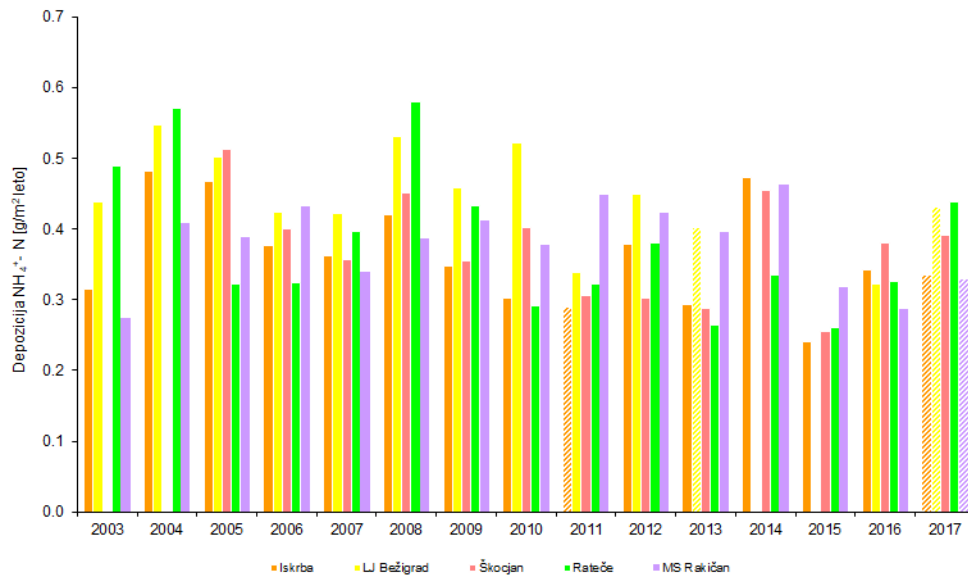
Vrednosti letnih mokrih depozicij ionov od leta 2003 do leta 2017, ki najbolj vplivajo na zakisljevanje in evtrofikacijo so prikazane na slikah od 12.8 do 12.10.



Slika 12.8: Mokra depozicija dušika nitratnega izvora v padavinah po letih. Podatki, ki jih podajamo informativno, so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano, obrazložitev pa se nahaja na straneh 107 in 108.



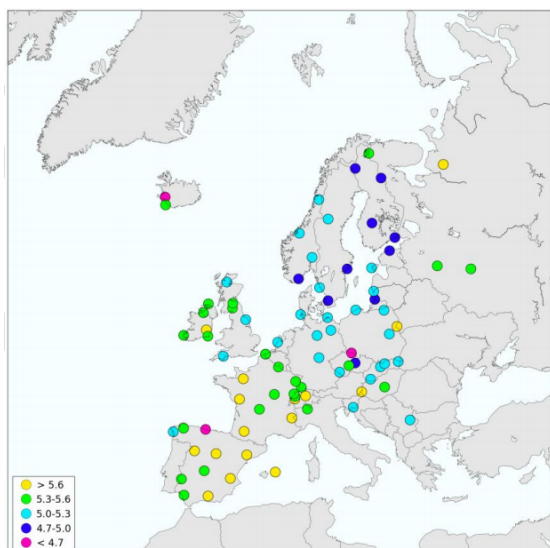
Slika 12.9: Mokra depozicija žvepla sulfatnega izvora po letih. Podatki, ki jih podajamo informativno, so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano, obrazložitev pa se nahaja na straneh 107 in 108.



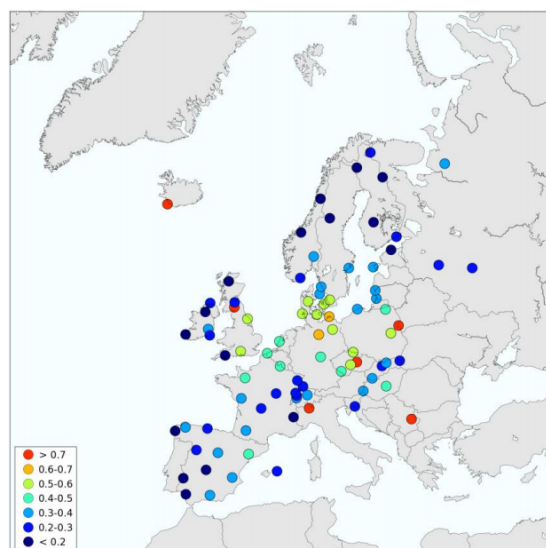
Slika 12.10: Mokra depozicija dušika amoniakalnega izvora po letih. Podatki, ki jih podajamo informativno, so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano, obrazložitev pa se nahaja na straneh 107 in 108.

12.1.3 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

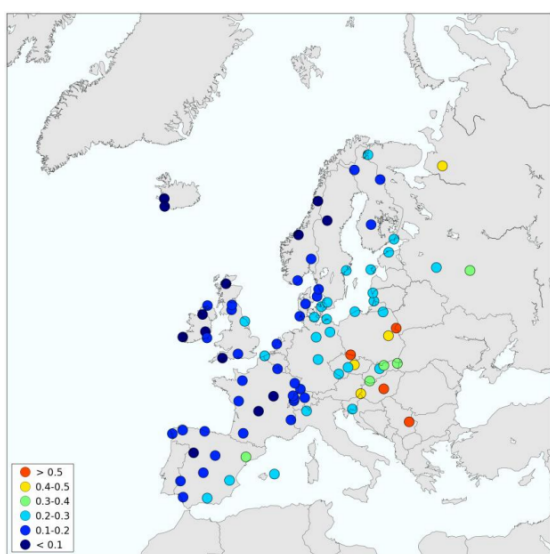
Raven onesnaženosti padavin v Sloveniji je glede na podatke programa EMEP med najnižjimi v Evropi. Povprečne letne pH vrednosti padavin v Sloveniji so v letu 2017 znašale med 5,2 in 5,6 in so bile med manj kislimi v Evropi. Povprečne letne koncentracije ionov, izražene kot NH_4^+ -N, NO_3^- -N in SO_4^{2-} -S, ki odločilno vplivajo na zakisljevanje in evtrofikacijo, so bile med najnižjimi v primerjavi z EMEP merilnimi mesti v Evropi (slika 12.11). Za amonijev ion so znašale med 0,26 in 0,34 mgN/L, za nitratni ion med 0,16 in 0,32 mgN/L in za sulfatnega med 0,12 in 0,29 mgS/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.



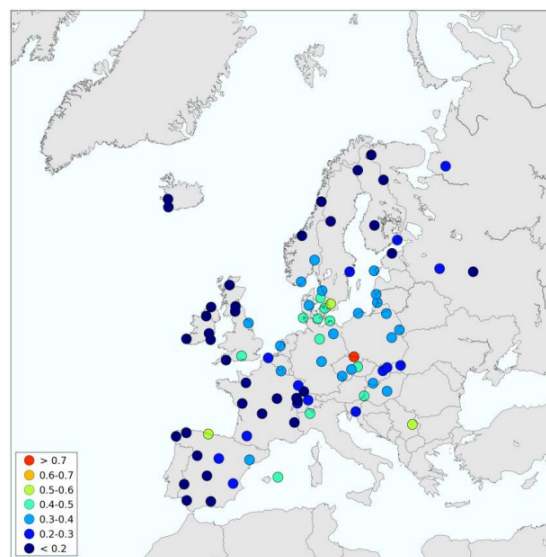
(a) pH



(b) Amonij



(c) Sulfat



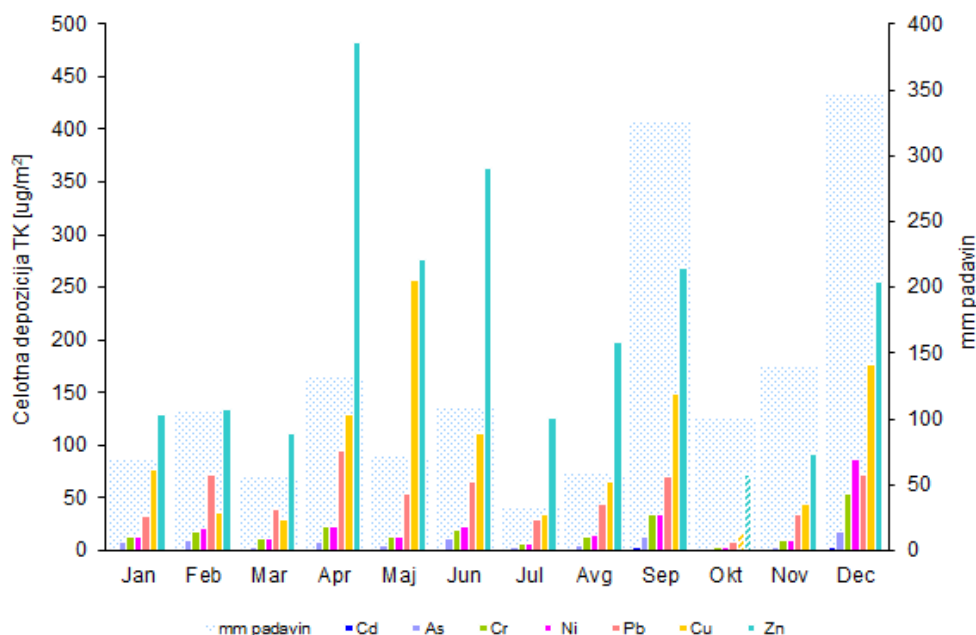
(d) Nitrat

Slika 12.11: Geografska porazdelitev vrednosti pH ter koncentracij amonija, sulfata in nitrata (mg/l) v padavinah po Evropi v letu 2016 [21].

12.2 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 koncentracij 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 2017 je prikazana na sliki 12.12. Zaradi izvajanja gradbenih del na objektih v neposredni bližini merilnega mesta Iskrba in posledično kontaminacije padavin z nekaterimi težkimi kovinami, vzorcev zajetih v času od 16.10. do 6.11.2017 pri izračunu letnih depozicij nismo upoštevali.



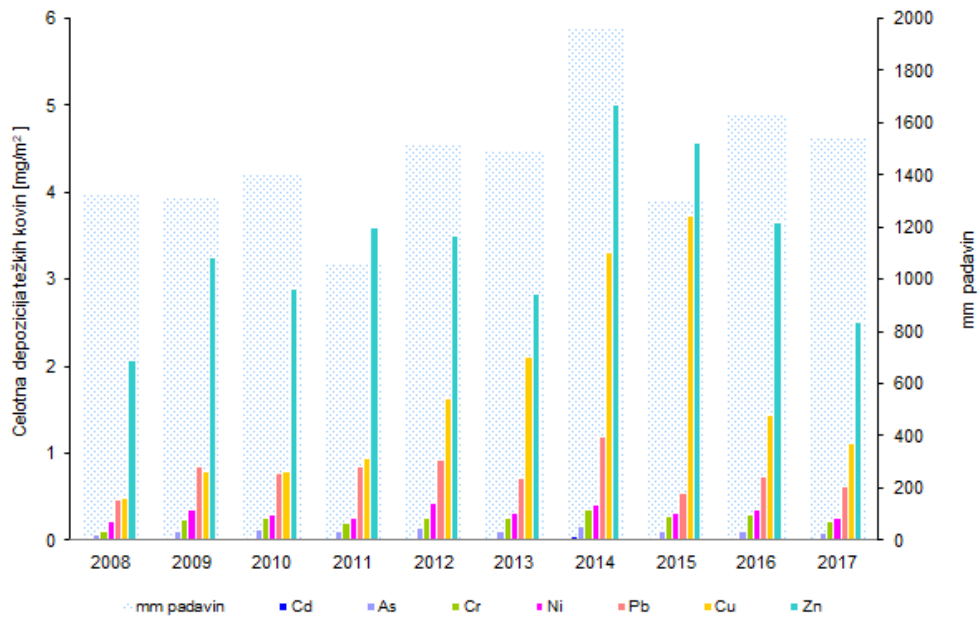
Slika 12.12: Celotna depozicija nekaterih težkih kovin po mesecih za leto 2017.

Vrednosti celotne depozicije nekaterih težkih kovin so prikazane v tabeli 12.3. Tako kot v preteklih letih smo tudi v letu 2017 izmerili daleč najvišjo celotno depozicijo cinka; sledita baker in svinec, nato nikelj, krom in arzen. Daleč najnižja je depozicija kadmija.

Tabela 12.3: Celotna depozicija nekaterih težkih kovin (mg/m^2) na Iskrbi v letu 2017.

Arzen	Kadmij	Krom	Baker	Nikelj	Svinec	Cink
0,088	0,017	0,219	1,12	0,260	0,615	2,51

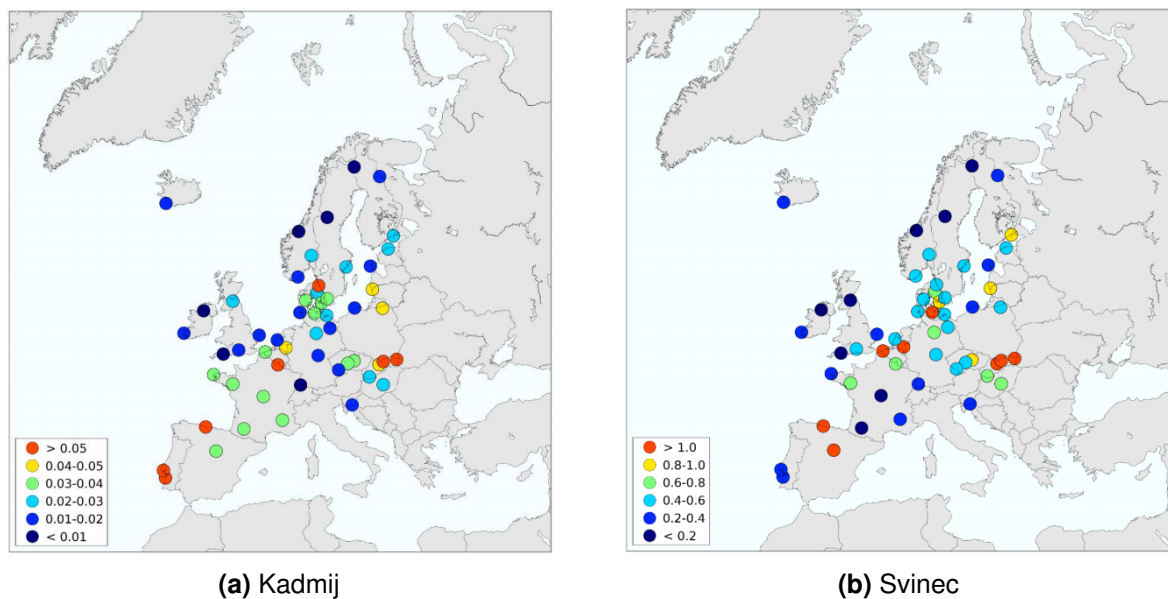
Kot je mogoče sklepati iz slike 12.13, se raven celotnih depozicij večine kovin od začetka meritev v letu 2008 do leta 2017 bistveno ne spreminja in je odvisna predvsem od količine padavin.



Slika 12.13: Celotna depozicija izbranih kovin v letih od 2008 do 2017.

12.2.1 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Iz slik 12.14 in 12.17 je razvidno, da so povprečne letne koncentracije kadmija ($0,012 \mu\text{g/L}$) in svinca ($0,320 \mu\text{g/L}$) z merilnega mesta Iskrba pri Kočevski Reki med najnižjimi v Evropi [18].

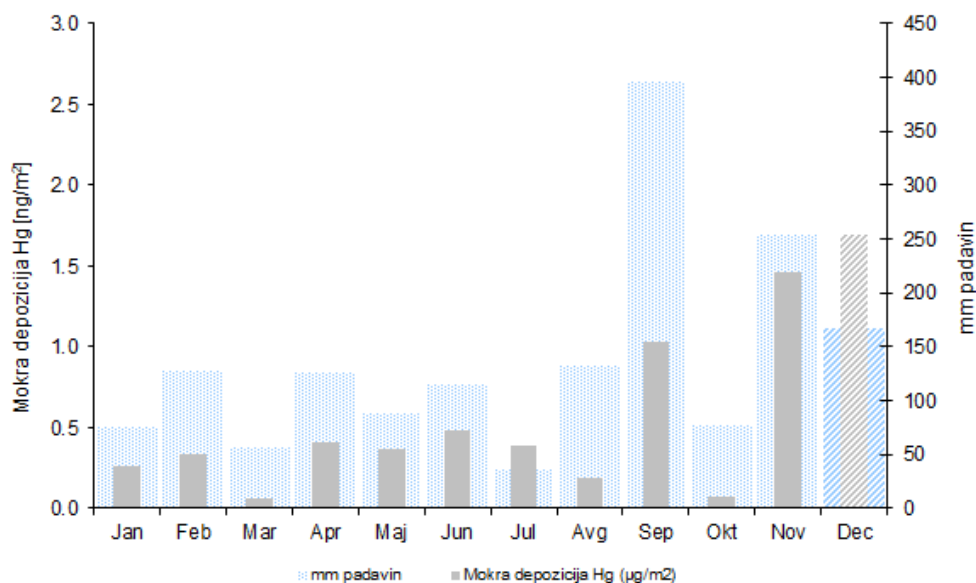


Slika 12.14: Geografska porazdelitev koncentracij kadmija in svinca v padavinah na EMEP merilnih mestih v letu 2015 [18].

12.3 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 določitev celotnega živega srebra v padavinah uporabljamo t.i. *wet-only* vzorčevalnik, ki zajema le mokri del padavin. Vzorčenje za meritve tega parametra pa poteka v mesečnih intervalih.

Mokra depozicija živega srebra po mesecih za leto 2017 je prikazana na sliki 12.15. Najvišje vrednosti smo skladno z večjo količino padavin zabeležili v septembru, novembru in decembru.

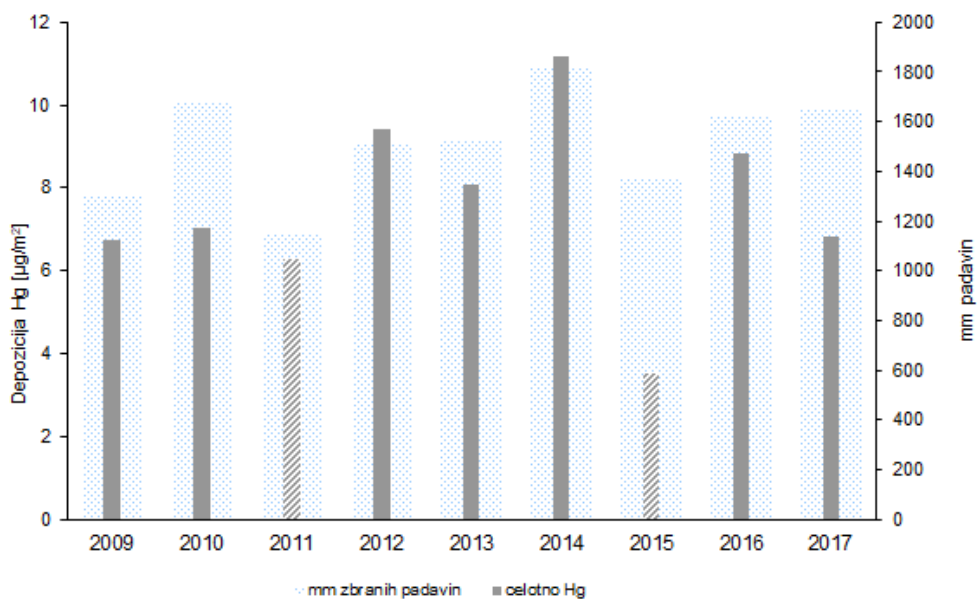


Slika 12.15: Mokra depozicija celotnega Hg po mesecih za leto 2017. Za mesec december 2017 zaradi izgube enega od treh vzorcev, ni bila analizirana celotna količina padavin za določitev Hg.

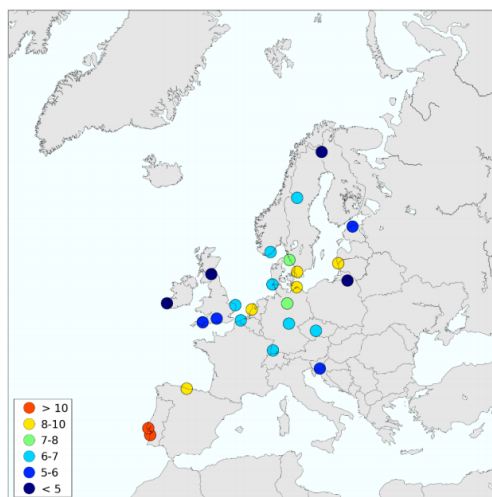
Celotna mokra depozicija živega srebra na merilnem mestu Iskrba je v letu 2017 znašala 6,83 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ in je bila kljub nekoliko večji količini padavin nižja kot v preteklem letu (slika 12.16).

12.3.1 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Slika 12.17 prikazuje geografsko porazdelitev onesnaženosti padavin z živim srebrom. Koncentracije celotnega živega srebra v padavinah so se v letu 2017 gibale med 1,10 in 11,8 ng/L, povprečna letna koncentracija pa znaša 4,1 ng/L. Nivo zabeleženih koncentracij je primerljiv z vrednostmi, ki jih poročajo za neonesnažena področja, povprečna letna koncentracija pa je med najnižjimi v Evropi.



Slika 12.16: Mokra depozicija celotnega Hg po letih. Podatke, prikazane z vzorcem zaradi izpada več kot 10% glede na meteorološke količine podajamo zgolj informativno.



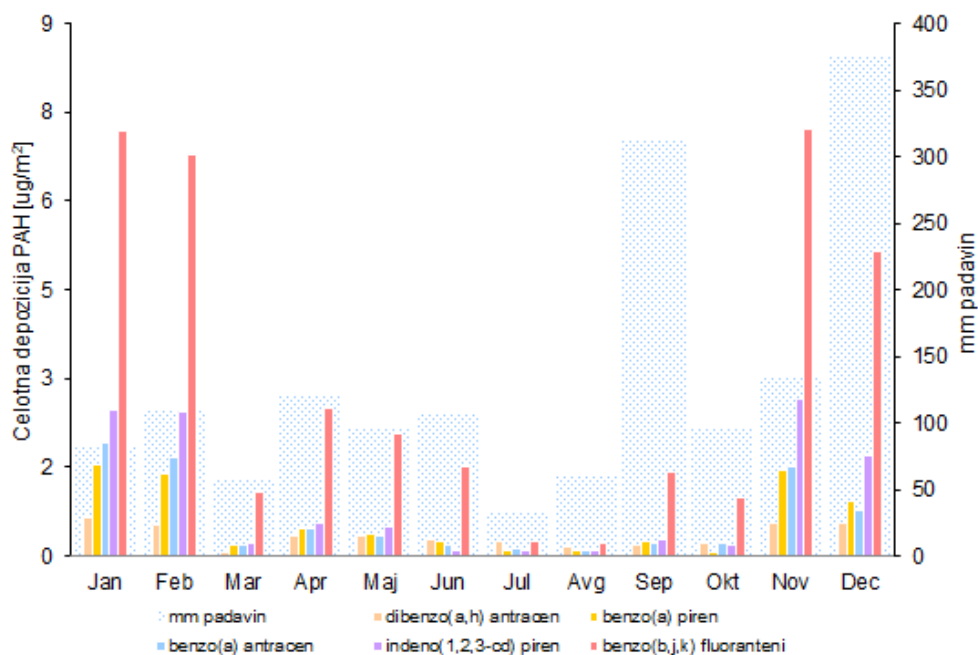
Slika 12.17: Geografska porazdelitev koncentracij živega srebra v padavinah na EMEP merilnih mestih v letu 2016.

12.4 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 mokri kot tudi suhi del padavin. 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 posameznih PAH na kvadratni meter.

Mesečna porazdelitev celotnih depozicij posameznih PAH za leto 2017 je prikazana na sliki

12.18. Višje celotne depozicije večine PAH smo tudi v letu 2017 zabeležili predvsem v hladnejšem obdobju leta.

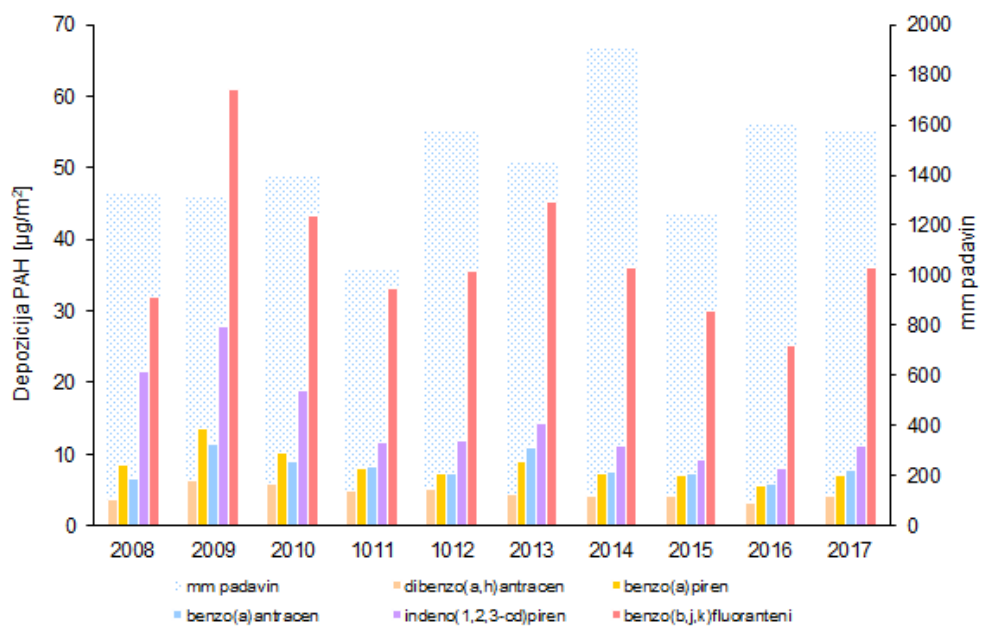


Slika 12.18: Celotna depozicija nekaterih PAH po mesecih v letu 2017.

V tabeli 12.4 je prikazana celotna depozicija nekaterih PAH v letu 2017. Primerjava depozicij PAH med posameznimi leti nakazuje, da le-te ostajajo na približno isti ravni (slika 12.19). Podobno kot v preteklih letih smo tudi v letu 2017 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 12.4 in slika 12.19).

Tabela 12.4: Celotna depozicija nekaterih PAH ($\mu\text{g}/\text{m}^2$) za leto 2017 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
7,72	7,03	36,2	4,11	11,28



Slika 12.19: Celotne letne depozicije PAH od leta 2008 do leta 2017.

13. Žveplove in dušikove spojine ter ostali anorganski ioni

Žveplove (SO_2 , SO_4^{2-}) in dušikove ($\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-$, $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$) spojine ter anorganske ione (Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) spremljamo v okviru programa EMEP na merilnem mestu Iskrba. Te meritve podajajo informacijo o kislno-alkalnih sestavinah v zraku.

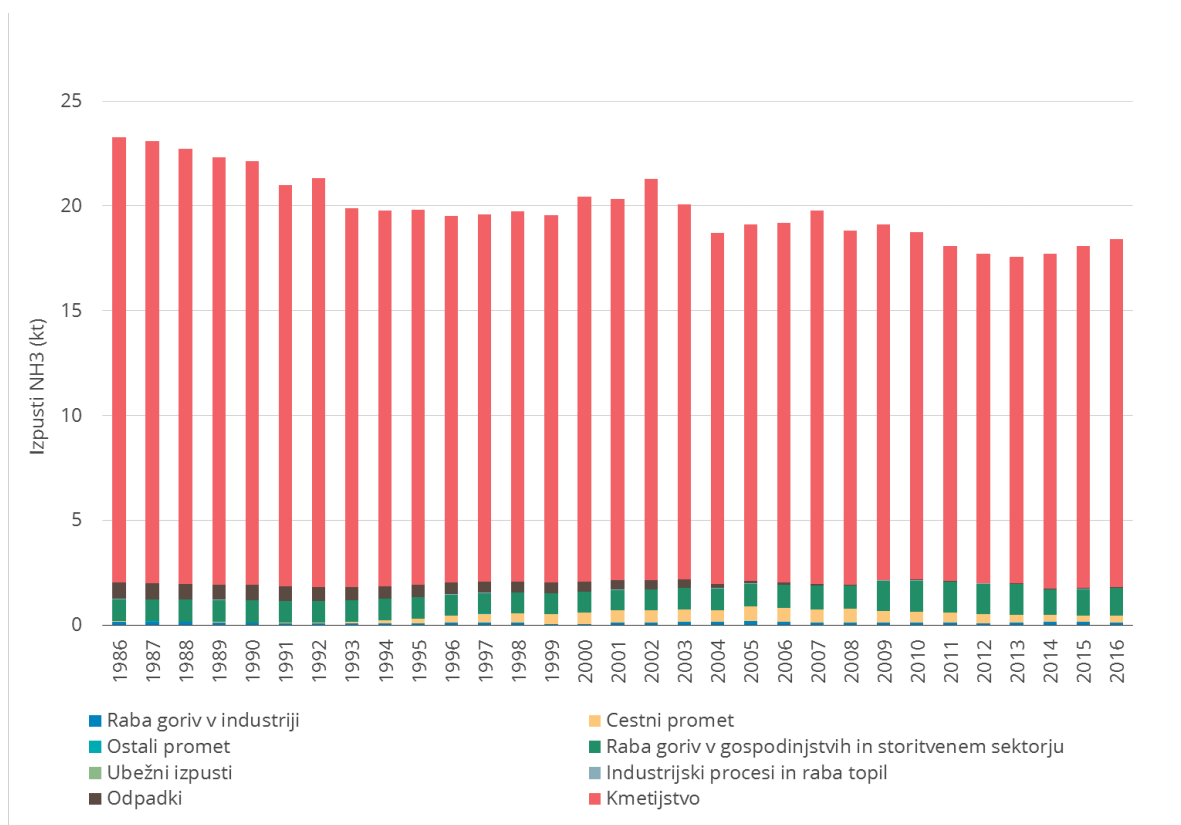
Vzorčenje izvajamo s pomočjo t.i. *filter pack* metode [22], z uporabo seta treh filtrov. Prvi filter zbira delce, ki vsebujejo sulfat, amonij in nitrat. Sledi mu alkalno (KOH) impregniran filter, na katerem se zbirajo HNO_3 , SO_2 , HNO_3 , HCl in druge kisle hlapne snovi. HNO_3 in SO_2 reagirata s KOH, pri čemer nastane kalijev nitrat in kalijev sulfit. Absorpcija SO_2 je kvantitativna pri relativni vlagi nad 30 odstotkov in pri temperaturah do -10°C . Velja prepričanje, da oksidirajoče spojine kot na primer ozon v zraku, pretvorijo v času vzorčenja večino sulfita v sulfat. Amonij se učinkovito zadrži na tretjem filtru, ki je impregniran z oksalno kislino.

Ker *filter pack* metoda ne loči plinastih dušikovih spojin od aerosolov, lahko podajamo le vsoto. Raven nitratov je tako enaka vsoti nitratov, določenih na aerosolnem in alkalno impregniranem filtru. Podobno velja za amonij, kjer je raven amonija v zraku enaka vsoti amonija zbranega na prvem, aerosolnem filtru in amoniaka, zbranega na zadnjem, kislno impregniranem filtru.

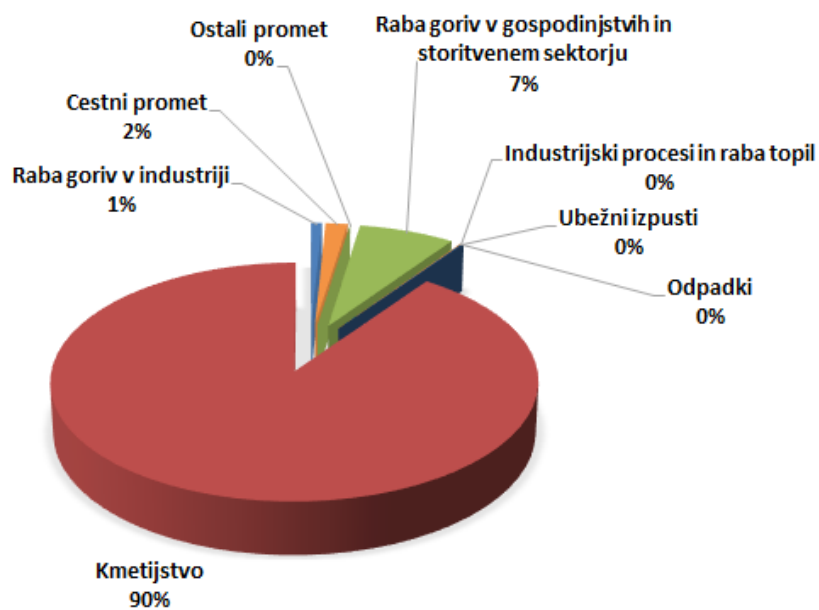
Višjo raven žveplovih in dušikovih spojin ter ostalih anorganskih ionov povežujemo predvsem z izpusti (kmetijstvo, raba goriv v gospodinjstvem in storitvenem sektorju, cestni promet, ...) ter s številom dni brez padavin.

13.1 Izpusti

Letni izpusti amonijaka (NH_3) so v Sloveniji leta 2016 znašali 18 tisoč ton. V primerjavi z letom 1986 so se zmanjšali za 21 %. Prevladujoč vir izpustov NH_3 je kmetijstvo. V letu 2016 je kmetijstvo prispevalo več kot 90 % k skupnim državnim izpustom NH_3 (slika 13.2). Slovenija izpolnjuje obveznosti iz Direktive (EU) 2016/2284 o zmanjšanju nacionalnih emisij za nekatera onesnaževala zraka [16] 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 NH_3 so bili v letu 2016 za 8 % nižji od ciljne vrednosti (20 tisoč ton), ki ne sme biti presežena od leta 2010 dalje. Izpusti amonijaka po posameznih virih so prikazani na slikah (slika 13.1) in (slika 13.2).



Slika 13.1: Izpusti NH₃ v Sloveniji po sektorjih za obdobje od leta 1986 do leta 2016.



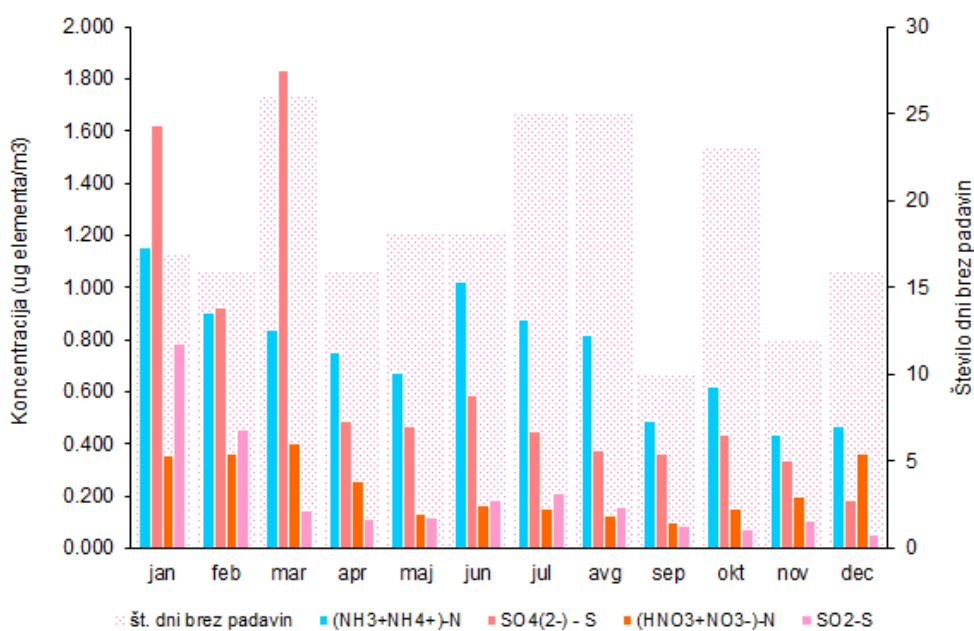
Slika 13.2: Izpusti NH₃ v Sloveniji po sektorjih za leto 2016.

13.2 Ravni onesnaženosti

V tabeli 13.1 so podani rezultati meritev za celotno leto 2017 ter posebej za poletno in zimsko sezono. Povprečna mesečna koncentracija žveplovih in dušikovih spojin ter nekaterih ionov v letu 2017 je prikazana na slikah 13.3 in 13.4.

Koncentracije žvepla sulfatnega izvora ($\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$), dušika nitratnega izvora ($\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-\text{-N}$), dušika amoniakalnega izvora ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+\text{-N}$) in kalijevih ionov je bila za razliko od preteklih let, v letu 2017 znatno višja v času od januarja do marca. Podobno je bila tudi koncentracija žveplovega dioksida ($\text{SO}_2\text{-S}$) znatno višja v januarju in februarju. V preostanku leta so se koncentracije onesnaženosti z vsemi navedenimi onesnaževali razen dušika amoniakalnega izvora gibale v okviru več letnih povprečnih vrednosti. Koncentracije dušika amoniakalnega izvora pa so bile nekoliko nad večletnim povprečjem tudi v času od julija do avgusta.

Koncentracija žveplovega dioksida ($\text{SO}_2\text{-S}$) in kalijevih ionov (K^+) je bila kot navadno ne glede na število dni brez padavin višja v zimski sezoni. Višje koncentracije teh onesnaževal v ozračju v zimski sezoni povezujemo predvsem s kurjenjem, v poletnem času pa z večjim številom dni brez padavin.



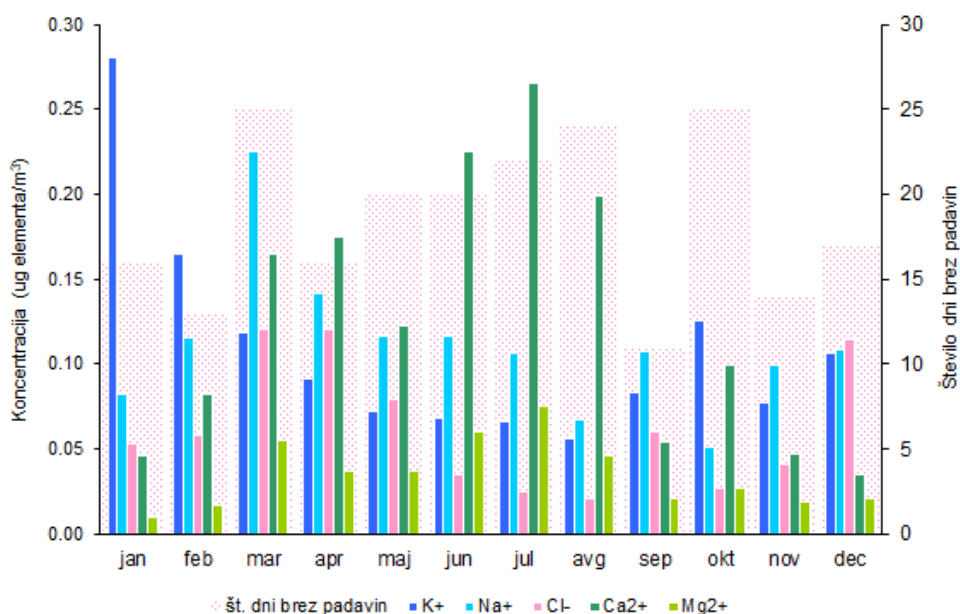
Slika 13.3: Mesečna koncentracija oksidirane žvepla $\text{SO}_2\text{-S}$ in $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$, oksidirane dušika $\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-\text{-N}$ ter reducirane dušika $(\text{NH}_3+\text{NH}_4^+)\text{-N}$ v zraku na Iskrbi za leto 2017.

Koncentracije kalijevega iona v zraku so bile kot posledica kurjenja značilno najvišje predvsem v zimski sezoni. Nihanje koncentracij ostalih ionov je povezano s smerjo in hitrostjo vetra in tudi s pogostostjo in količino padavin. V mesecih s pogostejšimi in bolj intenzivnimi padavinami so koncentracije nižje, v mesecih z manjšo količino ali brez padavin pa se koncentracije ionov povišajo. Opažamo pa tudi, da so povišane koncentracije kalcija, magnezija, klorida in natrija povezane z epizodami, ko nad naše kraje zanese saharski prah.

Meritve koncentracij žveplovih in dušikovih spojin ter nekaterih kationov in anionov v zraku smo

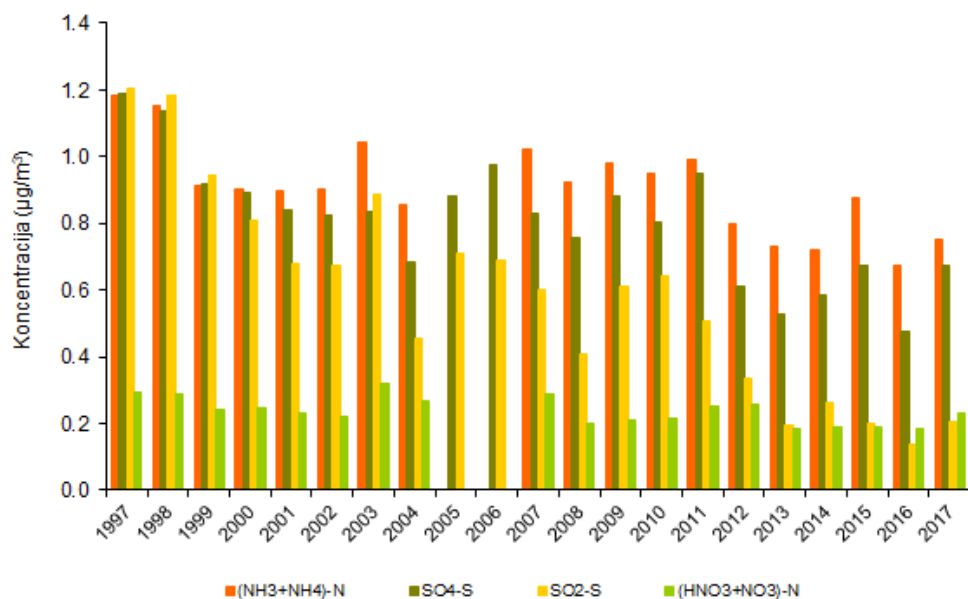
Tabela 13.1: Povprečna (C_p) in najvišja (C_{max}) izmerjena koncentracija oksidiranega žvepla, oksidirane dušika, reducirane dušika in nekaterih anorganskih ionov v zraku ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na Iskrbi za nekurilno sezono, kurilno sezono ter za celo leto 2017.

		Poletna sezona	Zimska sezona	Letna vrednost
$\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	C_p	0,454	0,658	0,0,555
	C_{max}	1,64	8,73	8,73
$\text{SO}_2\text{-S}$	C_p	0,146	0,658	0,206
	C_{max}	1,38	4,82	4,82
$(\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-)\text{-N}$	C_p	0,154	0,305	0,230
	C_{max}	0,457	4,82	4,82
$(\text{NH}_3+\text{NH}_4^+)\text{-N}$	C_p	0,769	0,737	0,753
	C_{max}	2,32	5,24	5,24
Cl^-	C_p	0,057	0,069	0,063
	C_{max}	1,28	1,75	1,75
Ca^{2+}	C_p	0,173	0,080	0,127
	C_{max}	0,889	0,439	0,889
Mg^{2+}	C_p	0,046	0,025	0,036
	C_{max}	0,193	1,18	1,36
Na^+	C_p	0,109	0,114	0,111
	C_{max}	1,36	0,782	1,04
K^+	C_p	0,073	0,145	0,109
	C_{max}	0,280	1,08	1,08



Slika 13.4: Mesečna koncentracija natrija, kalcija, klorida, magnezija in kalija v zraku na Iskrbi za leto 2017.

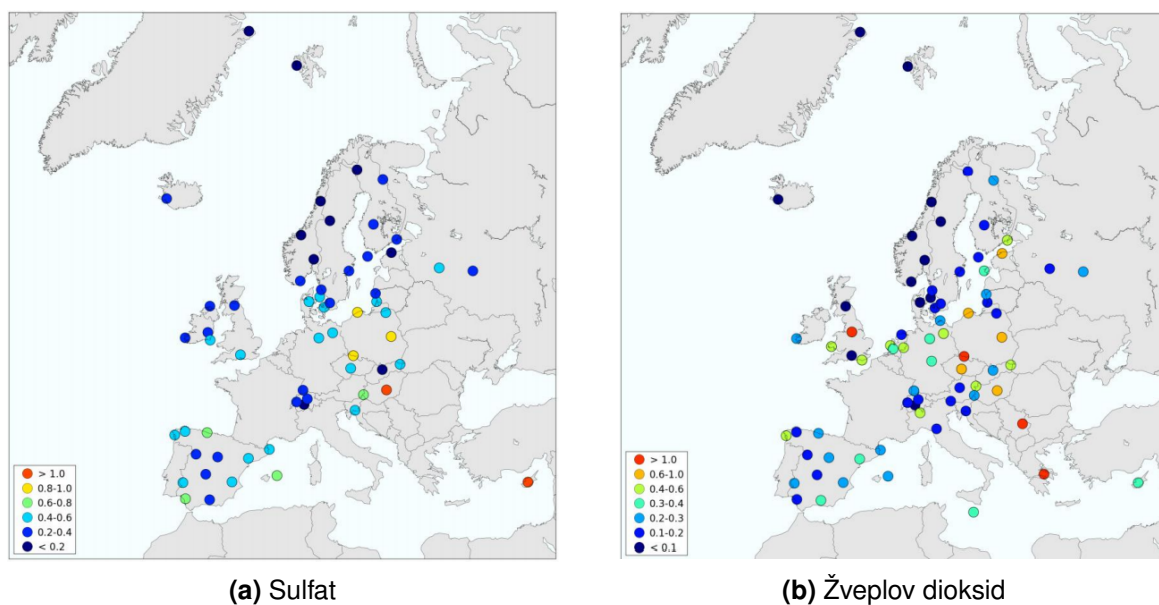
na merilnem mestu Iskrba pričeli izvajati leta 1997. Na sliki 13.5 so prikazane povprečne letne koncentracije dušikovih in žveplovih spojin. Koncentracije žveplovih spojin kažejo trend upadanja, ki je bolj izrazit pri koncentraciji žveplovega dioksida in nekoliko manj pri sulfatnih ionih (SO_4^{2-}). Ocenjujemo, da je ta trend verjetno posledica zmanjšane uporabe premoga ter uporabe premoga z nižjo vsebnostjo žvepla. Manjša medletna nihanja za ostale sestavine povezujemo s pogostostjo in količino padavin v posameznih letih.



Slika 13.5: Letna koncentracija oksidiranega žvepla $\text{SO}_2\text{-S}$ in $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$, oksidirane dušika ($\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$)-N ter reducirane dušika ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$)-N v zraku na Iskrbi za leto 2017 – dnevno vzorčenje.

13.3 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Geografska porazdelitev oksidirane žvepla ($\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$ in $\text{SO}_2\text{-S}$) na postajah v okviru EMEP je prikazana na sliki 13.6. Meritve kažejo, da je merilno mesto Iskrba med manj onesnaženimi v Evropi [21].



Slika 13.6: Geografska porazdelitev oksidirane žvepla ($\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$ in $\text{SO}_2\text{-S}$) v Evropi v letu 2016.

Literatura

- [1] W. H. Organization *et al.*, "Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease," 2016.
- [2] *Onesnaženost zraka: naše zdravje še vedno ni dovolj zaščiteno*, view 10.09.2018, <http://publications.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/sl/>.
- [3] *Onesnaženost zraka: naše zdravje še vedno ni dovolj zaščiteno*, view 10.09.2018, <https://www.eea.europa.eu/sl/eea-signali/signali-2013/clanki/podnebne-spremembe-in-zrak>.
- [4] *Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in sveta o kakovosti zunanje 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 zunanje 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 zunanje zraka*. Uradni list RS. 55/11,6/15.
- [9] *Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja*, UNECE, 1979.
- [10] *Arso, Kakovost zraka - napovedi in tekoči podatki*, <http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/>.
- [11] *Projekt SINICA*, view 10.09.2018, <http://www.arso.gov.si/o%20agenciji/EU%20sofinancira/Sinica/>.
- [12] *Project PREPAIR – LIFE15 IPE IT013*, view 10.09.2018, <http://www.lifepreparepair.eu/>.
- [13] *Informative Inventory Report 2018 for Slovenia, Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution and Directive (EU) 2016/2284 on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants*, ARSO, 2018.

- [14] *Kakovost zraka v Slovenije v letu 2012*, ARSO, 2013.
- [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.*, "Prevod 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] *Direktiva 2001/81/ES Evropskega parlamenta o nacionalnih zgornjih mejah emisij za nekatera onesnaževala zraka (NEC)*, Uradni list Evropske unije, 2001.
- [17] A.-G. Hjellbrekke, "Data report 2016 particulate matter, carbonaceous and inorganic compounds," *EMEP/CCC-Report 1/2018*, no. 1, 2016.
- [18] P. B. N. Wenche Aas and K. A. Phaffhuber, "Heavy metals and pop measurements, 2016," *EMEP/CCC-Report 3/2018*, no. 3, 2016.
- [19] M. Pidwirny, "Acid Precipitation," *Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition*, 2006.
- [20] *Manual for the GAW Precipitation Chemistry Programme. Guidelines, Data Quality Objectives and Standard Operating Procedures*, no. 160, WMO, 2004.
- [21] A.-G. Hjellbrekke, "Data report 2015 particulate matter, carbonaceous and inorganic compounds," *EMEP/CCC-Report 1/2017*, no. 1, 2015.
- [22] N. I. for Luftforskning Kjeller, *EMEP Manual for Sampling and Chemical Analysis: EMEP Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe*. EMEP/CCC-Report, Norwegian Institute for Air Research, 1995.



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE