

Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2016



Kakovost zraka v Sloveniji

ISSN 1855-0827

Ljubljana, november 2017

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, dr. Boštjan Paradiž, Marko Rus, dr. Rahela Žabkar

Pri pripravi poročila so sodelovali:

Damijan Bec, mag. Tanja Cegnar, dr. Jana Faganeli Pucer, Tajda Mekinda Majaron, Primož Ribarič, Bojan Rode, dr. Janja Turšič

Druge sodelujoče organizacije:

Elektroinštitut Milan Vidmar je pripravil podatke: EIS TEŠ, EIS TET, EIS TEB, MO Ljubljana, TE-TO Ljubljana, MO Celje

Nacionalni inštitut za javno zdravje

Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano Maribor je pripravil podatke: MO Maribor, Občina Miklavž na Dravskem polju

Salonit Anhovo pripravlja podatke za EIS 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 2016

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE
Ljubljana, 2017

Kazalo

1	Uvod	1
2	Obveščanje javnosti	7
2.1	Indeks kakovosti zunanjega zraka	7
2.2	Napovedovanje ravni ozona in delcev	8
2.3	Objava podatkov	11
3	Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka	13
3.1	Meritve na stalnih merilnih mestih	15
3.2	Modeliranje kakovosti zraka z modelom CAMx	21
4	Delci PM₁₀ in PM_{2,5}	27
4.1	Izpusti primarnih delcev in predhodnikov	28
4.2	Zahteve za kakovost zraka	31
4.3	Ravni onesnaženosti	31
4.4	Epizode čezmerne onesnaženosti	43
4.5	Viri delcev	43
4.6	Kemijska in elementna sestava delcev	46
4.7	Preseganja mejnih vrednosti zaradi naravnih virov	47
4.8	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	51
5	Onesnaževala v delcih - benzo(a)piren in težke kovine	53
5.1	Benzo(a)piren	53
5.2	Težke kovine	56
6	Ozon	69
6.1	Zahteve za kakovost zraka	69
6.2	Ravni onesnaženosti	70
6.3	Epizode čezmerne onesnaženosti	79
6.4	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	79
7	Dušikovi oksidi	81
7.1	Izpusti	81

7.2	Zahteve za kakovost zraka	82
7.3	Ravni onesnaženosti	83
7.4	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	92
8	Žveplov dioksid	93
8.1	Izpusti	93
8.2	Zahteve za kakovost zraka	94
8.3	Ravni onesnaženosti	95
8.4	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	102
9	Ogljikov monoksid	103
9.1	Izpusti	103
9.2	Zahteve za kakovost zraka	104
9.3	Ravni onesnaženosti	104
9.4	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	105
10	Benzen	107
10.1	Izpusti	107
10.2	Zahteve za kakovost zraka	109
10.3	Ravni onesnaženosti	109
11	Živo srebro v zraku	111
11.1	Izpusti	111
11.2	Ravni onesnaženosti	112
11.3	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	113
12	Kakovost padavin	115
12.1	Raven vrednosti pH, električne prevodnosti in onesnaženosti padavin z nekaterimi anorganskimi ioni	115
12.2	Raven onesnaženosti padavin s težkimi kovinami	124
12.3	Raven onesnaženosti padavin z živim srebrom	125
12.4	Raven onesnaženosti padavin s policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki	127
13	Žveplove in dušikove spojine ter ostali anorganski ioni	129
13.1	Izpusti	129
13.2	Ravni onesnaženosti	131
13.3	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	133
14	Meteorološke značilnosti leta 2016	135
14.1	Vreme leta 2016	135
14.2	Značilnosti posameznih letnih časov	135

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
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
LJ	Ljubljana
MB	Maribor
MO	Mestna občina
MS	Murska Sobota
OMS-MOL	Okoljski merilni sistem mestne občine Ljubljana

Nagovor direktorja

Spoštovani,

Onesnažen zrak vpliva na zdravje in počutje ljudi bolj kot drugi okoljski vplivi. Kakovost zraka je v Sloveniji zaradi specifičnih nacionalnih razmer posebej izpostavljena. Soočamo se z neugodnimi vremenskimi razmerami za razredčevanje izpustov, zato lahko v slabo prevetrenih kotlinah in dolinah že nižja gostota izpustov čezmerno onesnaži zrak. Tudi zaradi tega je kakovost zraka v Sloveniji slabša kot marsikje drugod po Evropi. Danes nas najbolj skrbijo visoke ravni delcev PM_{10} v zraku, ki so predvsem posledica lokalnih izpustov malih kurilnih naprav za ogrevanje gospodinjstev in izpustov iz prometa. Čezmerne so tudi ravni ozona, ki pa so regionalnega značaja in predvsem posledica prenosa onesnaženega zraka preko meja.

Spremljanje kakovosti zraka je ena izmed osrednjih nalog Agencije Republike Slovenije za okolje. Na Agenciji že več kot štiri desetletja upravljamo državno mrežo meritev kakovosti zraka in padavin. Pripravljamo tudi napovedi kakovosti zraka in izdajamo opozorila v primeru prevelike onesnaženosti. Rezultate meritev sproti objavljamo na spletu, prve analize stanja kakovosti zraka pa so prikazane v biltenu Naše okolje, ki ga Agencija izdaja mesečno. Letno pripravimo celovito poročilo o kakovosti zraka, v katerega vključimo tudi podatke drugih institucij, ki spremljajo kakovost zraka v Sloveniji.

Na Agenciji pripravljamo tudi strokovne osnove za Načrte za kakovost zraka, ki so usmerjeni v zmanjšanje čezmernih ravni delcev PM_{10} . Za spremljanje učinkovitosti ukrepov za izboljšanje kakovosti zraka in njihovo posodabljanje je treba nadgraditi poznavanje in razumevanje izpustov onesnaževal, njihovega razširjanja ter ravni v ozračju. Zato smo na Agenciji zasnovali in že začeli izvajati projekt Sinica, ki je podprt z evropskimi sredstvi. Prenovili bomo merilno mrežo kakovosti zraka, omogočili izvajanje intenzivnih merilnih kampanj, razširili nabor meritev onesnaženosti zraka in stanja atmosfere ter nadgradili modelska orodja. Poleg tega smo začeli tudi z projektom PREPAIR v okviru katerega bomo naslovili predvsem regionalne vidike in čezmejni transport onesnaženega zraka.

Kakovost zraka nenazadnje vpliva tudi na ekosisteme in je tesno povezana s podnebnimi spremembami. Boljše poznavanje onesnaženosti zraka in vzrokov zanjo je pomembno tudi za boljšo obveščenost in ozaveščenost vseh nas, saj je od našega ravnanja v marsičem odvisno, kakšen zrak dihamo in v kakšnem okolju bomo živeli. Obveščanju in ozaveščanju je namenjeno tudi to poročilo.

mag. Joško Knez, Generalni direktor

Povzetek

Onesnažen zrak vpliva na zdravje in počutje ljudi bolj kot drugi okoljski vplivi. Poleg tega škodljivo vpliva tudi na ekosisteme ter gradiva zgradb in naprav, ki jih uporabljamo. Zato je kakovost zraka osrednji pokazatelj stanja okolja.

V Sloveniji je bil pred desetletji največji problem žveplov dioksid. Tedaj so ravni za več kot red velikosti presegle danes veljavne mejne vrednosti. Po izvedenem odžvepljevanju dimnih plinov v termoelektrarnah in industriji ter uvedbi goriv z nizko vsebnostjo žvepla v prometu in gospodinjstvih, v Sloveniji težav z žveplovim dioksidom nimamo več. Sedaj sta v Sloveniji najbolj izražena izziva čezmerne ravni delcev PM₁₀ in ozona.

Slovenija se glede delcev uvršča med države Evropske unije z bolj onesnaženim zrakom in je v vrhu po izpustih delcev na prebivalca in tudi na enoto površine. Visoki specifični izpusti delcev v Sloveniji so predvsem posledica močno razširjene uporabe lesa v zastarelih kurilnih napravah gospodinjstev. Dodatno na povišane ravni delcev v zraku vplivajo tudi neugodne vremenske razmere v slabo prevetrenih kotlinah in dolinah celinskega dela Slovenije, kjer so pogosti izraziti temperaturni obrati. Tedaj lahko že manjša gostota izpustov povzroči čezmerno onesnaženost zraka. Preseganja dnevni mejni vrednosti so 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. S skladnostjo z letnimi mejnimi vrednostmi je v Sloveniji manj težav kot z dnevnimi mejnimi vrednostmi, ker so ravni delcev v topli polovici leta zaradi boljše prevetrenosti nizke, poleg tega pa so izpusti delcev izven kurilne sezone bistveno manjši. Čezmerna onesnaženost z delci v Sloveniji je predvsem posledica lokalnih izpustov in le v manjši meri prenosa onesnaževal v regionalnem merilu. Tako je na primer število dni s preseženo dnevno mejno vrednostjo delcev PM₁₀ v Velenju kar petkrat manjše od tistega v Celju, merilni mesti pa sta oddaljeni manj kot dvajset kilometrov in imata podobne meteorološke značilnosti.

V zadnjih petih letih je bilo dopustno število preseganj dnevne mejne vrednosti za delce PM₁₀ preseženo na skoraj vseh stalnih merilnih mestih v urbanem okolju. Preseganj dopustnega števila dnevni mejni vrednosti nismo zabeležili na Primorskem, kjer je boljša prevetrenost kot v celinskem delu Slovenije, hkrati pa je zaradi toplejšega podnebja manjša potreba po ogrevanju in so zato manjši tudi izpusti malih kurilnih naprav za ogrevanje stavb. Od merilnih mest na urbanih področjih celinskega dela Slovenije dopustnega števila preseganj nismo izmerili le na merilnem mestu Velenje. Tudi tam so meteorološke razmere neugodne, so pa zaradi razvitega sistema daljinskega ogrevanja, ki je nadomestil večino malih kurilnih naprav za ogrevanje stavb na tem območju, ravni delcev PM₁₀

pod mejnimi vrednostmi. Letna mejna vrednost za delce PM_{10} je bila po letu 2008 prekoračena le na merilnem mestu Ljubljana Center, ki je izpostavljeno izpustom prometa.

Za doseganje skladnosti z mejnimi vrednostmi za delce PM_{10} je Vlada Republike Slovenije v sodelovanju z lokalnimi skupnostmi pripravila Načrte za kakovost zunanjega zraka za mestne občine Celje, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto ter Zasavske občine Hrastnik, Trbovlje in Zagorje. Načrti so usmerjeni predvsem v zmanjševanje izpustov zaradi ogrevanja stavb in izpustov cestnega motornega prometa.

Ravni delcev PM_{10} so bile leta 2016 podobne kot leto poprej. Dopustno število preseganj dnevne mejne vrednosti za delce PM_{10} (35) je bilo preseženo na desetih merilnih mestih v urbanem okolju. V celinskem delu Slovenije na urbanih merilnih mestih dopustno število preseganj ni bilo preseženo le na merilnih mestih Kranj, Hrastnik, Velenje in Maribor- Vrbanski plato. Na merilnih mestih na Primorskem, kot običajno dopustno število prekoračitev dnevne mejne vrednosti ni bilo preseženo. Največ 66 preseganj je bilo leta 2016 izmerjenih na prometno zelo obremenjenem merilnem mestu Ljubljana Center. Letna mejna vrednost za delce PM_{10} v letu 2016 na nobenem merilnem mestu ni preseгла mejne vrednosti, čeprav se je povprečna letna raven delcev PM_{10} na postaji Ljubljana Center zelo približala tej vrednosti. Po letu 2002 je predvsem na urbanih lokacijah opazen trend zmanjševanja ravni, a hkrati izrazite medletne variacije zaradi različnih meteoroloških razmer posameznih let. Trend zmanjševanja ravni delcev pripisujemo predvsem zmanjšanju izpustov v industriji.

Za delce $PM_{2,5}$ je določena letna mejna vrednost. V Sloveniji se s povišanimi ravni delcev srečujemo predvsem v hladni polovici leta, letno povprečje pa zniža z delci manj onesnažen zrak v topli polovici leta. Od začetka meritev in tudi v letu 2016 na nobenem od štirih merilnih mest mejna vrednost delcev $PM_{2,5}$ ni bila prekoračena.

Dominanten vpliv kurjenja lesa k čezmerni onesnaženosti zraka z delci PM_{10} je pokazalo tudi receptorsko modeliranje. V zadnjih letih je bila analiza opravljena na merilnih mest Ljubljana Biotehnična fakulteta, Maribor, Celje, Novo Mesto in Kranj. V dnevih, ko je bila presežena dnevna mejna vrednost za delce PM_{10} , je v Novem mestu, Ljubljani in Celju polovični delež k ravni delcev v zraku prispevalo kurjenje lesa. V Kranju in Mariboru pa je bil prispevek kurjenja lesa tretjinski. Na večini lokacij nato sledi prispevek anorganskih sekundarnih delcev, ki so po izvoru večinoma širšega regionalnega značaja ter lokalni prispevek zaradi prometa in resuspenzije.

Onesnaženost z ozonom ima v nasprotju z onesnaženostjo z delci izrazit regionalni značaj z odločilnim vplivom čezmejnega transporta onesnaženosti. Podatki meritev kažejo, da je Slovenija ena izmed z ozonom bolj onesnaženih evropskih držav. Dopustno število prekoračitev ciljne maksimalne 8-urne ravni za zaščito zdravja je bilo v zadnjih letih preseženo na skoraj vseh merilnih mestih. Izjema so le merilna mesta pod neposrednim vplivom izpustov prometa, kjer je zaradi reakcije ozona z dušikovimi oksidi raven ozona na omejenem območju nižja. Ravno tako so na reprezentativnih merilnih mestih za zaščito vegetacije presežene tudi kritične vrednosti. Onesnaženost z ozonom je najvišja na Primorskem, ki je bolj pod vplivom čezmejnega transporta ozona in njegovih predhodnikov, hkrati pa so tam ugodnejši meteorološki pogoji za tvorbo ozona. Z vidika letnih povprečij pa so v Sloveniji najvišje izmerjene ravni ozona na merilnem mestu na Krvavcu, kar je značilno za postaje v visokogorju.

V letu 2016 so bile ravni ozona nekoliko nižje kot v letu 2015, kar predvsem pripisujemo manj ugodnim meteorološkim pogojem za tvorbo ozona. Opozorilna urna vrednost v letu 2016 ni bila zabeležena na nobenem merilnem mestu.

Onesnaženost zraka z dušikovim dioksidom je največja na merilnih mestih izpostavljenih cestnemu prometu, ki je največji vir dušikovitih oksidov. Glede na skladnost z mejnimi vrednostmi za dušikov dioksid Slovenija spada med manj onesnažene države Evrope. Čezmerna onesnaženost je bolj izrazit problem večjih mest in aglomeracij. Dnevna mejna vrednost v Sloveniji v letu 2016 kot tudi v preteklih letih ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Letna mejna vrednost po letu 2014 ni prekoračena tudi na z dušikovimi oksidi najbolj obremenjeni merilni postaji Ljubljana Center.

Po onesnaženosti zraka z benzo(a)pirenom je Slovenija nekoliko nad povprečjem držav EU. Ravni so zaradi neugodnejših meteoroloških pogojev in izpustov malih kurilnih naprav bistveno večje pozimi. Ravni benzo(a)pirena v urbanem okolju (merilni mesti Ljubljana Biotehnična fakulteta in Maribor Center) sta bili v letu 2016 na nivoju ciljne vrednosti, ki pa ni bila presežena. Raven benzo(a)pirena na merilnem mestu Iskrba je bistveno nižja.

V letu 2016 na vseh merilnih mestih v Sloveniji ni bila izmerjena niti ena prekoračitev urne mejne vrednosti za žveplov dioksid. Za vsako merilno mesto pa je dopustno 24 prekoračitev urne mejne vrednosti v koledarskem letu. Izmerjene povprečne dnevne ravni so na vseh postajah precej pod mejno vrednostjo.

Ravni benzena in ogljikovega monoksida so pod mejnimi vrednostmi. Povprečna letna raven benzena na merilnem mestu mestnega ozadja Ljubljana Bežigrad in na prometnem merilnem mestu Maribor Center je v letu 2016, kakor tudi v vseh drugih letih v nizu meritev, znašala manj kot tretjino mejne vrednosti. Najvišja izmerjena raven ogljikovega monoksida se na nobenem merilnem mestu ni niti približala mejni vrednosti.

Nekoliko povišane so ravni težkih kovin na merilnem mestu Žerjav v Mežiški dolini zaradi dolgoletnega pridobivanja svinca in njegove predelave, ki poteka še danes. Na merilnem mestu Žerjav je raven svinca v letu 2016 znašala dve tretjini mejne vrednosti, za nikelj in arzen pa so bile ravni v primerjavi s ciljnimi vrednostmi še nižje. Ravni arzena, niklja in svinca se v Žerjavu v zadnjih letih niso bistveno spreminjale. Raven kadmija v zraku v Žerjavu pa kaže trend naraščanja in je v letu 2016 rahlo preseгла ciljno vrednost. Povišane ravni težkih kovin v Zgornji Mežiški dolini, predvsem pa vzroke zanje, bo potrebno bolje raziskati. Na drugih merilnih mestih so ravni arzena, kadmija, niklja in svinca močno pod mejnimi oziroma ciljnimi vrednostmi.

Škodljive snovi v tla in površinske vode se lahko vnašajo tudi s padavinami. Onesnaženost in kislost padavin v Sloveniji, ki je predvsem pokazatelj regionalne kakovosti zraka, je manjša, kot v povprečju v Evropi in kaže rahel trend izboljševanja.

Povzetek rezultatov meritev kakovosti na posameznih merilnih mestih v letu 2016, s poudarkom na skladnosti z mejnimi in ciljnimi vrednostmi je prikazan v tabeli A. Tabela prikazuje ravni kakovosti zraka. Pri tem so kot kriteriji izbrane mejna ali ciljne vrednosti, ter spodnji in zgornji ocenjevalni prag. Spodnji in zgornji ocenjevalni prag se sicer uporabljata za določevanje načina ocenjevanja kakovosti zraka, posredno pa lahko služita tudi za ilustracijo kakovosti zraka.

Summary

Air pollutants affect human health, ecosystems and the built environment, therefore air quality is a key environmental status indicator. Air pollution is the single largest environmental health risk in Europe and imposes large economic costs to society.

In the past the major issue concerning air quality in Slovenia were extreme sulphur dioxide levels. Due to abatement measures in power plants and industry and after the introduction of low sulphur fuels, levels of sulphur dioxide decreased drastically. Nowadays the elevated PM₁₀ and ozone levels in Slovenia represent the major challenge.

Slovenia is one of the countries in EU with the highest PM₁₀ levels. It also has one of the largest PM₁₀ emissions per capita and per land area. High emissions are due to widespread use of wood for domestic heating in technically outdated stoves and boilers. In basins and valleys in the continental part of Slovenia low wind speed conditions prevail, accompanied by pronounced long-lasting temperature inversions in the colder period of the year. Those unfavourable meteorological conditions significantly contribute to the high PM₁₀ levels. Regional transport of the pollution is not the dominant reason for the exceeded daily PM₁₀ values. Thus for instance the number of the exceedances for the urban measuring sites in Velenje and Celje differ by a factor of five, despite those locations are less than 20 km apart and share similar meteorological conditions.

Most urban monitoring stations in the continental part of Slovenia in the last five years exceeded the allowed number of daily PM₁₀ limit value exceedances. There were fewer exceedances in the Primorska region, Mediterranean part of Slovenia where low wind and stable atmospheric conditions are much less common. As exceedances are in great part attributed to wood combustion in domestic heating appliances, levels in the warmer part of the year are much lower than in winter. After 2008 the yearly limit value for PM₁₀ was exceeded only at the monitoring site Ljubljana Centre that is directly influenced by road transport. Due to the much lower levels in the warmer part of the year, the yearly limit value for PM_{2,5} has never been exceeded at any of the monitoring sites.

To achieve compliance with the PM₁₀ daily limit value, the Government of Slovenia has prepared, in cooperation with the local communities, air quality plans for the municipalities of Celje, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto and for the municipalities in Zasavje region Hrastnik, Trbovlje and Zagorje. Air quality plans mostly target residential heating and road traffic emissions.

In 2016 the PM₁₀ levels were similar to the levels in 2015. More than 35 exceedances of the daily limit value were measured at the ten urban monitoring sites. In the continental part of the Slovenia there were only four measuring sites in compliance with the daily PM₁₀ limit value. In the Primorska region, there were, as in previous years, all stations in compliance with the daily

limit value. In 2016, as well as in 2015 there were no exceedances of the yearly PM₁₀ limit value recorded on any of the measuring sites. Similarly, the yearly limit value for PM_{2,5} was not exceeded anywhere. In general decreasing trend of the PM levels is observed after 2002, although there are significant yearly variation due to different meteorological conditions in particular year. The decrease in PM levels is attributed mainly to decrease in industrial emissions.

Receptor modelling proved the dominant influence of the wood combustion on PM₁₀ ambient air levels. In the days with the exceeded daily limit value, the contribution of the wood combustion accounted for half of the PM₁₀ levels in Novo mesto, Ljubljana in Celje. In Kranj and Maribor the contribution of wood combustion accounted for one third of the the PM₁₀ levels. On the most of the locations the contribution of the secondary inorganic particulate matter is second most important, followed by road transport including resuspension.

Ozone pollution in Slovenia results mainly from pronounced influence of the trans-boundary pollution which ranks Slovenia among the most ozone affected countries in Europe. The maximum daily eight hour mean value for the protection of human health is exceeded at almost every measuring site. As expected, lower concentrations were measured at the sites, which are directly influenced by the road transport. The highest concentrations are measured in Primorska region that is under the greatest direct influence of trans-boundary pollution. The highest average yearly concentrations are measured at the high altitude monitoring sites (eg. Krvavec). In 2016 levels of ozone pollution were slightly lower than in 2015. There were no exceedance of the information threshold in Slovenia in the year 2016.

Nitrogen dioxide levels are the highest at road transport monitoring sites because traffic is the main source of nitrogen oxides. Excessive nitrogen dioxide pollution is an issue especially in large cities and agglomerations. Slovenia ranks as one of less polluted countries in Europe with respect to nitrogen dioxide. In the past years the yearly limit value was exceeded only at the monitoring site Ljubljana Centre while the daily limit value was not exceeded at any monitoring site. Since 2014 there were no exceedances yearly limit value for nitrogen dioxide recorded at any of the monitoring station in Slovenia.

The benzo(a)pirene levels in Slovenia are above the European average. In 2016 the average concentrations were very close to the exceedance of the target value at the urban monitoring sites Ljubljana Biotehnična fakulteta and Maribor Centre, while the levels at the remote station Iskrba were as expected much lower.

In 2016 there was no exceedances of the hourly, daily and yearly SO₂ limit value recorded in Slovenia.

Benzene and carbon monoxide levels are below the limit value at all monitoring sites in Slovenia. The yearly average concentration of benzene was, at the urban background monitoring site of Ljubljana Bežigrad and at the traffic monitoring site of Maribor Centre, less than one third of the limit value. The maximal concentration of carbon monoxide was far below the limit value.

The levels of arsenic, cadmium, nickel and lead were much below their target or limit values, with the exception of the Žerjav. The surroundings of Žerjav is contaminated with heavy metals because of the past lead mining and processing. In the 2016 the level of lead in Žerjav was two thirds of the limit value. The levels of cadmium in Žerjav were in 2015 close to the target value,

however in 2016 the target value was slightly exceeded.

Precipitations can also contribute to the contamination of soil and water. Pollutant content and acidity of precipitations is an important indicator of regional air quality. Precipitations in Slovenia are in comparison with Europe on the average less polluted and the situation is also slightly improving.

The outline of pollution levels at the individual stations for the year 2016 is presented in table A.

1. Uvod

Kakovost zraka je eden izmed najpomembnejših vidikov stanja okolja. Še več, onesnažen zrak vpliva na zdravje in počutje ljudi bolj kot drugi okoljski vplivi in velja za najpomembnejši javno zdravstveni problem povezan z onesnaževanjem okolja. Predstavlja tveganje za zdravje, ki se mu praktično ni mogoče izogniti. Poleg tega onesnažen zrak vpliva tudi na ekosisteme ter škoduje stavbam in drugi infrastrukturi.

Med onesnaževala zraka sodijo plini kot so na primer dušikovi in žveplovi oksidi ali ozon. Med onesnaževala zraka uvrščamo tudi delce različne velikosti in sestave, ki zaradi svoje majhnosti lebdi in se zato dlje časa zadržujejo v zraku. Onesnaženost zraka je predvsem posledica človekove dejavnosti. Kakovost zraka lahko poslabšajo tudi naravni viri, kot so na primer izbruhi ognjenikov, požari v naravnem okolju ali saharski prah. Nekatera onesnaževala v zrak neposredno sproščajo viri onesnaževanja. Druga, tako imenovana sekundarna onesnaževala, kot na primer ozon, nastajajo v ozračju kot produkt zapletenih kemičnih pretvorb snovi, ki jih imenujemo predhodniki. Pomemben vidik onesnaženosti zraka je tudi transport onesnaževal zaradi gibanja zračnih mas, ki lahko poteka tudi na velike razdalje. Tako lahko onesnaževala zraka vplivajo na človeka in okolje daleč od mesta njihovega izpusta.

V Evropi je bilo v obdobju od 2012 do 2014 več kot 90 % mestnega prebivalstva izpostavljenega ravnemu onesnaževalu v zraku, ki so višja od priporočil Svetovne zdravstvene organizacije [1]. Neposredni vplivi onesnaženega zraka na človeka potekajo predvsem preko dihalnih organov, kjer škodljive snovi prehajajo v telo in na kompleksen način vplivajo na procese v človeku (slika 1.1 in tabela 1.1). Škodljive snovi v zraku lahko onesnažijo tudi tla ali hrano, vstopijo v prehransko verigo človeka in tako vplivajo na človekovo zdravje in počutje.

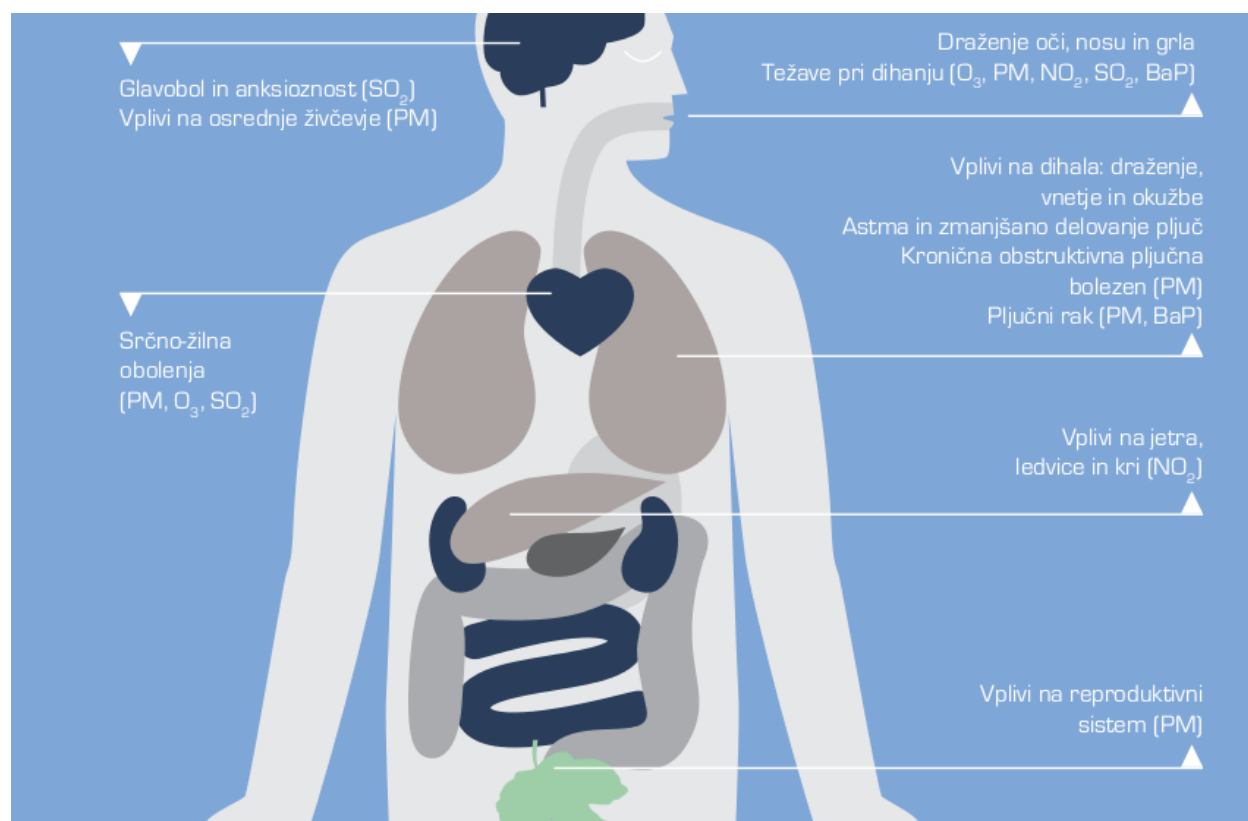
Evropska agencija za okolje ocenjuje, da je onesnažen zrak v EU-28 v letu 2013 povzročil več kot 400.000 prezgodnjih smrti [1], kar je desetkrat več, kot je bilo smrtnih primerov zaradi prometnih nesreč. Najpogostejši vzroki prezgodnje smrti povezani z onesnaženostjo zraka so bolezni srca in obtočil, srčna kap (80 odstotkov primerov), sledijo pa bolezni dihal in pljučni rak [2]. Poleg tega onesnažen zrak zvišuje pogostnost zbolevanja za boleznimi dihal, srca in obtočil ter pljučnim rakom.

Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) je onesnažen zunanji zrak leta 2013 uvrstila med kancerogene vplive na ljudi. S povečano pojavnostjo raka je najtesneje povezana onesnaženost zraka z delci. Izpostavljenost onesnaženemu zraku povzroča nastanek pljučnega raka in je povezana s povečanim tveganjem za nastanek raka na mehurju [3].

Novejše raziskave kažejo, da lahko izpostavljenost onesnaženemu zraku v zgodnjem otroštvu pomembno vpliva na razvoj otroka in sproži nastanek bolezni, ki se pokažejo šele kasneje v odrasli

dobi [4]. Po podatkih WHO lahko izpostavljenost onesnaženemu zraku med nosečnostjo med drugim povzroči zmanjšano rast plodu, prezgodnje rojstvo in spontani abortus [5, 6]. Obstajajo indicacije, da je lahko prizadet tudi imunski sistem novorojenčkov. Vplivi onesnaženega zraka na razvijajoči se zarodek so še posebej zaskrbljujoči, saj lahko vplivajo na razvoj otroka in sprožijo nastanek različnih bolezni, ki se razvijejo kasneje v življenju (astma, alergije, diabetes) [7].

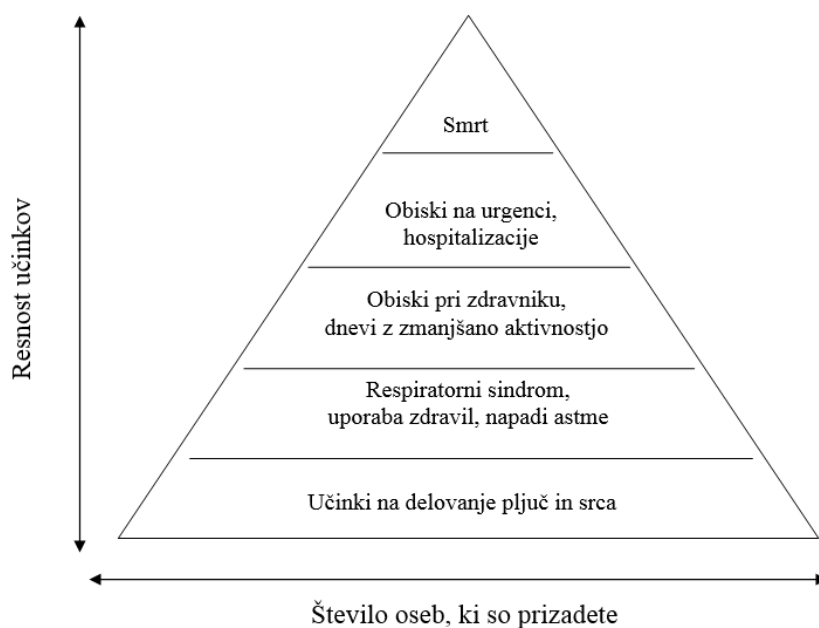
Pri ocenjevanju vpliva onesnaženega zraka na zdravje in počutje ljudi je pomembno, da je delež ljudi, na katere ima onesnažen zrak manjše učinke, bistveno večji od deleža ranljivejše populacije, ki ima izrazit zdravstveni odziv na onesnažen zrak (slika 1.2).



Slika 1.1: Vpliv onesnaževal na človeka [8].

Onesnažen zrak v znatni meri prizadene tudi ekosisteme, tako neposredno, kakor tudi posredno zaradi vnosa škodljivih snovi preko zraka v vode in tla. Leta 2010 je bilo 7 % površine ekosistemov v EU-28 izpostavljenih zakisljevanju zaradi žveplovih in dušikovih oksidov. Še več, istega leta je bilo kar 63 % površine ekosistemov EU izpostavljenih onesnaženosti zraka, ki presega meje evtrofikacije. Na območjih Nature 2000 je ta delež še višji in znaša 73 % [1].

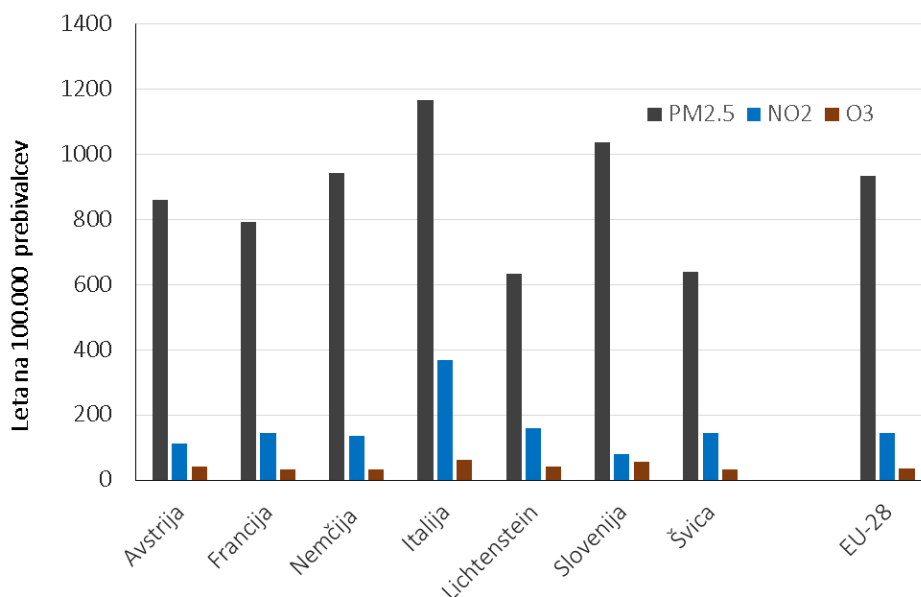
Ekonomski vidik onesnaženosti zraka se zrcali v naraščajočih stroških medicinske oskrbe in zmanjšanju produktivnosti zaradi bolezni. Onesnažen zrak zmanjšuje količino in kakovost pridelkov v kmetijstvu in škodljivo vpliva na gozdove, škoduje pa tudi zgradbam in drugim konstrukcijam. Skupni eksterni stroški, ki so posledica vplivov na zdravje, so v razponu od 330 do 940 milijard EUR. Neposredna gospodarska škoda vključuje 15 milijard EUR zaradi izgubljenih delovnih dni, zdravstvene stroške v višini 4 milijard EUR, izgubo pridelka v višini 3 milijard EUR in škodo na objektih, ki znaša 1 milijardo EUR [2]. Kljub bistvenemu zmanjšanju onesnaženosti zraka v zadnjih



Slika 1.2: Piramida učinkov na zdravje (Vir: US EPA).

50 letih je izboljšanje kakovosti zraka še vedno eden izmed osrednjih ciljev okoljskih politik.

Evropska okoljska agencija je po enotni metodologiji pripravila oceno vplivov onesnaženega zraka na zdravje prebivalcev po državah v Evropi za leto 2013 [1]. Kot je prikazano na sliki 1.3 imajo daleč največji vpliv na leta izgubljenega življenja delci, v Sloveniji več kot desetkrat večji od NO_2 . Vpliv ozona je še nekoliko manjši od vpliva NO_2 . V primerjavi z EU je vpliv delcev in ozona v Sloveniji nekoliko večji kot v EU, NO_2 pa manjši kot v EU.



Slika 1.3: Izgubljena leta življenja zaradi vpliva onesnaženega zraka v Sloveniji in EU [1].

Okoljski vidiki so le eden izmed dejavnikov, ki vpliva na zdravstveno stanje populacije. To v

veliki meri določa tudi način življenja. V Evropi je po ocenah WHO letno 900.000 smrtnih primerov povezanih z nezadostno telesno aktivnostjo, hkrati pa je na tem območju kar 20 do 30 odstotkov populacije predebele. Redno pešačenje in kolesarjenje vključuje telesno aktivnost v vsakdanje življenje, hkrati pa prispeva k zmanjševanju izpustov motornega prometa [9]. Kolesarji in pešci so zaradi povečane telesne aktivnosti lahko bolj izpostavljeni onesnaženemu zraku, vendar izsledki nekaterih novejših raziskav kažejo, da pri zmerni onesnaženosti zraka zdravstvene koristi časovno omejenega aktivnega potovanja v večini primerov presegajo škodljive učinke večje izpostavljenosti onesnaženemu zraku ([10], [11], [12]).

Onesnaženost zraka in podnebne spremembe sta različna, a povezana problema. Toplogredni plini, ki se v ozračju zadržujejo daljši čas, tudi več stoletij, so inertni in na zdravje človeka nimajo neposrednega vpliva. Čas zadrževanja onesnaževal zraka v atmosferi pa traja le nekaj dni ali tednov. Kljub temu določena onesnaževala zraka vplivajo na podnebje. Nekatera prispevajo k neto ohlajanju atmosfere, spet druga pa povzročajo njeno segrevanje. Poleg tega onesnaževala in toplogredne pline pogosto sproščajo iste aktivnosti, kot je na primer uporaba fosilnih goriv, zato obstajajo sinergije med zmanjševanjem onesnaženosti zraka in blaženjem podnebnih sprememb. Obstajajo tudi nasprotja, kot na primer uporaba lesa v energetske namene, ker je CO₂ nevtralno gorivo, sprošča pa lahko visoke izpuste delcev, še posebej če se uporablja v zastarelih malih kurilnih napravah. Izzive izboljševanja kakovosti zraka in blaženja podnebnih sprememb je zato potrebno reševati povezano in s celovitim pristopom.

Zaradi pomembnega vpliva na zdravje in čezmejne narave onesnaževanja je kakovost zraka okoljski vidik, kjer so se najprej začeli procesi usklajevanja in priprave enotnih politik na nivoju Evropske Skupnosti. To velja tudi za standarde kakovosti zraka, ki so enotno urejeni za vse države članice Evropske Skupnosti. Poleg tega je na nivoju EU sprejet širok nabor ukrepov, usmerjen neposredno v zmanjševanje izpustov pri proizvodnji elektrike in toplote, ter iz industrije in vozil. Dodatno so s posebno direktivo [13] omejeni tudi izpusti žveplovih in dušikovih oksidov ter hlapnih organskih spojin in amoniaka na nivoju posameznih držav članic.

Standarde kakovosti zraka določata Direktiva 2008/50/ES o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo [14], ter Direktiva 2004/107/ES o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih [15] v zunanjem zraku. Direktivi določata mejne in ciljne vrednosti ravni onesnaževal v zraku. Mejna vrednost je raven, določena na podlagi znanstvenih spoznanj, katere cilj je, izogniti se škodljivim učinkom na zdravje ljudi oziroma okolje, jih preprečiti ali zmanjšati. Mejno vrednost onesnaževal je potrebno doseči v določenem roku in ko se le-ta doseže, se ne sme več preseči. Ciljna vrednost je raven, določena z namenom izogniti se škodljivim učinkom na zdravje ljudi oziroma okolje, jih preprečiti ali zmanjšati in ki jo je potrebno, če je to mogoče, doseči v predpisanem času. Mejne in ciljne vrednosti so postavljene ob upoštevanju smernic WHO, a so v večini primerov nekoliko višje zaradi zagotavljanja njihove izvedljivosti. Za varstvo rastlin so določene kritične vrednosti. Pri onesnaževalih z akutno toksičnostjo so prepisane tudi opozorilne in alarmne vrednosti. Opozorilna vrednost pomeni raven, katere preseganje pomeni tveganje za zdravje ljudi zaradi kratkotrajne izpostavljenosti še posebej občutljivega dela prebivalstva in pri kateri je potrebno takojšnje obveščanje javnosti. Pri preseženi alarmni vrednosti pa je tveganje za zdravje ljudi že tolikšno, da se zahteva takojšnje ukrepanje.

Zakonodaja predpisuje mejne vrednosti za delce PM₁₀ in PM_{2,5}, žveplov dioksid (SO₂), ogljikov monoksid (CO), dušikov dioksid (NO₂), svinec (Pb) in benzen (C₆H₆). Ciljne vrednosti so predpisane za onesnaževala ozon (O₃), arzen (As), kadmij (Cd), nikelj (Ni) in benzo(a)piren. Kritične vrednosti so predpisane za dušikove okside (NO_x) in žveplov dioksid. Opozorilna vrednost je predpisana za ozon, alarmne vrednosti pa za dušikov dioksid, žveplov dioksid in ozon.

V primeru prekoračenih mejnih vrednosti zahteva direktiva [14] pripravo načrtov za kakovost zraka. Ti načrti na čezmerno onesnaženih področjih nadgrajujejo ukrepe, ki so bili za izboljšanje zraka sprejeti na evropski ali nacionalni ravni. Tako je za doseganje skladnosti z mejnimi vrednostmi za delce PM₁₀ Vlada Republike Slovenije v sodelovanju z lokalnimi skupnostmi pripravila Načrte za kakovost zunanjega zraka za mestne občine Celje [16], Kranj [17], Ljubljano [18], Maribor [19], Mursko Soboto [20], Novo mesto [21] ter Zasavske občine Hrastnik, Trbovlje in Zagorje [22]. Ti načrti, ki so bili sprejeti v letih 2013 in 2014, so usmerjeni predvsem v zmanjševanje izpustov zaradi ogrevanja stavb in izpustov cestnega motornega prometa.

Direktivi 2008/50/ES in 2004/107/ES določata na nivoju Evropske skupnosti tudi načine ocenjevanja kakovosti zraka. Tako so lahko podatki o kakovosti zraka primerljivi med članicami EU. Direktivi 2008/50/ES in 2004/107/ES sta v slovenski pravni red preneseni z Uredbo o kakovosti zunanjega zraka [23], Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka [24] in Uredbo o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [25]. Uredbi in pravilnik so skupaj z drugimi predpisi s področja ocenjevanja in upravljanja s kakovostjo zraka zbrani in dostopni na spletnem naslovu pristojnega ministrstva.

Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka določa, da v Sloveniji ocenjevanje kakovosti zraka zagotavlja Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). Poleg meritev, namenjenih ugotavljanju skladnosti s standardi kakovosti zraka, izvaja ARSO tudi meritve programa EMEP, ki deluje v okviru Konvencije o prenosu onesnaženja na velike razdalje preko meja [26] in GAW, ki je program Svetovne meteorološke organizacije. Oba programa sta namenjena ugotavljanju prenosa onesnaženja v širših regionalnih in kontinentalnih razsežnostih. Te meritve obsegajo tudi spremljanje kakovosti padavin in usedlin.

Podatke o kakovosti zunanjega zraka na ARSO objavljamo sproti na spletu. Izdajamo mesečni bilten, v katerem so predstavljeni tudi rezultati meritev kakovosti zraka. Objavljeni rezultati sprotnih meritev na spletu in rezultati, prikazani v mesečnih biltenih, imajo status začasnih podatkov. Rezultati meritev, objavljeni v tem poročilu, so bili dodatno preverjeni na vseh stopnjah kontrole podatkov in imajo status dokončnih podatkov.

V tem poročilu prikazujemo rezultate meritev kakovosti zraka v letu 2016 in za ponazoritev trendov onesnaženosti zraka tudi rezultate meritev iz prejšnjih obdobij. Podajamo tudi podatke o izpustih onesnaževal iz državnih evidenc onesnaževal zraka, ki jih prav tako vodimo na ARSO. Pripravili smo tudi primerjave izpustov onesnaževal zraka in kakovosti zraka v Sloveniji s stanjem v drugih državah Evropske unije. Osredotočili smo se predvsem na onesnaževala, ki imajo predpisane mejne ali ciljne vrednosti. Prav tako smo vključili tudi rezultate spremljanja kakovosti padavin, ki prispevajo k izpiranju snovi iz zraka, ter k vnosu le-teh v vode in tla.

Tabela 1.1: Vplivi onesnaževal na zdravje (povzeto po [27], [28]).

DELCI (PM)
Rezultati epidemioloških raziskav kažejo, da ima največji vpliv na zdravje onesnaženost zraka z delci (PM). Izpostavljenost delcem povzroča (ali poslabša) nastanek bolezni dihal ter srca in obtočil, srčnih napadov in aritmij. Povezana je z nastankom ateroskleroze in pljučnega raka. Pri otrocih izpostavljenost z delci onesnaženemu zraku poveča obolevnost za boleznimi dihal (astma). Študije dokazujejo povezavo med onesnaženostjo z delci in prezgodnjo umrljivostjo, boleznimi centralnega živčnega sistema (Alzheimer), presnovnimi boleznimi (sladkorna bolezen tipa 2), ugotavljajo pa tudi druge učinke (npr. prenizka porodna teža).
OZON (O₃)
Izpostavljenost ozonu lahko vpliva na pogostnost obolevanja za astmo, poslabša resnost bolezni in razvoj pljučnih funkcij. Vpliva lahko tudi na prezgodnjo umrljivost. Zadnje epidemiološke raziskave nakazujejo, da je vpliv ozona na umrljivost večji kot je to veljalo do sedaj.
DUŠIKOVI OKSIDI (NO_x)
Številne raziskave objavljene v zadnjem desetletju navajajo povezave med izpostavljenostjo dušikovim oksidom in smrtnostjo zaradi vseh vzrokov ter smrtnostjo zaradi srčno-žilnih bolezni in bolezni dihal ter obolevnostjo dihal.
POLICIKLIČNI AROMATSKI OGLJIKOVODIKI (PAH)
Policiklični aromatski ogljikovodiki s posebnim poudarkom na benzo-a-pirenu (BaP) veljajo za kancerogene. WHO v svojih publikacijah navaja tudi nove dokaze o povezavah med izpostavljenostjo PAH in povečano obolevnostjo in umrljivostjo zaradi bolezni srca in obtočil.
ŽVEPLOVI OKSIDI (SO_x)
Izpostavljenost žveplovim oksidom poslabšuje astmo, lahko zmanjša pljučno funkcijo in povzroča vnetja dihal. Izpostavljenost žveplovim oksidom lahko povzroča tudi glavobol, splošno slabo počutje in razdražljivost.
OGLJIKOV MONOKSID (CO)
Izpostavljenost ogljikovemu monoksidu lahko vodi v bolezni srca in obtočil ter poškodbe živčnega sistema. Povzroči lahko tudi glavobol, omotico in utrujenost.
ARZEN (As)
Anorganski arzen je za človeka rakotvoren. Pri izpostavljenosti z vdihovanjem lahko povzroča raka pljuč.
KADMIJ (Cd)
Kadmij in njegove spojine so kancerogene. Vnos kadmija z vdihavanjem predstavlja pri nekadilcih le minimalni del celotne izpostavljenosti, njegova prisotnost v zraku pa je lahko pomembna zaradi posedanja na tla, vstopa v prehransko verigo in s tem zaužitja s hrano.
SVINEC (Pb)
Svinec lahko prizadene skoraj vse organe in sisteme, še posebej pa to velja za živčni sistem in obtočila. Posebej so ranljivi pri otrocih, pri katerih vpliva na razvoj možganov, pri odraslih pa izpostavljenost svincu lahko povzroči povišan krvni tlak.
ŽIVO SREBRO (Hg)
Izpostavljenost živemu srebru lahko negativno vpliva na jetra, ledvice, prebavila in dihala. Škodljivo lahko vpliva tudi na centralni živčni sistem.
NIKELJ (Ni)
Nikelj in številne nikljeve spojine so kancerogene, ima pa tudi druge učinke na zdravje. Vpliva lahko npr. na delovanje žlez.
BENZEN (C₆H₆)
Benzen je rakotvorna snov, ki lahko povzroči levkemijo. Lahko škoduje plodu, vpliva na kri (povzroča slabokrvnost in pretirano krvavenje) in slabi imunski sistem (zmanjšuje odpornost pred infekcijami).

2. Obveščanje javnosti

Obveščanje o sedanji in pričakovani kakovosti zraka prebivalcem omogoča, da zmanjšajo svojo izpostavljenost onesnaženemu zraku in ob epizodah povišane onesnaženosti s svojim ravnanjem pripomorejo k nižjim izpustom onesnaževal. Na ARSO v ta namen sproti posredujemo podatke meritev in pripravljamo napovedi kakovosti zraka. V primerih povišane onesnaženosti objavimo tudi posebna opozorila. Uporabljamo več načinov obveščanja, v nadaljevanju predstavljamo najpomembnejše.

2.1 Indeks kakovosti zunanjega zraka

Agencija RS za okolje je v sodelovanju z Nacionalnim inštitutom za javno zdravje (NIJZ) vzpostavila prenovljen način napovedovanja in prikazovanja podatkov o kakovosti zunanjega zraka v obliki indeksov onesnaženosti. Na novo opredeljeni razredi kakovosti zraka so povezani s priporočili NIJZ za ravnanje prebivalcev ob različnih ravneh onesnaženosti. Predvideni so štiri razredi, uveden pa je tudi barvni prikaz, ki je skladen s sistemom opozoril za vremenske in hidrološke pojave Agencije RS za okolje.

Pri razvoju indeksa so bili pregledani nekateri že obstoječi indeksi (Air Quality Index US EPA, Air Quality Health Index Kanade, Air Quality Health Index Madžarske, Common Air Quality Index razvit v okviru EU projekta CiteAir, Air Quality Index for Health Irske). Izbran je bil način prikazovanja, ki je najbolj primeren za naše razmere.

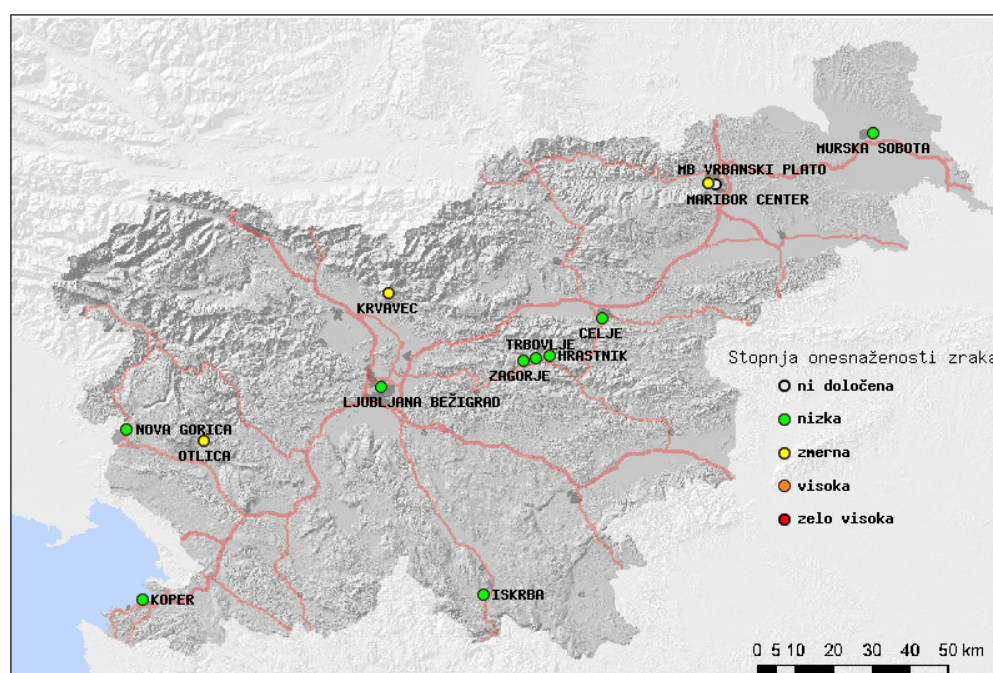
Indeks vključuje štiri onesnaževala: delce PM_{10} , NO_2 , SO_2 in O_3 . Za vsako onesnaževalo se po določenem postopku vsako uro izračuna indeks onesnaženosti. Za O_3 , NO_2 in SO_2 se uporabijo zadnje urne ravni, v primeru delcev PM_{10} pa 24-urno drseče povprečje. Stopnjo onesnaženosti zraka določa onesnaževalo z najvišje izračunanim indeksom. Na podlagi te vrednosti se stanje onesnaženosti zraka uvrsti v štiri razrede: nizka, zmerna, visoka in zelo visoka. S temi razredi so povezane tudi barvne oznake. Nizka onesnaženost se prikazuje z zeleno barvo, zmerna z rumeno, visoka z oranžno in zelo visoka z rdečo barvo.

V primeru O_3 je meja za indeks zelo visoke onesnaženosti opozorilna urna vrednost, za NO_2 in SO_2 pa mejna urna vrednost. Pri delcih PM_{10} je ta meja postavljena pri $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Za delce PM_{10} je predpisana dnevna mejna vrednost $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ki je lahko na posameznem merilnem mestu presežena do 35-krat v letu. Območja vrednosti, pripadajoči indeksi in razredi onesnaženosti so predstavljeni v tabeli 2.1.

Tabela 2.1: Razredi onesnaženosti s pripadajočimi indeksi.

Razred onesnaženosti	Indeks	PM ₁₀ μg/m ³	O ₃ μg/m ³	NO ₂ μg/m ³	SO ₂ μg/m ³
nizka	0–50	0–40	0–60	0–50	0–50
zmerna	51–75	41–75	61–120	51–100	51–100
visoka	76–100	76–100	121–180	101–200	101–350
zelo visoka	>101	>101	>181	>201	>351

Podatki o kakovosti zunanjega zraka na osnovi indeksov se prikazujejo na spletnih straneh ARSO in so obnovljeni vsako uro. Pod zemljevidom s slikovnimi opozorili (slika 2.1) so navedena priporočila NIJZ, vezana na vplive na zdravje. V zimskem obdobju se ta priporočila nanašajo na ravnanje prebivalcev ob povišanih ravneh delcev PM₁₀, v toplejši polovici leta pa na ravnanje ob povišanih vrednostih ozona.



Slika 2.1: Prikaz stopnje onesnaženosti zraka z indeksi.

2.2 Napovedovanje ravni ozona in delcev

Skladno z uredbo o kakovosti zunanjega zraka, ki predpisuje opozarjanje prebivalstva v primerih, ko raven ozona preseže opozorilno urno vrednost 180 μg/m³, v poletnem obdobju napovedujemo razrede onesnaženosti za maksimalno urno vrednost ozona za tekoči in naslednji dan za celotno Slovenijo. V primeru, ko izmerimo preseganje urne opozorilne oziroma alarmne vrednosti za ozon, takoj pošljemo obvestilo ustreznim ustanovam in javnosti preko medijev. V obvestilu o preseganju poleg informacije o času in lokaciji preseganja podamo še informacijo o povprečni 8-urni vrednosti ozona v času preseganja in pričakovane ravni ozona v naslednjih dneh. Podamo tudi priporočila o ukrepih za zmanjšanje izpostavljenosti prebivalstva ob visokih ravneh ozona. V kolikor pa preseganje opozorilnih vrednosti ozona pričakujemo več dni zapored, o tem že vnaprej

obvestimo javnost in ustrezne institucije, ter opozorilo skupaj s priporočili za ravnanje prebivalstva objavimo na spletni strani ARSO.

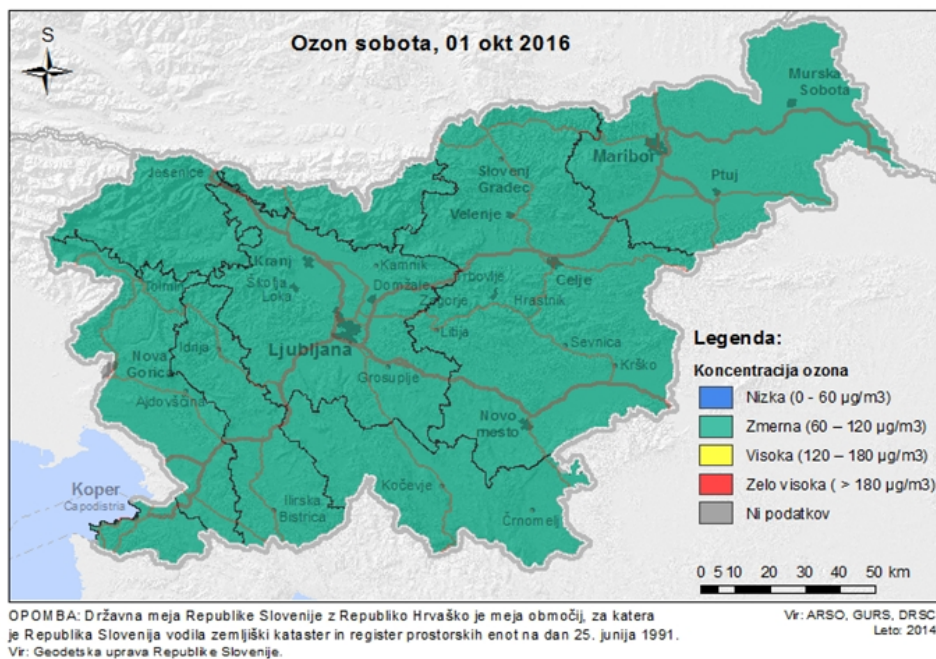
Pri delcih PM₁₀ skladno z zahtevami načrtov za kakovost zraka napovedujemo epizode povišane onesnaženosti zraka z delci PM₁₀, ko pričakujemo, da bodo ravni delcev na posameznem območju presegle 75 µg/m³. Dodatno napovedujemo tudi razrede onesnaženosti za povprečne dnevne ravni delcev PM₁₀. Napovedi pripravljamo za območja občin Ljubljana, Maribor, Celje, Kranj, Novo mesto, Murska Sobota, Trbovlje, Zagorje in Hrastnik, za katere je Vlada Republike Slovenije sprejela odloke o načrtu za kakovost zraka. Napovedi pripravljamo tudi za mestni občini Koper in Novo Gorico. V primeru, ko pričakujemo dnevne ravni delcev PM₁₀ nad 40 µg/m³, pošljemo obvestilo o pričakovanih razredih onesnaženosti občinam in nekaterim institucijam. Medije obveščamo, ko pričakujemo visoko ali zelo visoko stopnjo onesnaženosti, torej dnevne ravni delcev PM₁₀ nad 75 µg/m³. V tem primeru tudi objavimo oranžno opozorilo na osrednji spletni strani ARSO in napovedim dodamo priporočila za zmanjšanje izpustov. Prebivalcem priporočamo da:

- zmanjšajo ogrevanje stanovanjskih in poslovnih prostorov,
- uporabljajo goriva, ki sproščajo nižje emisije delcev, če imajo to možnost,
- intenzivno uporabljajo javni prevoz in druge oblike trajnostnega transporta,
- zmanjšajo uporabo osebnih vozil,
- ne izvajajo dejavnosti na prostem, ki povzročajo razpršene izpuste prahu (npr. gradbišča, pometanje cest, suhega listja),
- ne uporabljajo sekundarnega ogrevanja na biomaso.

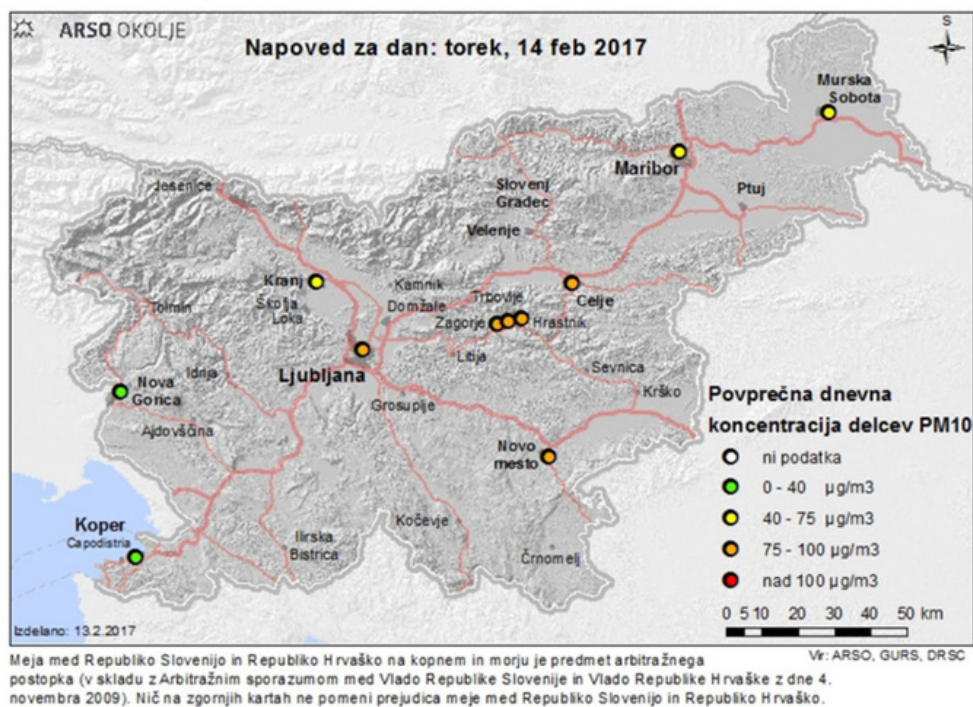
Tako pri ozonu kot pri delcih PM₁₀ objavimo grafično napoved na spletnih straneh ARSO do 9. ure dopoldne (sliki 2.2 in 2.3). Pri delcih PM₁₀ poleg slikovne napovedi dodamo tudi tekstovno.

Pri napovedovanju razredov onesnaženosti si pomagamo s statističnim modelom, ki izračuna ravni onesnaževal za tekoči in naslednji dan, z napovedmi operativnih meteoroloških modelov ter napovedjo modelskega sistema ALADIN/SI-CAMx nad območjem Slovenije in sosednjih držav. Ključno pri izdajanju napovedi je poznavanje tematike ter izkušnje z uporabo in interpretacijo različnih modelov v specifičnih geografskih razmerah Slovenije. Kakovost napovedi onesnaženosti zunanjega zraka se s časom izboljšuje zaradi boljšega razumevanja procesov nad geografsko kompleksnim območjem Slovenije.

Poleg spremljanja napovedi ozona in delcev PM₁₀ na spletnih straneh ARSO priporočamo tudi sprotne spremljanje izmerjenih urnih vrednosti avtomatskih merilnih postaj, da lahko prebivalci glede na trenutne razmere prilagodijo svoje dejavnosti in na ta način zmanjšajo svojo izpostavljenost onesnaženemu zraku. Tekom dneva se namreč lahko pojavijo obdobja, ko se kakovost zraka razlikuje od povprečne dnevne ravni onesnaženosti zraka.



Slika 2.2: Primer napovedi ravni ozona.



Slika 2.3: Primer napovedi ravni delcev PM₁₀.

2.3 Objava podatkov

Podatke iz avtomatskih merilnih postaj tekoče objavljamo na spletni strani ARSO in na teletekstu nacionalne televizije na strani 167, pa tudi na spletnih straneh nekaterih mestnih občin. Pred objavo so podatki le delno preverjeni, zaradi česar imajo splošno informativni pomen. Vrednosti avtomatskih meritev lahko odstopajo od dejanskih in od uradnih kontroliranih vrednosti meritev. Status dokončno potrjenih podatkov dobijo meritve šele po vseh kontrolah, ki se izvajajo na dnevni, mesečni in letni ravni, torej po letnem pregledu. Po mesečnem pregledu podatke meritev objavimo v mesečnem biltenu Naše okolje. Status dokončno potrjenih podatkov pa imajo meritve objavljene v letnih poročilih o kakovosti zunanjega zraka v Sloveniji.

Najbolj pogosti vzroki za izpad avtomatskih meritev oziroma nepravilne vrednosti onesnaževal na spletnih straneh ARSO so naslednji: izpad podatkov zaradi prekinjene komunikacije med merilnim mestom in računalnikom na ARSO, izpad podatkov zaradi prekinjene povezave med merilnikom in postajnim računalnikom, napake na postajnem računalniku oziroma ob izpadu elektrike, izpad podatkov zaradi napake na merilniku, izpad podatkov zaradi napačno izmerjenih kontrolnih vrednosti, ki jih dnevno preverjamo, napačno podana previsoka ali prenizka vrednost onesnaževala, ki je izmerjena ob servisnem posegu ali ob umerjanju merilnikov.

Na spletni strani so dosegljivi tudi dnevni in mesečni podatki o ravneh onesnaženosti z delci ter podatki o kemijskih analizah delcev in padavin. Ti podatki so objavljeni kasneje, ko so opravljene analize v laboratoriju. Na spletni strani ARSO so objavljena tudi druga poročila o dodatnih meritvah ter študijah in modeliranju kakovosti zraka.

3. Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka

V skladu z Direktivo o kakovosti zraka ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka lahko opravljamo s pomočjo rezultatov meritev na stalnih merilnih mestih, indikativnih meritev ali modeliranja kakovosti zraka ter objektivnih ocen. Za meritve na stalnih merilnih mestih Direktiva o kakovosti zraka 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. Direktiva 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 objektivne ocene 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 za določitev načina ocenjevanja kakovosti zraka.

Slovenija je po Uredbi o kakovosti zunanjega zraka za ocenjevanje kakovosti zraka razdeljena na dve območji in dve aglomeraciji, ki sta različni za težke kovine in za druga onesnaževala (tabeli 3.1 in 3.2). 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, katera se obravnava ločeno.

V letu 2016 smo za ocenjevanje kakovosti zraka uporabljali meritve na stalnih merilnih mestih, ki smo jih dopolnjevali tudi z rezultati modeliranja kakovosti zraka.

Tabela 3.1: 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 3.2: 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	

3.1 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 2016 jo je sestavljalo 19 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 in Celje.

Podatki o merilnih mestih, na katerih spremljamo ravni onesnaževal in meteorološke veličine, so podani v tabelah 3.3 in 3.4 in prikazani na sliki 3.1. 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 3.3). Pri tej določitvi so upoštevana določila Evropske okoljske agencije.

Merilna mreža kakovosti zraka DKMZ je bila v letu 2016 po številu merilnih mest, njihovi lokaciji in naboru merjenih veličin enaka kot v letu 2015.

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 center in Zagorje pridobimo podatke o kakovosti zraka ob prometnih cestah. Te lokacije so zaradi večje gostote izpustov iz prometa v neposredni bližini praviloma bolj obremenjene.

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 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 GAW Svetovne meteorološke organizacije, 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 so na voljo le za dnevno povprečje in z večtedenskim zamikom. Enako velja tudi za določanje ravni težkih kovin, kjer se v laboratoriju analizira njihova vsebnost v delcih zbranih na filterih.

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 obdobja s prekomerno onesnaženostjo in ne za določanje skladnosti z mejnimi vrednostmi. Za meritve ravni drugih onesnaževal zraka na ARSO uporabljamo referenčne metode.

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 3.5 podana merilna mesta za meritve kakovosti padavin v letu 2016, ki delujejo v okviru DMKP. Nabor meritev za ugotavljanje kakovosti padavin na merilnih mestih DMKP je podan v tabeli 3.6 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. Tudi za mrežo kakovosti padavin velja, da se glede na leto 2015 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 [29].

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 3.3: Nadmorska višina (NV), koordinati (GKK_y, GKK_x), tip merilnega mesta, tip območja in značilnosti območja za stalna merilna mesta kakovosti zraka v letu 2016.

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
Maribor	270	550305	157414	T	U	RC
MB Vrbanski*	280	548452	158497	B	U	R
Kranj	391	451356	122802	B	U	R
Novo mesto	214	514163	73066	B	U	R
Celje	240	520614	121189	B	U	R
Trbovlje	250	503116	110533	B	S	RCI
Zagorje	241	500070	109663	T	U	RCI
Hrastnik	290	506805	111089	B	U	IR
Nova Gorica	113	395909	91034	B	U	RC
Koper	56	399911	45107	B	U	R
MS Rakičan	188	591591	168196	B	R(NC)	A
Velenje*	389	508928	135147	B	U	RCI
Žerjav	543	490348	149042	I	R	RA
Krvavec	1740	464447	128293	B	R(REG)	N
Iskrba	540	489292	46323	B	R(REG)	N
Otlica	918	415980	88740	B	R(REG)	N
Dopolnilna merilna mreža						
OMS MO Ljubljana						
LJ Center	300	461919	101581	T	U	RC
EIS TEŠ						
Šoštanj	362	504504	137017	I	S	I
Topolšica	399	501977	140003	B	S	IR
Veliki Vrh	555	503542	134126	I	R(REG)	A
Zavodnje	765	500244	142689	I	R(REG)	A
Velenje	389	508928	135147	B	U	RCI
Graška gora	774	509905	141184	I	R(REG)	A
Pesje	391	506513	135806	B	S	IR
Škale	423	507764	138457	B	S	IR
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
Lafarge Cement						
Zelena trava	467	502393	109693	I	R	A
EIS TEB						
Sv.Mohor	390	537299	93935	B	R	A
EIS TE-TOL						
Vnajnarje	630	474596	100884	I	R	A
MO Celje						
AMP Gaji	240	522888	122129	B	U	IC
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

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)

* Z merilnim mestom ne upravlja ARSO

Tabela 3.4: Meritve onesnaževal in meteoroloških parametrov na stalnih merilnih mestih v letu 2016.

Merilno mesto	SO ₂	O ₃	NO ₂ , NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	Benzen	Težke kovine in PAH v PM ₁₀	Ioni v zraku	EC/OC v PM _{2,5} in ioni	Hg	Meteorološki parametri
DMKZ												
LJ Bežigrad	+	+	+	+		+	+					+
LJ Biotehniška				+	+			+		+		
Maribor	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+
MB Vrbanski*					+					+		
Kranj				+								
Novo mesto				+								+
Celje	+	+	+	+								+
Trbovlje	+	+	+	+		+						+
Zagorje	+	+	+	+								+
Hrastnik	+	+		+								+
Nova Gorica		+	+	+								+
Koper		+		+								+
MS Rakičan		+	+	+								+
Žerjav				+				+				
Krvavec		+				+						+
Iskrba	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+
Otlica		+										+
Velenje*				+								
Dopolnilna merilna mreža OMS MO LJUBLJANA												
LJ Center	+		+	+			+					+
EIS TEŠ												
Šoštanj	+											+
Topolšica	+											+
Veliki Vrh	+											+
Zavodnje	+	+	+									+
Velenje	+	+										+
Graška gora	+											+
Pesje	+			+								
Škale	+		+	+								+
EIS TET												
Dobovec	+		+	+								+
Kovk	+	+	+	+								+
Ravenska vas	+											+
Kum	+											+
Prapretno				+								+
Lafarge Cement												
Zelena trava	+		+	+			+					+
EIS TEB												
Sv. Mohor	+	+	+									+
EIS TE-TOL												
Vnajnarje	+	+	+	+								+
MO MARIBOR												
MB Vrbanski		+	+	+								+
Pohorje		+										
MO Celje												
AMP Gaji	+		+	+								
EIS ANHOVO												
Morsko				+								
Gorenje Polje				+								
Občina Miklavž na Dravskem polju												
Miklavž				+								

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 3.5: 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 3.6: 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:

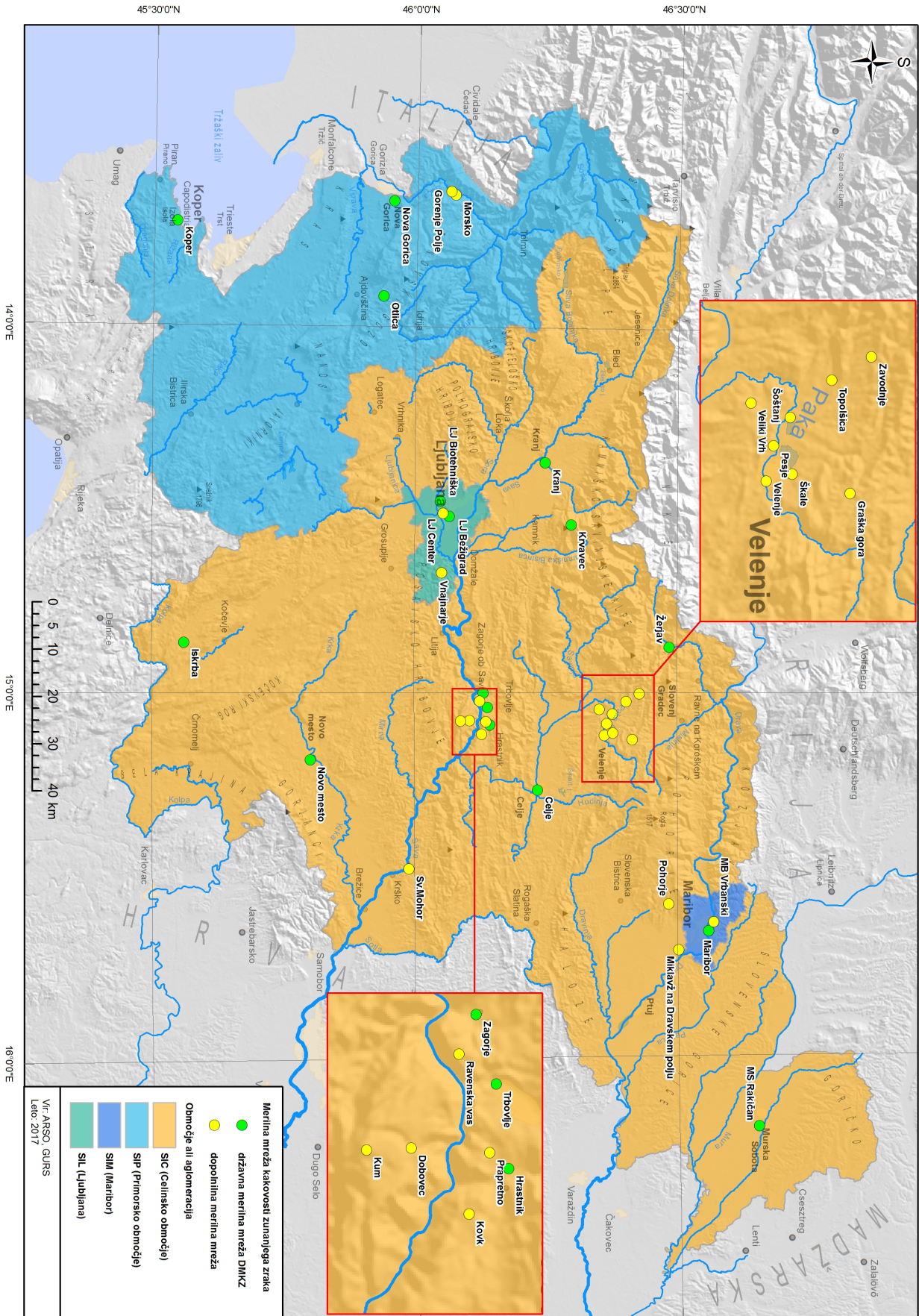
Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻

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 3.1: Merilna mreža kakovosti zunanjega zraka.

3.2 Modeliranje kakovosti zraka z modelom CAMx

Modeliranje kakovosti zraka uporabljamo pri ocenjevanju in napovedi ravni onesnaževal s pomočjo numeričnih modelov za oceno kakovost zraka. Prednost modelov v primerjavi z meritvami je prostorska pokritost. Izračun časovnega poteka ravni onesnaževal zagotavljajo modeli tudi na območjih, kjer meritev ne izvajamo.

Ravni onesnaževal v zraku so v največji meri odvisne od količine izpustov posameznih onesnaževal ter meteoroloških pogojev. Slednji vplivajo na različne načine na to, kako se onesnaževala v ozračju prenašajo, redčijo, sodelujejo v kemijskih pretvorbah ter izločajo oziroma ponovno vnašajo v ozračje. Zaradi zapletene narave meteoroloških in fotokemičnih procesov v ozračju je modeliranje časovnega spreminjanja ravni posameznih onesnaževal še posebej težavno. Poleg tega so podatki o izpustih večinoma obremenjeni z veliko napako, saj je skoraj nemogoče povsem natančno določiti lokacijo, raven in časovno razporeditev posameznih izpustov. Modelski rezultati imajo zato lahko veliko negotovost, še posebej v primeru izračuna ravni delcev, ki med vsemi onesnaževali veljajo za krajevno in časovno najbolj spremenljive.

Na ARSO se za potrebe ocene onesnaženosti zraka na območju Slovenije, analize vzrokov čezmerne onesnaženosti zraka in za podporo napovedovanju ravni onesnaževal, uporablja regionalni disperzijsko-fotokemičen model CAMx (Comprehensive Air quality Model with extensions; Environ, 2016), ki je sklopljen z operativnim meteorološkim modelom ALADIN/SI.

3.2.1 Sklopitev numeričnih modelov ALADIN/SI in CAMx

V modelski sistem ALADIN/SI-CAMx so poleg meteoroloških polj (zračni tlak, temperatura zraka, temperatura tal, hitrost in smer vetra, specifična vlaga, voda v oblaku, padavinska voda, optična debelina oblakov, turbulentna difuzivnost) vključeni tudi podrobno opisani antropogeni izpusti na območju Slovenije in sosednjih držav, kemijske lastnosti modeliranih onesnaževal, fiziografske značilnosti (raba tal, indeks listne površine) ter transport onesnaževal prek robov območja modeliranja, pridobljen iz globalnega fotokemijskega modela. Za modelski sistem ALADIN/SI-CAMx je značilna ločena obravnava meteoroloških in kemijskih procesov. Izračun meteoroloških spremenljivk v modelu ALADIN/SI tako ni odvisen od rezultatov modela CAMx, vendar omogoča izračun ravni onesnaževal z vključitvijo najboljših meteoroloških polj, ki so na voljo na območju Slovenije.

V sedanji konfiguraciji modelskega sistema ALADIN/SI-CAMx je območje modeliranja prilagojeno obstoječi konfiguraciji modela ALADIN/SI. Zaradi časovne zahtevnosti modela CAMx uporabljamo postopek gnezdenja, v katerem imamo dve računski območji. Horizontalna ločljivost notranjega (gnezdenega) računskega območja je 4,4 km in je enaka ločljivosti operativne konfiguracije modela ALADIN/SI. Notranje računsko območje namenoma vključuje tudi večino industrializirane Padske nižine, ki lahko ob določenih vremenskih razmerah s svojimi izpusti znatno poveča količino nekaterih onesnaževal v Sloveniji. Zunanje območje po velikosti skoraj sovпада z območjem meteorološkega modela, ločljivost pa je trikrat manjša (13,2 km). Vertikalni modelski nivoji se ujemajo z vertikalnimi nivoji v modelu ALADIN/SI, le da imamo v modelu CAMx vključenih samo spodnjih 68 nivojev od skupno 87 nivojev v modelu ALADIN. Računanje disperzije onesnaževal in fotokemijskih pretvorb na najvišjih nivojih, zaradi velike nadmorske višine teh nivojev za

napovedovanje kakovosti zraka, v plasti zraka blizu tal ni potrebno.

Zaradi negotovosti vhodnih polj, pomanjkljivosti v opisu procesov v modelskem sistemu, predvsem pa zaradi zapletenosti terena in hkrati slabe prostorske ločljivosti modela, modelski rezultati modelskega sistema ALADIN/SI-CAMx večinoma podcenijo ravni onesnaževal. V primeru delcev PM_{10} modelski izračuni tipično podcenijo izmerjene vrednosti približno za faktor 2.

Ocenjujemo, da je to v veliki meri posledica slabe prostorske ločljivosti modela, ki ne sledi dovolj dobro razgibanemu terenu. Ozkih dolin in kotlin pogosto sploh ne zazna. Posledica tega sta v modelu napovedana manj izrazit temperaturni obrat in bolj intenzivno turbulentno mešanje, kar vodi v nižje izračunane ravni delcev PM_{10} . Problem slabe ločljivosti modela se opaža tudi na tistih območjih z najvišjimi ravnmi onesnaževal, ki so po površini večinoma manjša od velikosti modelske celice. V takih okoliščinah so izračunane ravni onesnaževal v modelski simulaciji dodatno znižane zaradi načina obravnavanja izpustov, ker se le-ti v modelu izračunajo kot povprečje v posamezni modelski celici.

3.2.2 Obravnava obdobja povišane onesnaženosti z delci PM_{10}

Primerjava med modelskimi rezultati in izmerjenimi vrednostmi na merilnih postajah nas še posebej zanima v časovnih obdobjih s povišanimi ravnmi onesnaževal.

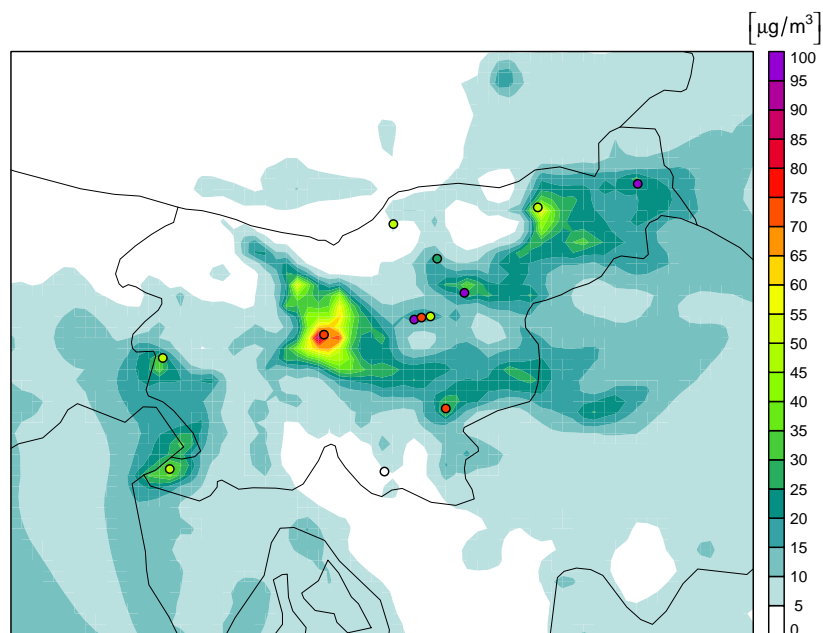
Pri delcih PM_{10} se povišane ravni tipično pojavljajo v zimskih mesecih, ko se v primeru anticyklonalnih razmer s šibkimi vetrovi v prizemnih plasteh pogosto pojavi temperaturni obrat. V teh plasteh imamo šibko vertikalno mešanje zraka, kar povzroči, da se onesnaževala dlje časa zadržujejo v bližini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

V letu 2016 smo za primerjavo modelskih ravni delcev PM_{10} z izmerjenimi vrednostmi na merilnih postajah izbrali obdobje od 5.12.2016 do 16.12.2016, ko so bile na večini merilnih postaj izmerjene povišane ravni delcev PM_{10} . Grafični prikazi podajajo nekaj primerjav med modelskimi rezultati in izmerjenimi vrednostmi za to obdobje.

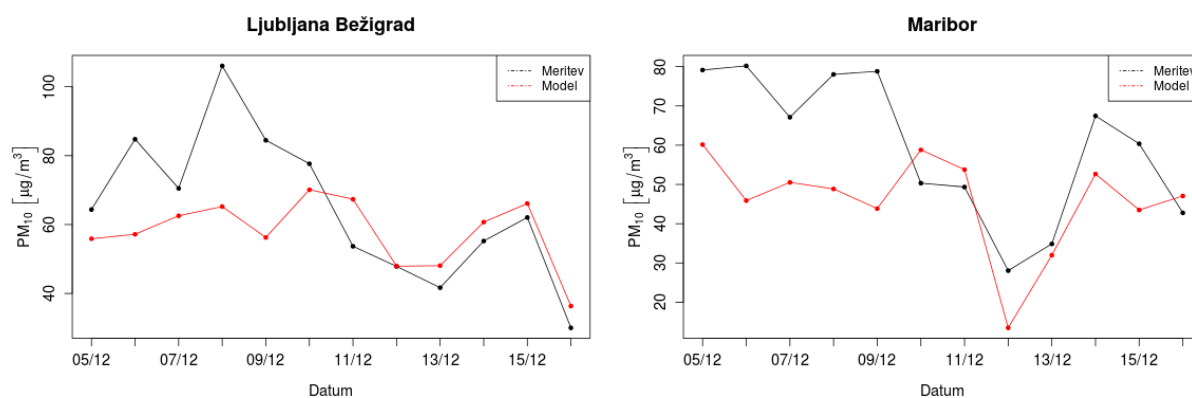
Na sliki 3.2 imamo za posamezne merilne postaje prikazan primer ujemanja modelskih rezultatov z meritvami. Na postajah Ljubljana Bežigrad, Maribor, Iskrba, Koper in Nova Gorica je ujemanje precej dobro. V nekaterih drugih krajih (Murska Sobota, Zagorje, Trbovlje, Hrastnik, Novo mesto) so odstopanja precejšnja. Vzroke za odstopanja gre pripisati predvsem že prej omenjeni slabi prostorski ločljivosti modelskega sistema, ki ne razloči posameznih dolin in kotlin in s tem posledično redči ravni delcev PM_{10} . Vzrok je tudi napačna prostorska razporeditev in podcenjene vrednosti izpustov obravnavanega onesnaževala.

Za nekatere lokacije imamo lahko zelo dobro kvalitativno ujemanje med modelskimi rezultati in izmerjenimi vrednostmi (slika 3.3), čeprav model CAMx pri trenutni konfiguraciji v splošnem podcenjuje raven delcev PM_{10} . Pri primerjavi in interpretaciji rezultatov se je potrebno zavedati, da izmerjene vrednosti ravni onesnaževal predstavljajo točkovni podatek in se lahko tudi v času in prostoru močno spreminjajo. Modelske vrednosti se po drugi strani izračunajo kot volumsko povprečje znotraj modelske celice. To pomeni, da ima izbira lokacije merilne postaje vpliv na rezultate primerjalne analize.

Iz slike 3.4 je razvidno nabiranje delcev v dovolj velikih kotlinah npr. Ljubljanski, v primeru



Slika 3.2: Prikaz polja povprečne dnevne ravni delcev PM_{10} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] modelskega sistema ALADIN/SI-CAMx na prvem modelskem nivoju v notranjem računskem območju, dne 10.12.2016. Točke predstavljajo merilne postaje, ki so obarvane skladno z izmerjenimi vrednostmi dnevne ravni delcev PM_{10} na posameznih postajah.

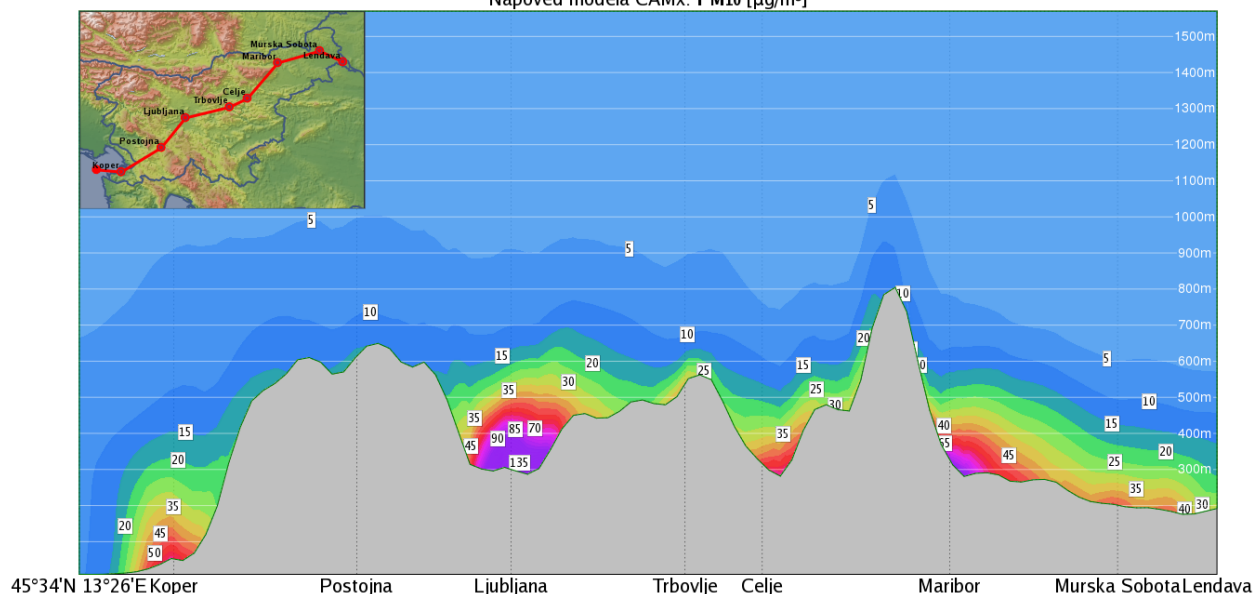


Slika 3.3: Primerjava časovnega poteka dnevne ravni delcev PM_{10} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] med modelom CAMx in izmerjenimi vrednostmi, na merilnih postajah Ljubljana Bežigrad (levo) in Maribor (desno), v obdobju od 05.12.2016 do 16.12.2016. Kot modelski rezultat so prikazane vrednosti na prvem modelskem nivoju v notranjem računskem območju.

manjših kotlin (Celjski) pa ta pojav ni tako izrazit. Poleg vertikalnega poteka ravni delcev PM_{10} je prikazan relief, kot ga vidi modelski sistem ALADIN/SI-CAMx. Velike kotline se v modelu dovolj dobro razločijo, da se v njih zaradi napovedanega temperaturnega obrata lahko nabirajo delci, medtem ko za manjše kotline ta pojav zaradi preslabe modelske ločljivosti ni tako izrazit. V primeru zelo ozkih dolin in kotlin model terena ne razloči, zato so izračunane ravni delcev na takšnih lokacijah močno podcenjene, kot na primer v Zasavju.

Vertikalni časovni presek pokaže značilen potek urne ravni delcev v zimskih dneh s stabilnimi vremenskimi razmerami, ko je zrak najbolj onesnažen v zgodnjih jutranjih urah in zvečer (slika 3.5). Takrat je namreč temperaturni obrat najbolj izrazit in tudi mala kurišča so najbolj aktivna. Čez

VERTIKALNI KRAJEVNI PRESEK
10.12.2016 21:00–22:00
Napoved modela CAMx: PM₁₀ [μg/m³]

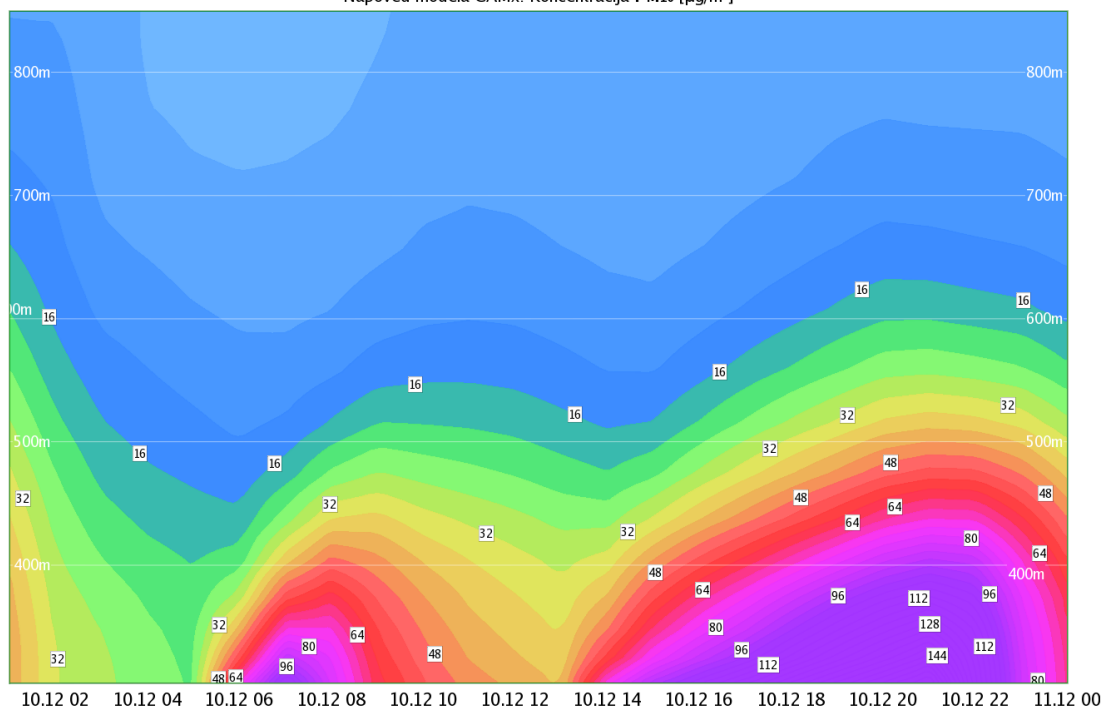


Slika 3.4: Vertikalni krajevni presek urne ravni delcev PM₁₀ [μg/m³] modela CAMx čez Slovenijo, kot ga kaže rdeča črta na zemljevidu (levo zgoraj), dne 10.12.2016, ob deseti uri zvečer. V belih kvadratih so podane vrednosti ravni v izbranih modelskih točkah nad površjem.

dan se zaradi povečanega vertikalnega mešanja onesnaženost zraka z delci prehodno zmanjša, pozno popoldne in zvečer pa se spet začne vzpostavljati stabilna plast hladnega zraka pri tleh, kar posledično privede do povišanih ravni delcev. Urna raven delcev PM₁₀ je odvisna od intenzivnosti in višine temperaturnega obrata. V primeru nizke višine je plast hladnejšega zraka pri tleh plitva oz. volumen zračne mase pod njo majhen, zato lahko že majhna količina izpustov znatno vpliva na ravni delcev pri tleh. Na podlagi dosedanjih izkušenj opažamo, da do takšnih situacij pride predvsem ob jasnem vremenu in manj v primerih z nizko oblačnostjo oziroma meglo. Na povišane ravni delcev PM₁₀ dodatno vpliva snežna odeja, saj je takrat ohlajanje spodnjih plasti ozračja izrazitejše, s tem pa je bolj izrazit tudi temperaturni obrat in zmanjšano vertikalno mešanje.

Za izboljšanje modelskih rezultatov, vrednotenje scenarijev izpustov in ocene posameznih učinkov bomo modelski sistem ALADIN/SI-CAMx posodobili in nadgradili na način, ki bo v prihodnje omogočal tudi uporabo lokalnih disperzijskih modelov z boljšo prostorsko ločljivostjo in podrobnejšim opisom lokalnih meteoroloških značilnosti. Prav tako bomo izboljšali vse vhodne podatke za fotokemični in disperzijski model. Na ARSO posodobitve že izvajamo v okviru projektov LIFE-IP PREPAIR in Sinica. V okviru prvega preverjamo nekatere nove pristope za opis turbulence in določitev vertikalne turbulentne difuzivnosti, ki imajo neposreden vpliv na redčenje onesnaževal z višino in s tem na onesnaženost zraka pri tleh. Spremenili bomo računsko območje, ki bo v večji prostorski ločljivosti poleg Slovenije prekrivalo tudi Padsko nižino. Hkrati bomo pri modelskih zagonih upoštevali bolj podroben opis podatkov o izpustih. V okviru projekta Sinica bomo podrobneje preučili disperzijske modele na lokalni oziroma urbani skali in možnosti sklopitve z regionalnim modelom CAMx. Hkrati bomo izdelali nove evidence o izpustih, ki bodo za širok nabor onesnaževal vsebovale podrobne informacije o njihovi prostorski in časovni razporeditvi. Velik

VERTIKALNI ČASOVNI PRESEK
10.12.2016 01:00 - 11.12.2016 00:00
LJUBLJANA/BEŽIGRAD
Napoved modela CAMx: Koncentracija PM₁₀ [μg/m³]



Slika 3.5: Vertikalni časovni presek urnih ravni delcev PM₁₀ [μg/m³] v Ljubljani, dne 10.12.2016. V kvadratih so podane vrednosti ravni v izbranih modelskih točkah.

poudarek tega projekta je predvsem na posodabljanju in nadgrajevanju merilne mreže z boljšimi merilniki in širšim spektrom opazovanih spremenljivk, kar bo omogočilo boljše razumevanje lokalnih razmer na območjih s povišanimi ravnmi izbranih onesnaževal ter izboljšave lokalnih disperzijskih modelov za oceno in napoved onesnaženosti zraka.

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, saharkega 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.

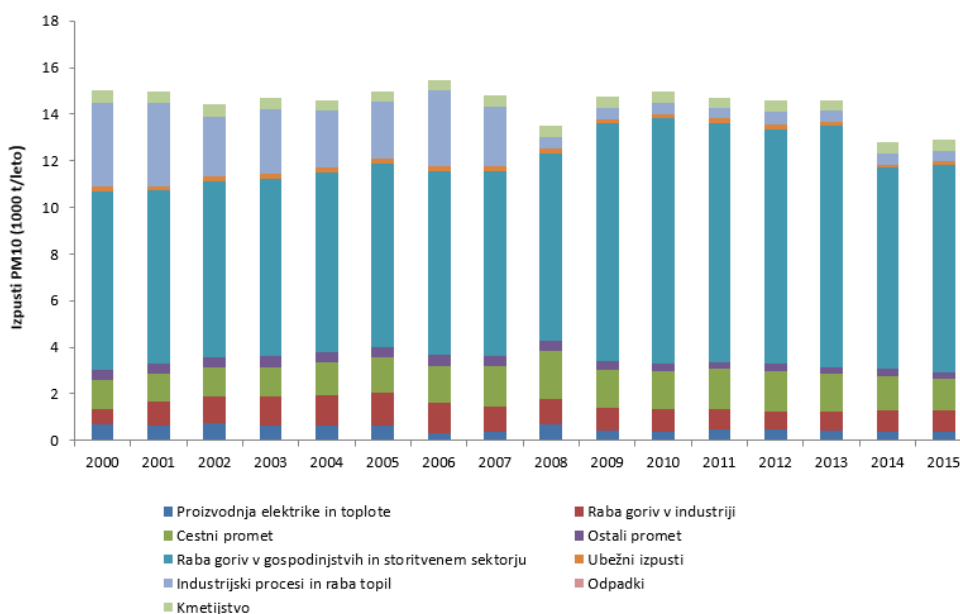
Epidemiološke študije kažejo, da imajo z vidika onesnaženosti zraka najbolj negativen vpliv na zdravje prav delci. Celo ravni pod sedanjimi zakonodajnimi mejnimi vrednostmi predstavljajo zdravstveno tveganje. Poročila Svetovne zdravstvene organizacije kažejo na to, da ne obstaja meja, pod katero ni pričakovati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

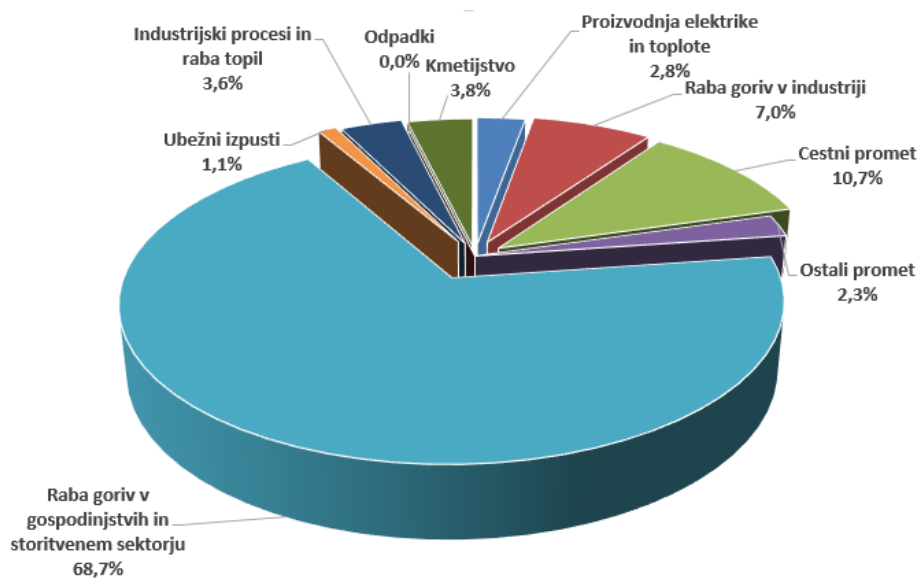
4.1 Izpusti primarnih delcev in predhodnikov

Letni izpusti primarnih delcev manjših od $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}) so v Sloveniji leta 2015 znašali 13 tisoč ton (slika 4.1). V primerjavi z letom 2000 so se zmanjšali za 14 %. 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 (slika 4.2) v letu 2015 prispevala kar 69 %.

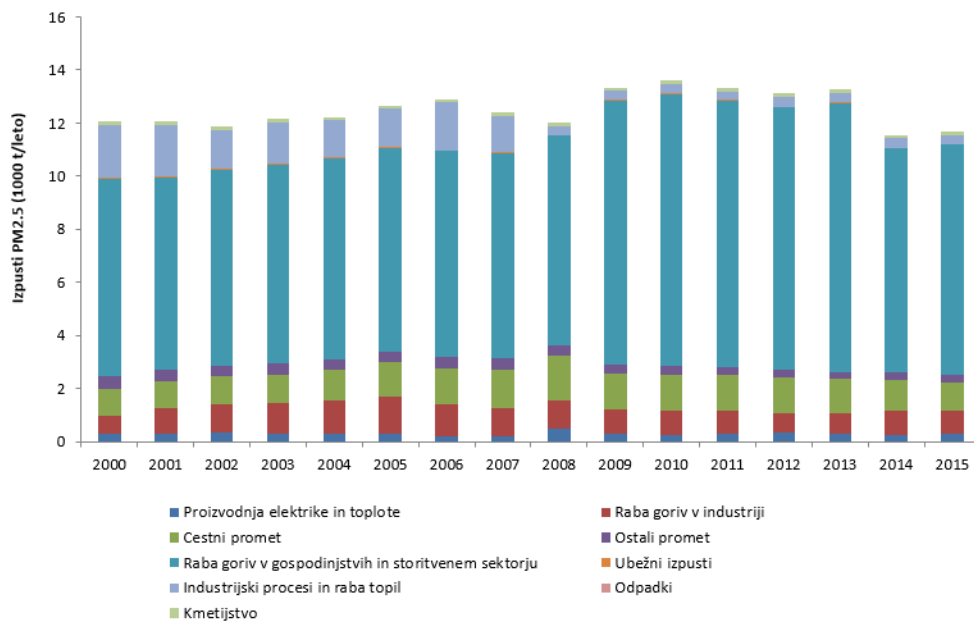
Letni izpusti primarnih delcev manjših od $2,5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) so v Sloveniji leta 2015 znašali 12 tisoč ton (slika 4.3). V obdobju 2000–2015 so se zmanjšali za 3 %. Daleč najpomembnejši vir delcev $\text{PM}_{2,5}$ so mala kurišča, ki prispevajo kar 74 % k skupnim izpustom primarnih delcev manjših od $2,5\ \mu\text{m}$, sledi cestni promet z 9 %. Delce v cestnem prometu sproščajo predvsem dizelski motorji, nastajajo pa tudi pri obrabi cest, gum in zavor. Delež izpustov na izpuhu predstavlja 65 % delcev $\text{PM}_{2,5}$ iz cestnega prometa, obraba gum in zavor prispevata 22 % in obraba cest 13 % (slika 4.4). Slika 4.5 prikazuje prevladujočo vlogo kurilnih naprav na les v skupnih izpustih malih kurilnih naprav.



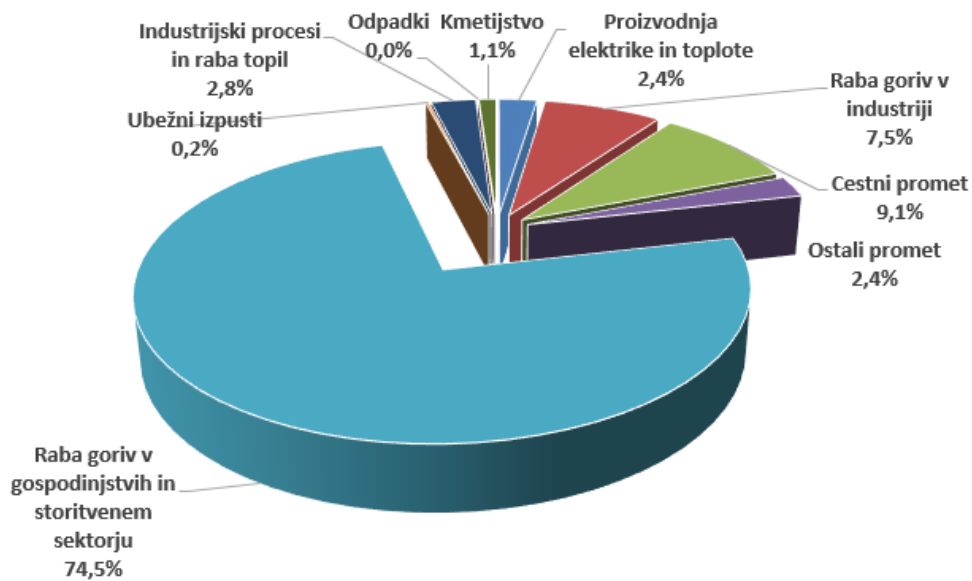
Slika 4.1: Letni izpusti delcev PM_{10} po sektorjih v Sloveniji.



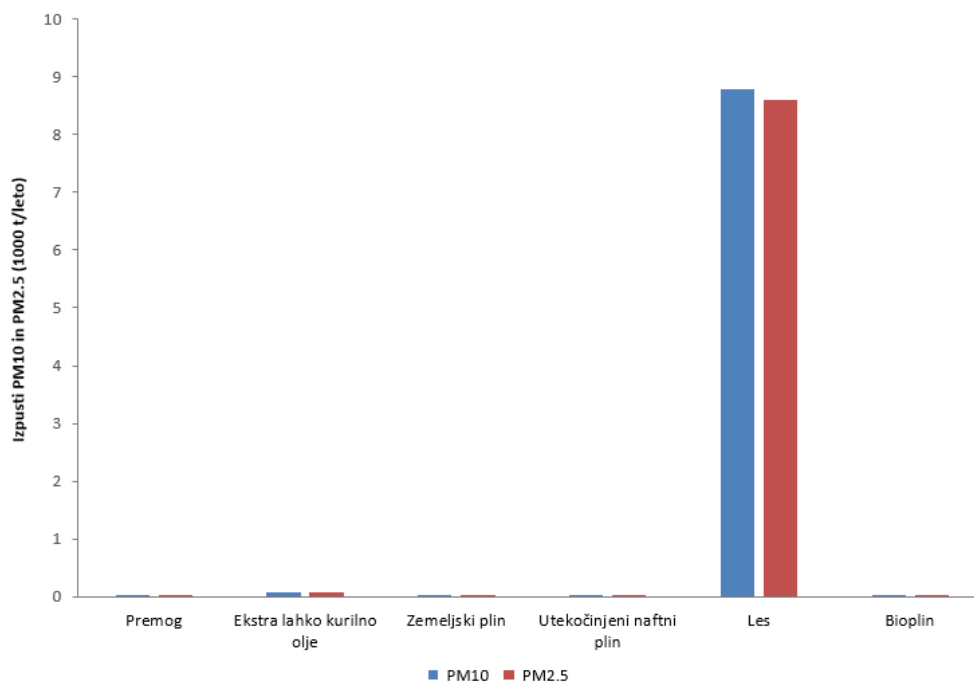
Slika 4.2: Izpusti delcev PM₁₀ po sektorjih v Sloveniji za leto 2015.



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 za leto 2015.



Slika 4.5: Izpusti delcev PM₁₀ in PM_{2,5} iz malih kurišč glede na vrsto uporabljenega goriva v letu 2015.

4.2 Zahteve za kakovost zraka

Mejne vrednosti za delce so predpisane v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [23]. 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 bilo treba doseči mejno vrednost, je 1.1.2020.	
PM _{2,5} , obveznost glede stopnje izpostavljenosti	Triletno povprečje	20 µg/m ³		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
30	29	29	28	27	26	26	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 v mestih, na katerih so ravni reprezentativne za izpostavljenost mestnega prebivalstva in nanje praviloma ne vpliva samo en vir onesnaževanja. KPI je treba oceniti kot drseče povprečje srednjih vrednosti letnih ravni v treh zaporednih koledarskih letih na relevantnih vzorčevalnih mestih. KPI za leto 2016 je triletno drseče povprečje vrednosti ravni na vseh teh vzorčevalnih mestih za leta 2014, 2015 in 2016. 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 2016 je prikazan v tabelah 4.3, 4.4 in 4.5 ter na slikah 4.6 in 4.8. Onesnaženost zraka z delci PM₁₀ je bila leta 2016 primerljiva z letom poprej. Dopustno število preseganj dnevne mejne vrednosti za delce PM₁₀ (35) je bilo v celotnem letu 2016 preseženo na enajstih merilnih mestih. Največ 66 preseganj je bilo izmerjenih na merilnem mestu Ljubljana Center, sledijo Celje (53), Zagorje (48), AMP Gaji Celje (45), Miklavž na Dravskem Polju (45), Maribor center (43), Murska Sobota Rakičan (42), Novo mesto (41), Ljubljana Biotehniška fakulteta (40), Trbovlje (38) in Ljubljana Bežigrad (36). Do večine vseh preseganj je prišlo v

mesecu januarju in decembru, ko je bil pogost izrazit temperaturni obrat, ki neugodno vpliva na razredčevanje izpustov. V primerjavi z letom 2015 je bilo v letu 2016 dopustno število preseganj prekoračeno na več merilnih mestih, 2015 na 8 merilnih mestih in 2016 na 11 merilnih mestih. Število preseganj na najbolj obremenjenih merilnih mestih je bilo v letu 2016 nižje kot leto poprej. V letu 2015 je bilo več kot 70 preseganj na štirih merilnih mestih, v letu 2016 pa na nobenem. Na lokaciji Iskrba, ki predstavlja naravno ozadje, v letu 2016 nismo zabeležili niti enega preseganja dnevne mejne vrednosti. Letna mejna vrednost ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Povprečne letne ravni so bile leta 2015 celo nekoliko višje kot leta 2016.

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 2016. Kljub temu, da so bile v letu 2016 izmerjene višje ravni kot leta 2014, je v obdobju od leta 2002 naprej predvsem na urbanih lokacijah opazen trend zmanjševanja ravni. Ocenjujemo, da je to predvsem posledica zmanjševanja izpustov industrije. V ruralnem okolju trend zmanjševanja onesnaženosti z delci ni tako izrazit. V tem okolju se v zadnjem obdobju za ogrevanje vse več uporablja lesna biomasa, kar prispeva k večjim izpustom. Vpliv ugodnejših vremenskih pogojev v zadnjih zimah je zaradi tega vzroka manj izrazit. Podoben trend je opazen tudi v primeru števila dni s preseženo mejno ravnjo, ki je prikazan na sliki 4.10. 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 prestatitvi vzorčevalnika sredi leta 2013 za približno 20 metrov stran od dimnika bližnje hiše.

Ravni delcev $PM_{2,5}$ spremljamo na štirih merilnih mestih – Maribor Center, Maribor Vrbski 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 ravnjo $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ki po smernicah WHO naj ne bi bila presežena. Na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta je takih dni v letu 2016 kar 83, v Maribor Centru 78, na Vrbskem platuju 66 in na Iskrbi 9.

Kazalnik povprečne izpostavljenosti za $PM_{2,5}$ je znašal leta 2016 za merilna mesta v neizposta-

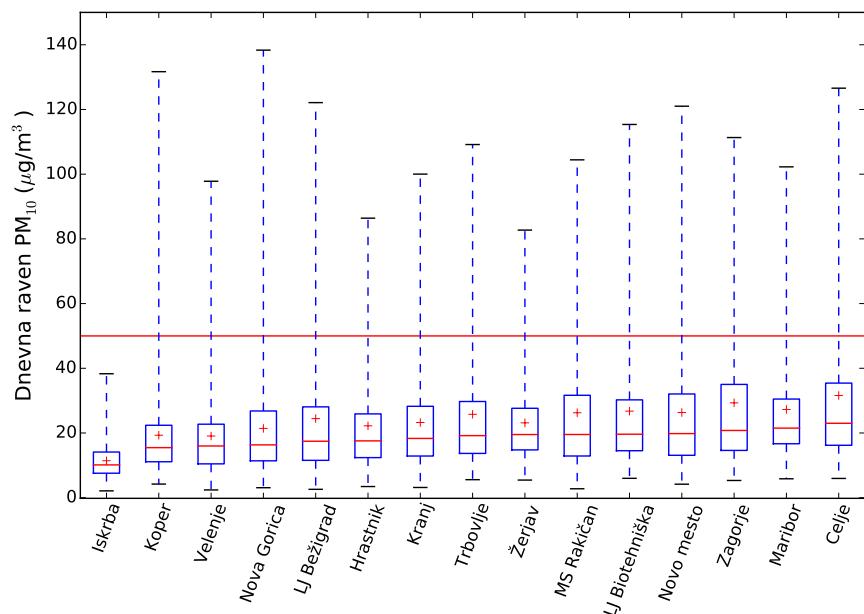
vljenem mestnem okolju $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ljubljana Biotehniška fakulteta) in $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Maribor Vrbanski plato). Obveznost glede stopnje izpostavljenosti znaša za leto 2016 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in je bila v letu 2016 presežena na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška 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 2016. Število preseganj, ki je večje od dopustnega, je označeno s krepko pisavo.

Merilno mesto	Leto		Dan	
	%pod	C_p	max	>MV
DMKZ				
LJ Bežigrad	92	24	122	36
Maribor	99	27	102	43
Celje	99	32	127	53
MS Rakičan	99	26	104	42
Nova Gorica	97	21	138	15
Trbovlje	97	26	109	38
Zagorje	98	29	111	51
Hrastnik	100	22	86	25
Koper	100	19	132	11
Iskrba	96	11	38	0
Zerjav	94	23	83	19
LJ Biotehniška	97	27	115	40
Kranj	95	23	100	27
Novo mesto	95	26	121	41
Velenje	90	19	98	10
Dopolnilna merilna mreža				
EIS Šoštanj				
Pesje	99	23	78	8
Škale	97	16	51	1
Šoštanj	99	19	61	3
EIS Trbovlje				
Prapretno	97	18	60	1
OMS-MOL				
LJ Center	99	39	125	66
EIS TE-TOL				
Vnajnarje	93	17	56	2
MO Celje				
AMP Gaji	97	27	126	45
MO Maribor				
MB Vrbanski	100	20	91	21
Občina Miklavž na Dravskem polju				
Miklavž	98	27	107	45
Salonit Anhovo				
Morsko	95	16	101	6
Gorenje polje	97	17	62	3

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

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	54	18	20	18	13	14	14	13	19	18	24	64
Maribor	54	22	23	23	21	21	18	17	23	23	29	55
Celje	68	30	32	24	18	17	16	16	22	23	36	78
MS Rakičan	59	26	23	18	14	14	14	13	20	21	34	54
Nova Gorica	48	24	22	17	11	13	14	12	18	15	25	36
Trbovlje	60	26	28	19	15	14	15	13	18	21	27	63
Zagorje	64	26	27	19	19	14	14	13	18	24	33	77
Hrastnik	46	20	21	17	14	14	15	13	19	17	23	48
Koper	40	21	18	18	13	15	16	14	17	13	19	28
Iskrba	13	7	11	11	10	12	13	12	14	9	10	15
Žerjav	39	21	21	24	18	18	15	15	19	15	23	45
LJ Biotehniška	58	22	25	20	15	16	17	15	20	20	27	62
Kranj	51	24	23	19	13	14	14	13	19	20	26	61
Novo mesto	59	25	26	18	14	13	15	14	19	21	31	56
Velenje	36	20	19	17	12	12	14	13	19	15	19	37
MB Vrbanski	39	14	17	16	12	15	16	12	15	15	21	42
Vnajnarje	22	10	13	21	14	16	19	16	23	13	13	24
Pesje	31	18	22	21	22	24	14	12	18	26	27	35
Škale	23	13	14	16	13	13	13	13	17	13	15	25
Šoštanj	29	17	18	16	12	10	15	15	22	18	21	34
Prapretno	27	14	16	18	14	15	18	17	21	15	18	26
Morsko	36	16	17	14	10	13	13	10	14	9	17	26
Gorenje Polje	27	16	20	15	10	14	15	11	15	10	20	26
LJ Center	70	32	36	34	27	26	29	27	34	33	36	79
AMP Gaji	62	21	24	21	16	19	13	13	21	20	31	65
Miklavž	56	22	25	19	15	16	18	15	19	23	33	68



Slika 4.6: Porazdelitev dnevni vrednosti PM₁₀ na merilnih mestih DMKZ v letu 2016. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. S + označujemo povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje dnevno mejno vrednost.

Tabela 4.5: Število preseganj dnevne mejne vrednosti PM₁₀ po mesecih v letu 2016.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19
Maribor	17	1	0	2	0	0	0	0	0	0	5	18
Celje	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	25
MS Rakičan	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	16
Nova Gorica	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
Trbovlje	19	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17
Zagorje	23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	26
Hrastnik	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
Koper	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Iskrba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Žerjav	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	12
LJ Biotehniška	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21
Kranj	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Novo mesto	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	20
Velenje	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
MB Vrbanski	8	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	10
Vnajarje	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pesje	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	4
Škale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Šoštanj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Prapretno	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Morsko	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Gorenje Polje	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
LJ Center	23	0	5	1	0	0	0	0	2	2	5	28
AMP Gaji	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	23
Miklavž	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	23

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

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
LJ Bežigrad	36	64	71	70	47	46	36	30	43	63	27	22	19	43	36
LJ Biotehniška	/	/	/	/	/	/	/	25	32	51	21	24	12	35	40
LJ Center	/	/	/	/	/	/	101	112	74	94	107	74	55	85	66
Maribor	66	129	102	101	108	91	54	35	47	64	34	36	25	34	43
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	37	55	27	28	12	17	27
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	60	69	45	49	22	40	41
Celje	58	100	62	97	59	48	37	42	58	73	55	51	41	70	53
Trbovlje	52	88	48	157	86	81	72	48	64	68	65	50	33	50	38
Zagorje	48	79	82	143	106	99	109	56	68	75	62	48	38	70	51
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	30	51	17	15	10	22	25
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	8	15	9	10
MS Rakičan	33	58	19	65	54	37	42	30	52	71	44	38	33	47	42
Nova Gorica	24	18	33	37	47	40	33	24	25	28	19	12	19	24	15
Koper	/	/	/	/	40	19	11	2	15	21	23	10	16	28	11
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	29	79	44	37	3	6	19
Iskrba	/	/	/	5	5	0	0	5	5	3	1	0	0	0	0
Morsko	/	/	/	/	/	18	16	14	5	13	10	3	8	7	6
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	16	24	16	13	18	11	5	11	10	3
MB Tabor	38	42	51	111	132	94	52	24	38	/	/	/	/	/	/
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25	8	7	10	3	21
Vnajnarje	/	/	/	/	20	10	/	7	2	12	8	3	0	1	2
Pesje	/	17	11	23	24	14	9	12	10	16	2	6	12	9	8
Škale	/	4	8	15	19	11	12	13	12	20	9	0	5	0	1
Prapretno	/	/	19	15	33	36	25	20	29	49	25	3	2	0	1
AMP Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	35	41	76	45
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0	/
Dobovec	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0	/
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0	3
Miklavž	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	45

Tabela 4.8: Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečne letne ravni (C_p) in najvišje dnevne ravni (C_{max}) PM_{2,5} na merilnih mestih v letu 2016.

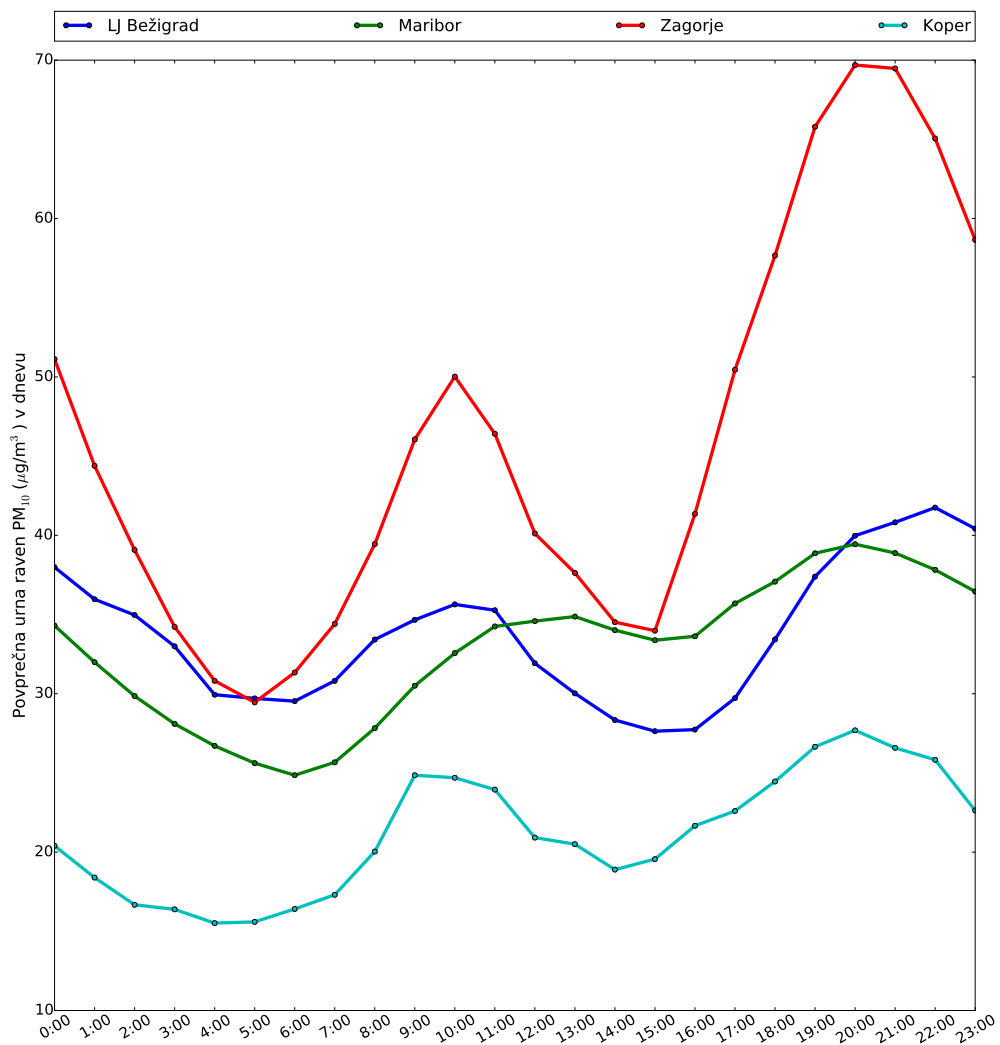
	% pod	C_p	C_{max}	WHO
Maribor	98	21	96	78
Iskrba	97	9	32	9
LJ Biotehniška	95	23	103	83
MB Vrbanški	100	19	92	66

Tabela 4.9: Povprečna letna raven delcev PM_{2,5} na izbranih merilnih mestih po letih.

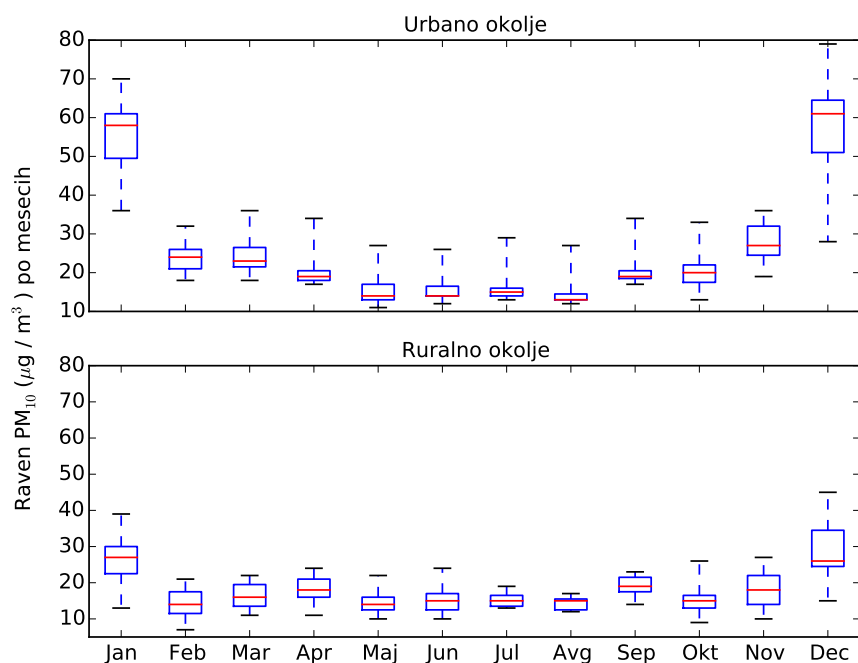
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Maribor	/	/	22	24	26	21	22	19	21	21
MB Vrbanški	/	/	20	22	23	18	20	17	19	19
LJ Biotehniška	/	/	18	22	25	21	20	18	23	23
Iskrba	10	11	12	12	14	13	11	9	10	9

Tabela 4.10: Triletna povprečna raven delcev PM_{2,5} na neizpostavljenih merilnih mestih mestnega ozadja.

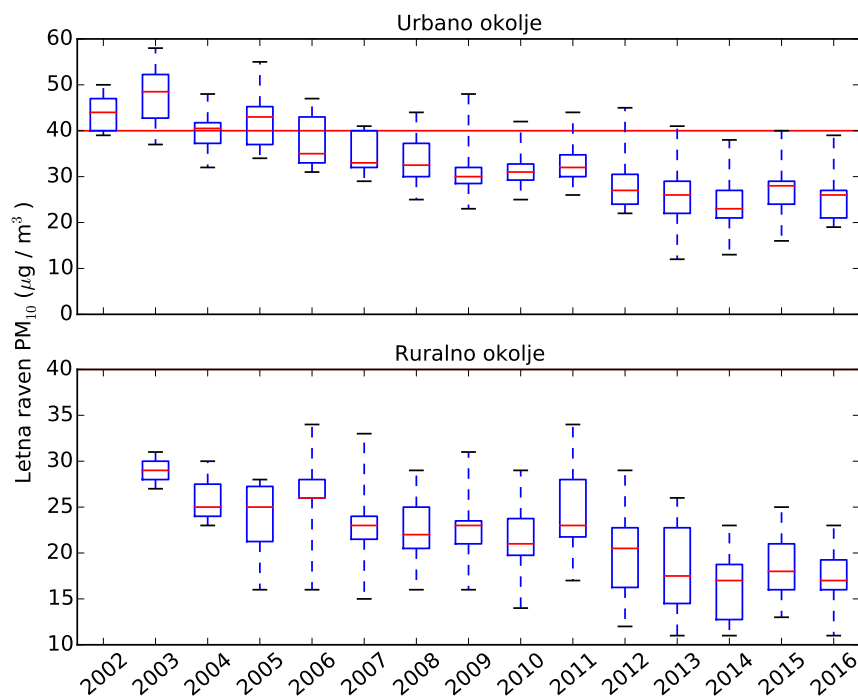
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
LJ Biotehniška	22	23	22	20	20	21
MB Vrbanški	22	21	20	18	19	18



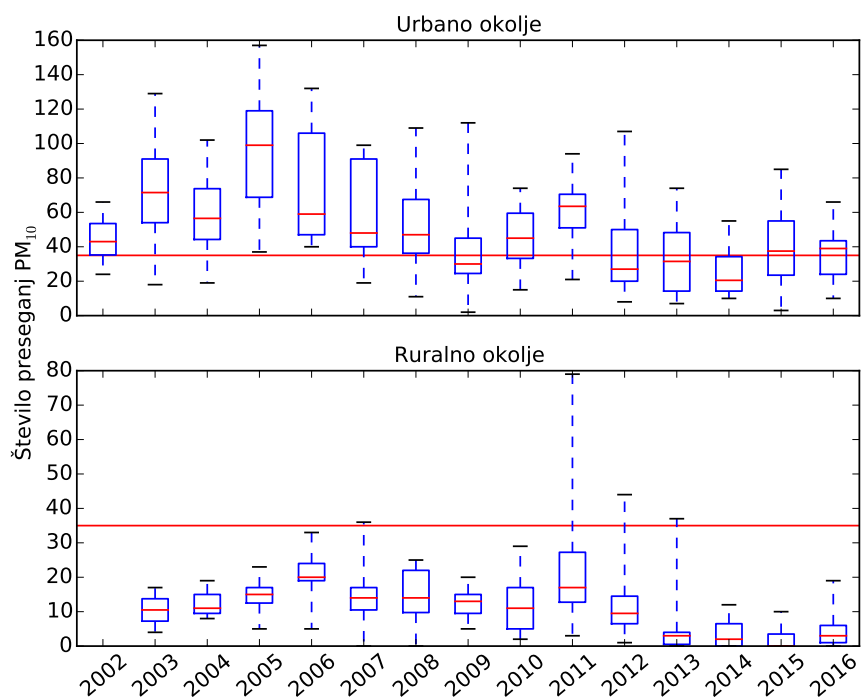
Slika 4.7: Dnevni potek povprečne urne ravni PM_{10} na izbranih merilnih mestih v hladni polovici leta 2016 (januar do marec in oktober do december).



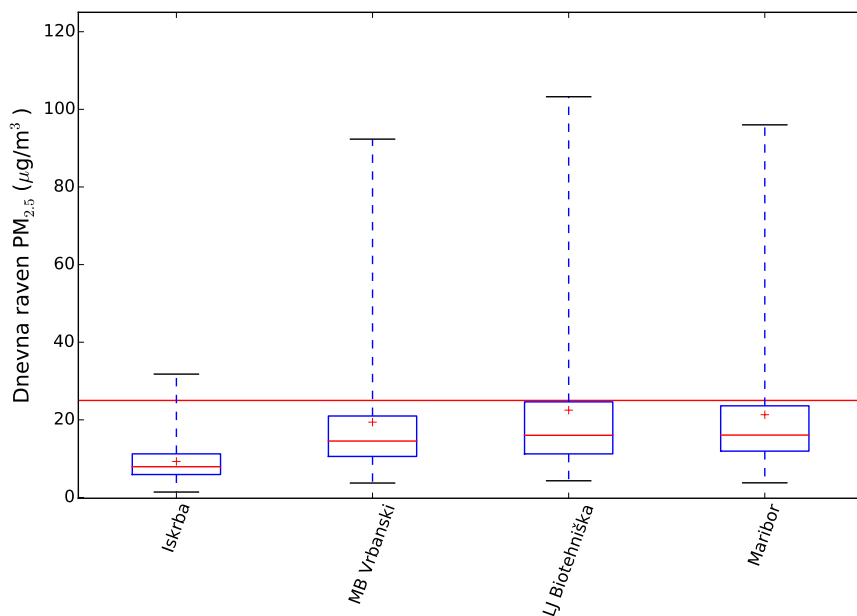
Slika 4.8: Porazdelitev povprečnih mesečnih ravni PM_{10} na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2016. Prikazano je najnižje in najvišje mesečno povprečje na merilnih mestih, oba kvartila in mediana.



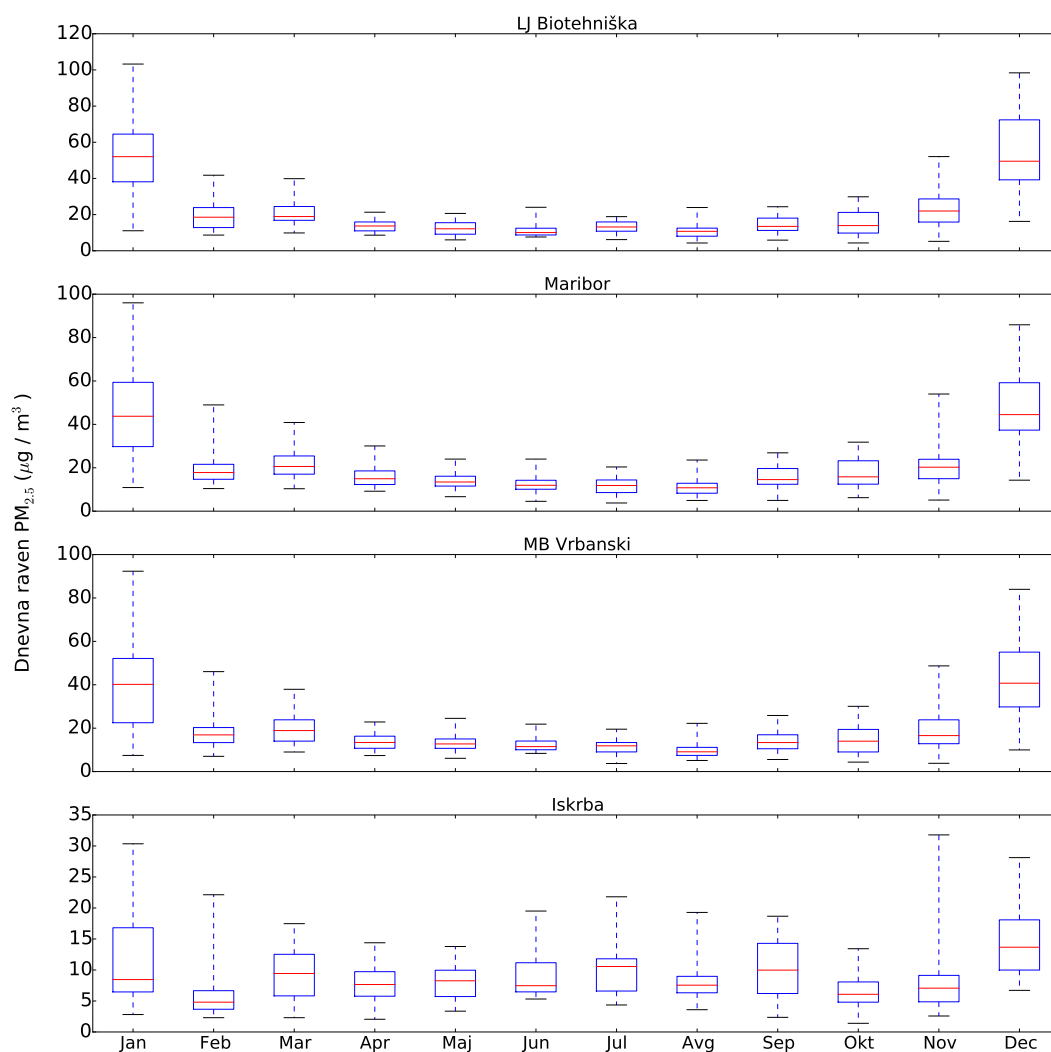
Slika 4.9: Porazdelitev povprečnih letnih ravni PM_{10} na merilnih mestih urbanega in ruralnega okolja. Prikazano je najnižje in najvišje letno povprečje na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.



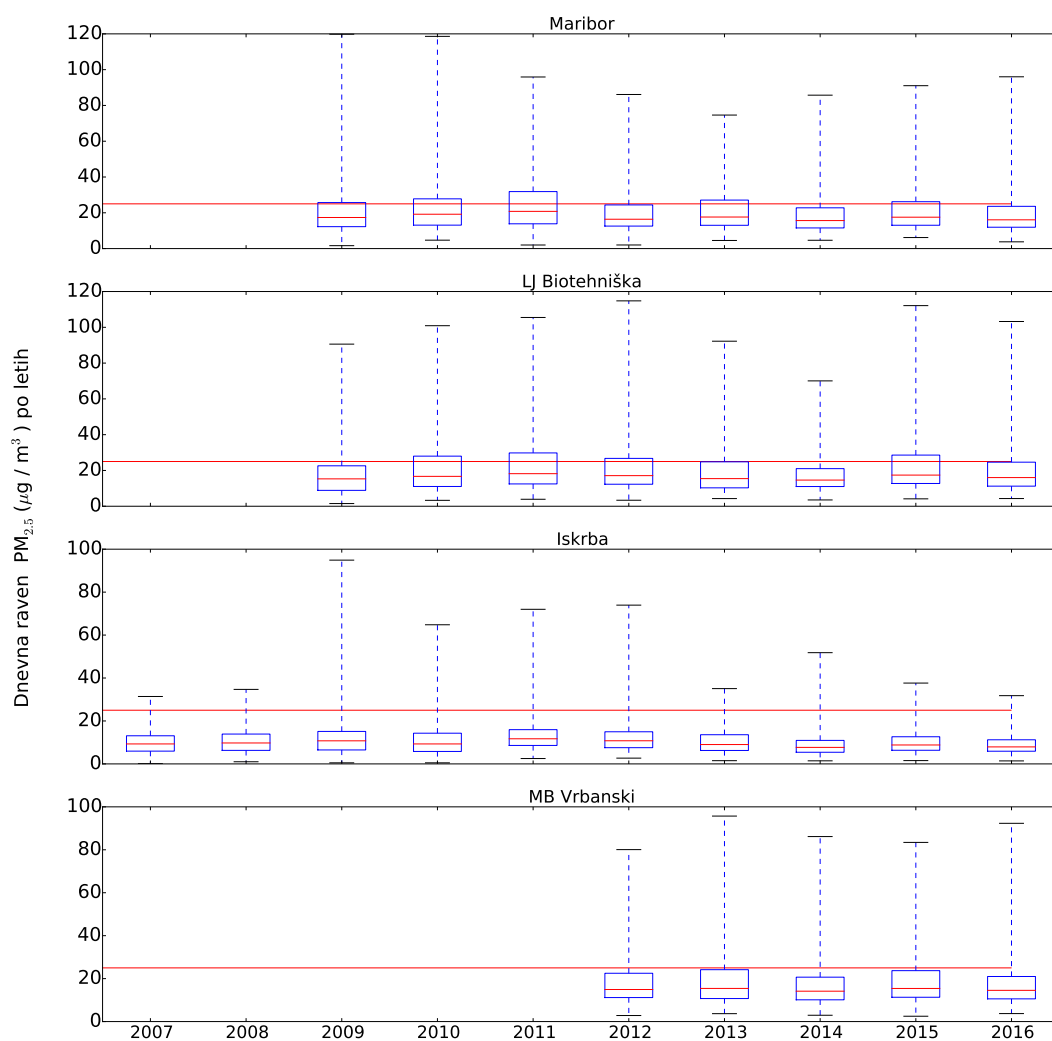
Slika 4.10: Porazdelitev števila preseganj PM_{10} po letih. Prikazano je najnižje in najvišje število preseganj na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje dovoljeno letno število preseganj dnevne mejne vrednosti.



Slika 4.11: Porazdelitev dnevni vrednosti $PM_{2,5}$ na merilnih mestih v letu 2016. 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 2016. 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 2016 je bila onesnaženost z delci PM₁₀ visoka. Na več merilnih mestih so bile presežene zahteve za kakovost zraka. Visoke vrednosti se pojavljajo predvsem v hladnem delu leta, ko se pojavi izrazit temperaturni obrat. Tedaj lahko že manjša gostota izpustov povzroči čezmerno onesnaženost zraka. V letu 2016 je do 88 % vseh preseganj mejne dnevne vrednosti PM₁₀ nastopilo v dveh mesecih: januarja in decembra. Razlog je predvsem v tem, da v hladnem delu leta zrak onesnažujejo male kurilne naprave, ki imajo v Sloveniji kar dvotretjinski delež v skupnih izpustih delcev, hkrati pa so prisotne tudi neugodne meteorološke razmere, ki omejujejo razredčevanje izpustov. Sledi podrobna analiza meteoroloških razmer v teh dveh mesecih.

V januarju so bile kljub nestanovitnemu vremenu ravni delcev PM₁₀ visoke. Mejna dnevna vrednost delcev PM₁₀ 50 µg/m³ je bila največkrat, 23-krat, prekoračena na merilnih mestih Zagorje in Ljubljana Center. Zaradi temperaturnega obrata je prišlo do večine preseganj v celinski Sloveniji predvsem med 4. in 10. januarjem in med 19. in 29. januarjem. Sredi meseca je nad naše kraje od severozahoda dotekal hladen in suh zrak, kar je ugodno vplivalo na redčenje onesnaženosti in s tem na kakovost zraka. Nato so bile z dotokom toplejšega zraka v višinah zopet ugodne razmere za vztrajanje temperaturnega obrata, kar je ponovno vodilo v povišanje ravni delcev PM₁₀. Ravni PM₁₀ so se znižale šele v zadnjih dveh dneh meseca januarja, ko je začel pihati okrepljen zahodni do jugozahodni veter in se je plast v temperaturnem obratu povečini premešala. Izjema je bila Primorska, kjer jugozahodni veter po nižinah ni zapihal, zato smo v teh dneh izmerili v Novi Gorici (138 µg/m³) in Kopru (132 µg/m³) zelo visoke ravni PM₁₀. To sta tudi najvišji izmerjeni vrednosti v letu 2016 v celotni Sloveniji.

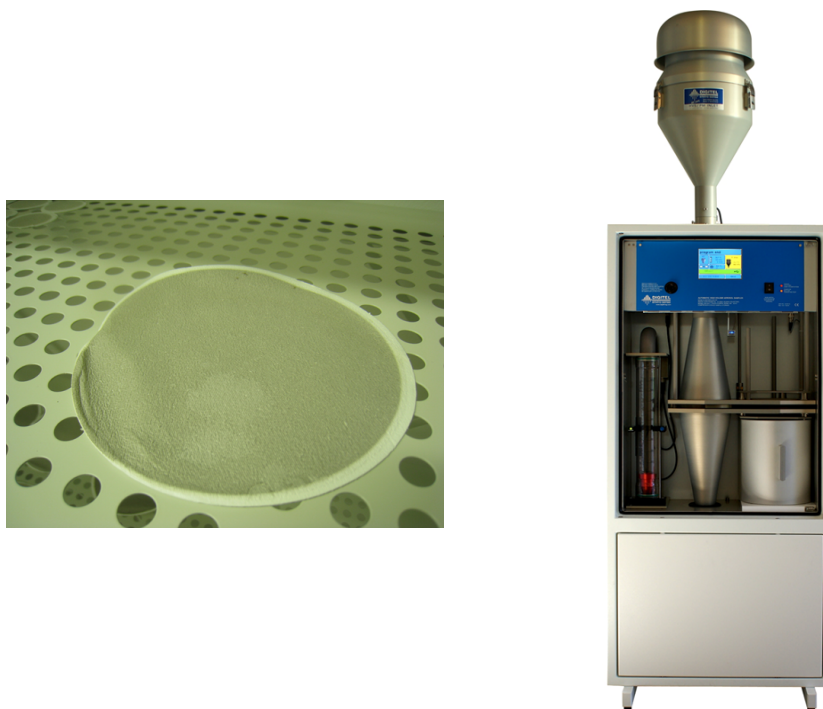
December je minil brez omembe vrednih padavin. Pogosto se je pojavljal temperaturni obrat. Taka vremenska situacija neugodno vpliva na razredčevanje izpustov in je povzročila zelo visoke ravni delcev PM₁₀. V Ljubljani Center le tri dni v decembru ni prišlo do preseganj. Najvišja raven PM₁₀ je bila v tem mesecu izmerjena 25.12.2016 v Ljubljani na Gospodarskem razstavišču (127 µg/m³). Ravni delcev so bile v celinski Sloveniji večino meseca decembra visoke in so se le občasno znižale. Nekoliko močnejši veter je zapihal 3. in 12. ter 13. decembra in takrat so se ravni delcev prehodno znižale. Tudi v drugi polovici meseca je občasno v nižjih plasteh ozračja zapihal nekoliko močnejši veter, kar se je odražalo na znižanju ravni delcev. 17. in 18. decembra ter od 23. do 27. decembra je bil izrazit plitev temperaturni obrat, zato so bile ravni delcev visoke. Precej izrazit temperaturni obrat se je prav tako pojavil ob koncu meseca in tudi takrat so ravni delcev zopet narasle. Na Primorskem so bile ravni delcev bistveno nižje kot v celinski Sloveniji. Kljub temu je bila mejna dnevna vrednost nekajkrat prekoračena, trikrat v Novi Gorici in dvakrat v Kopru.

4.5 Viri delcev

Delci PM₁₀ so škodljivi za zdravje, zato bi jih bilo potrebno predvsem v zimskih mesecih, ko je njihova raven v zraku največja, znižati. Za učinkovito zmanjšanje ravni delcev je najprej potrebno poznati njihov izvor.

Na ARSO že več let na različnih merilnih mestih po Sloveniji izvajamo analizo virov delcev.

Delce eno leto vzorčimo na filtre (slika 4.14 levo) z visokovolumskim vzorčevalnikom (slika 4.14 desno) ter jih nato kemijsko analiziramo na kovine, PAH, katione in anione, elementarni in organski ogljik ter levoglukozan. Rezultate kemijske analize vnesemo v statistični model EPA-PMF5, ki določi število virov z izpusti delcev, v posameznem viru pa izpostavi najbolj zastopane parametre, ki jih imenujemo indikatorji. Iz različne strokovne literature in člankov povzamemo, kateri indikatorji so značilni za posamezen vir onesnaženja.



Slika 4.14: Filter z delci PM₁₀ (levo). Visoko volumski vzorčevalnik Digitel za vzorčenje delcev (desno).

Vzorčenje ter nato analiza virov delcev se je v zadnjih letih izvajala na naslednjih merilnih mestih DMKZ:

- Celje: 21.4.–12.7.2010 in 4.11.2010–8.2.2011
- Ljubljana Biotehniška fakulteta: 13.1.2012–6.1.2013
- Novo mesto: 9.1.2013–12.1.2014
- Kranj: 15.1.2014–16.1.2015
- Maribor Center: 23.4.2015–19.4.2016.

Na vseh merilnih mestih smo dobili zelo podobne vire delcev. K ravnom delcev precej enakomerno prispevajo kurjenje lesa, promet, resuspenzija in sekundarni delci. Kurjenje lesa in promet predstavljajo delce, ki so posledica neposrednih izpustov v zrak. Večina delcev, ki nastane pri kurjenju lesa, je posledica uporabe zastarelih kurilnih naprav gospodinjstev. S prometom povezujemo delce, ki so posledica izpuha pri izgorevanju goriva. K prometu največ prispeva cestni promet, zlasti vozila na dizelsko gorivo. Resuspenzijo predstavljajo delci, ki so se že odložili na tla in se

nato ponovno dvignejo v zrak. V resuspenziji je veliko cestnega prahu, ki je posledica obrabe pnevmatik in zavor v prometu. V večini se pojavlja v toplejših mesecih, ko so ceste suhe. Sekundarni delci nastanejo kot posledica kemijskih reakcij amonijaka (kmetijstvo), dušikovih oksidov (visoko temperaturni procesi izgorevanja) ter žveplovega dioksida (premog). V Celju smo poleg teh virov zaznali tudi industrijo (5%). Na drugih merilnih mestih opaznega prispevka tega vira nismo zaznali.

V naslednjih tabelah so zbrani posamezni deleži virov delcev PM₁₀ na različnih merilnih mestih. Tabela 4.11 prikazuje porazdelitev virov v celem letu, tabela 4.12 pa le v zimskem obdobju. Na podlagi tabel je razvidno, da so izpusti iz posameznih virov odvisni od letnega časa. Po pričakovanih je kurjenje lesa prisotno v hladnejših mesecih, ko se pojavi potreba po ogrevanju. Pri vsem tem igrajo zelo pomembno vlogo tudi meteorološke značilnosti, ki so v zimskem času neugodne (temperaturni obrati, šibkejši veter), in so velik razlog za povišane ravni tako delcev kot tudi drugih onesnaževal.

Mejna dnevna vrednost za delce je 50 µg/m³. V tabeli 4.13 je prikazana razporeditev virov v zimskem obdobju v delcih, ko so bile dnevne ravni manjše od mejne dnevne vrednosti, v tabeli 4.14 pa večje. Prispevek prometa je približno enak v celotnem območju ravni delcev na vseh merilnih mestih. Mnogo večji je delež prispevka kurjenja lesa v območju ravni nad 50 µg/m³, kjer se raven poveča več kot za trikrat. Raven sekundarnih delcev je na vseh merilnih mestih v območju nad 50 µg/m³ podvojen. Kot primer so na sliki 4.15 prikazane časovne porazdelitve virov delcev na merilnem mestu Maribor, kjer je vzorčenje delcev potekalo v delu leta 2015 in 2016.

Tabela 4.11: Porazdelitev virov delcev PM₁₀ v celotnem letu v %.

	Celje	LJ Biotehniška	Novo mesto	Kranj	Maribor
Kurjenje lesa	34	23	30	21	20
Anorganski sekundarni delci	34	35	35	39	37
Promet/Resuspenzija	27	42	35	40	43
Industrija	5	0	0	0	0

Tabela 4.12: Porazdelitev virov delcev PM₁₀ v zimskem obdobju leta v %.

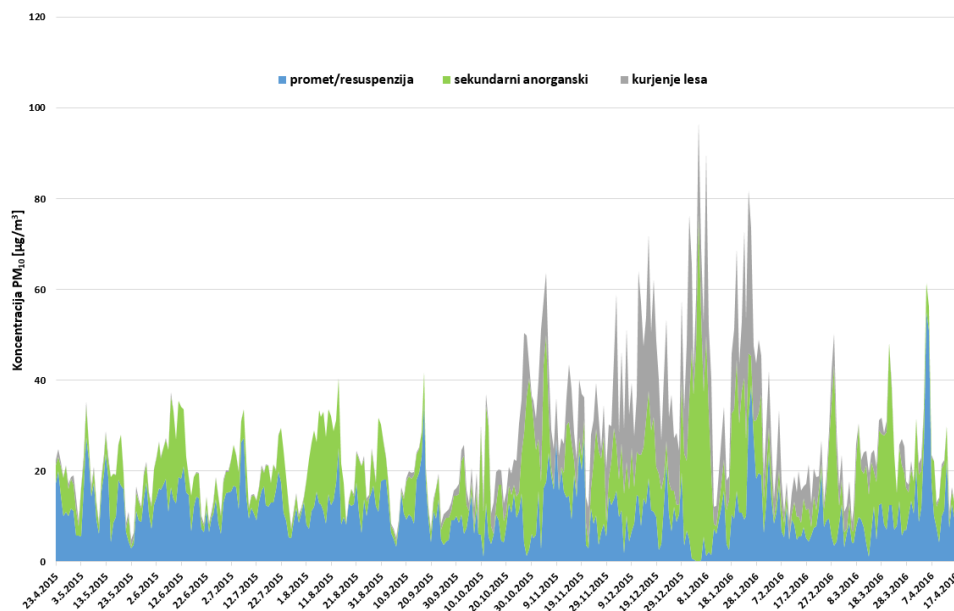
	Celje	LJ Biotehniška	Novo mesto	Kranj	Maribor
Kurjenje lesa	45	34	42	30	25
Anorganski sekundarni delci	30	27	37	41	37
Promet/Resuspenzija	20	39	21	29	38
Industrija	5	0	0	0	0

Tabela 4.13: Porazdelitev virov delcev PM₁₀ v zimskem obdobju leta glede na njihovo raven - pod 50 µg/m³.

	Celje		LJ Biotehniška		Novo mesto		Kranj		Maribor	
	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³
Kurjenje lesa	36	11	18	4	37	11	29	8	28	7
Anorganski sekundarni delci	32	10	34	7	38	11	38	11	35	10
Promet/Resuspenzija	26	8	47	10	25	7	33	9	37	10
Industrija	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 4.14: Porazdelitev virov delcev PM₁₀ v zimskem obdobju leta glede na njihovo raven - nad 50 µg/m³.

	Celje		LJ Biotehniška		Novo mesto		Kranj		Maribor	
	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³	%	µg/m ³
Kurjenje lesa	49	35	46	29	51	33	32	20	38	24
Anorganski sekundarni delci	29	21	39	25	34	22	55	33	45	28
Promet/Resuspenzija	17	12	14	9	15	10	29	8	17	10
Industrija	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0



Slika 4.15: Časovna porazdelitev glede na vire delcev PM₁₀ v Mariboru.

4.6 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 [1]. 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 4.15. 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 4.15: Sestava delcev PM_{2,5} na lokacijah Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Center, Maribor Vrbski plato in Iskrba.

			oktober–marec	april–september
LJ Biotehniška	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻	[µg/m ³]	7,6	2,6
	Organski ogljik	[µgC/m ³]	9,8	3,4
	Elementarni ogljik	[µgC/m ³]	1,3	0,53
Maribor	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻	[µg/m ³]	11	3,1
	Organski ogljik	[µgC/m ³]	12	4,4
	Elementarni ogljik	[µgC/m ³]	2,6	1,2
MB Vrbski	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻	[µg/m ³]	6,8	2,5
	Organski ogljik	[µgC/m ³]	8,2	3,2
	Elementarni ogljik	[µgC/m ³]	0,98	0,31
Iskrba	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻	[µg/m ³]	2,6	2,7
	Organski ogljik	[µgC/m ³]	3,0	2,3
	Elementarni ogljik	[µgC/m ³]	0,27	0,10

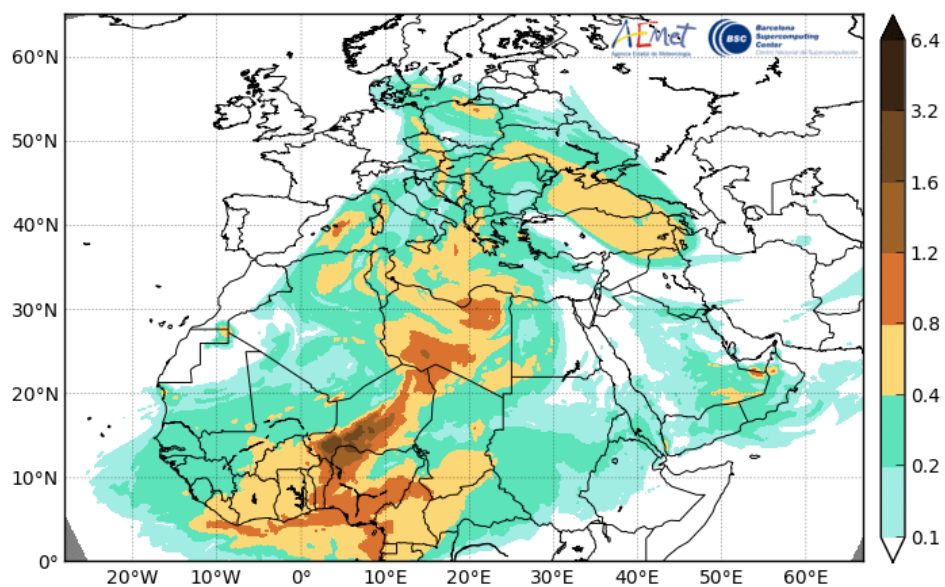
4.7 Preseganja mejnih vrednosti zaradi naravnih virov

Uredba o kakovosti zunanjega zraka [23] 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, saharski prah, gozdne požare ali aerosole iz morja.

V letu 2016 smo v Sloveniji zaznali krajše obdobje s povišanimi vrednostmi delcev PM₁₀, ki bi jih lahko pripisali vplivu saharskega prahu. Z modelom NMMB/BSC-Dust je viden prehod saharskega prahu nad severovzhodno Slovenijo (slike 4.16, 4.17, 4.18 in 4.19). V tem času je bilo 5.4. in 6.4.2016 v Mariboru in Žerjavu presežena mejna dnevna vrednost. V nadaljevanju so na kratko predstavljeni rezultati izračuna, s katerim smo na teh dveh merilnih mestih na severovzhodu Slovenije prikazali, da je bilo dvodnevno preseganje dnevne mejne vrednosti PM₁₀ posledica saharskega prahu.

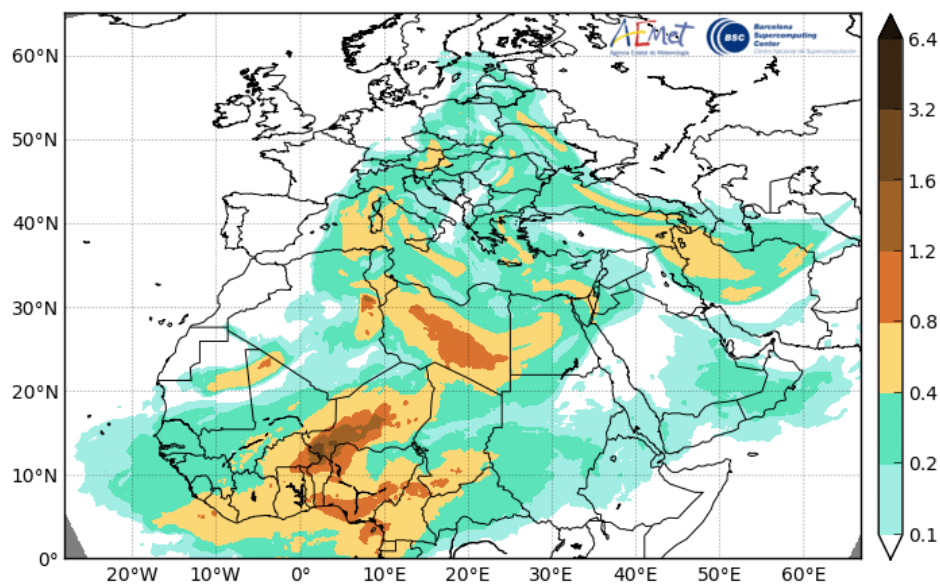
Navodilo Evropske komisije »Guidance on the quantification of the contribution of natural sources under the EU Air Quality Directive 2008/50/EC« pravi, da je v primeru ugotovitve prisotnosti saharskega prahu, potrebno na merilnem mestu, ki je tipa regionalno ozadje, določiti prispevek saharskega prahu. Ta prispevek se nato na postaji, kjer je bila izmerjena presežena mejna dnevna vrednost 50 µg/m³, odšteje od izmerjene ravni PM₁₀. V Sloveniji je edino merilno mesto, kjer spremljamo ozadje Iskrba pri Kočevski Reki. Iskrba se nahaja na jugu države in v aprilu na tem merilnem mestu ni bilo opaznega zvišanja vrednosti delcev zaradi saharskega prahu. Zato smo pri izračunu upoštevali rezultate iz hrvaškega merilnega mesta Desinić, ki leži tik ob slovenski vzhodni meji. Podatke iz te postaje smo dobili na internetni strani <http://iszz.azo.hr/iskzl/podatakexp.htm>. Izračun je pokazal, da je bil dne 5.4.2016 prispevek saharskega prahu k skupni dnevni ravni 19 µg/m³, dne 6.4.2016 pa 17 µg/m³. V Mariboru in Žerjavu po odštetju tega prispevka 5.4. in 6.4.2016 ni več preseganja mejne dnevne vrednosti (tabela 4.16). Dodatno preverjanje smo naredili s pomočjo rezultatov kemijskih analiz delcev. V primeru epizod saharskega prahu smo izmerili povišane ravni železa, aluminija ter v manjši meri tudi kalcija, magnezija in stroncija. Pribitek saharskega prahu smo upoštevali le na merilnih mestih v DMKZ.

Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>
NMMB/BSC-Dust Res:0.1°x0.1° Dust AOD
Run: 12h 04 APR 2016 Valid: 12h 04 APR 2016 (H+00)



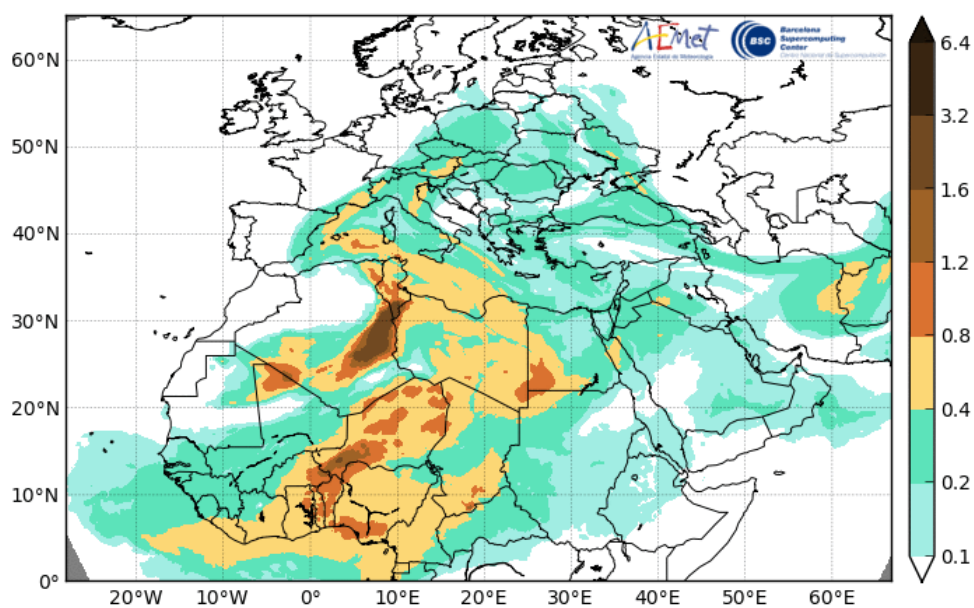
Slika 4.16: Modelski izračun ravni saharskega prahu nad Evropo za dan 4.4.2016.

Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>
NMMB/BSC-Dust Res:0.1°x0.1° Dust AOD
Run: 12h 04 APR 2016 Valid: 06h 05 APR 2016 (H+18)



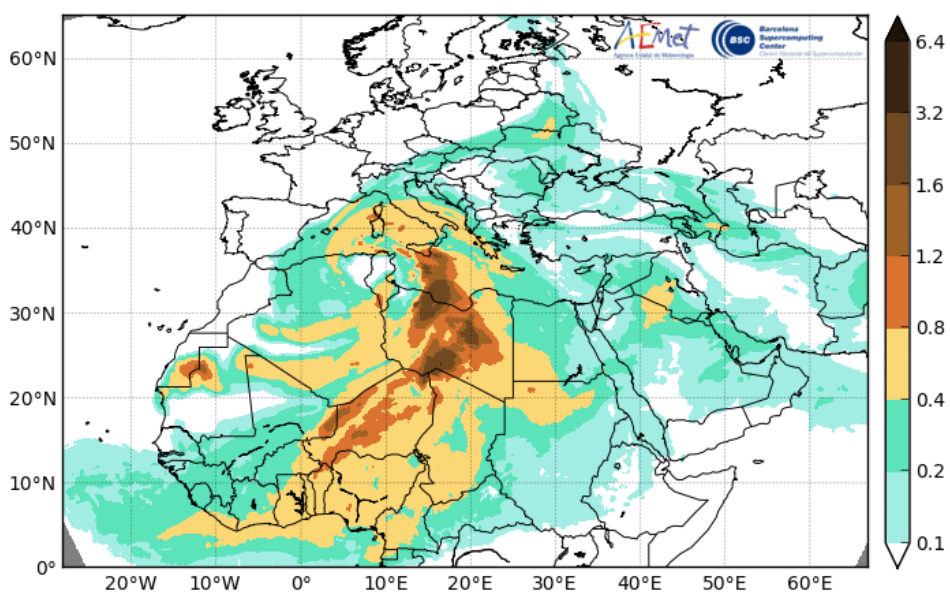
Slika 4.17: Modelski izračun ravni saharskega prahu nad Evropo za dan 5.4.2016.

Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>
NMMB/BSC-Dust Res:0.1°x0.1° Dust AOD
Run: 12h 04 APR 2016 Valid: 03h 06 APR 2016 (H+39)



Slika 4.18: Modelski izračun ravni saharskega prahu nad Evropo za dan 6.4.2016.

Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>
NMMB/BSC-Dust Res:0.1°x0.1° Dust AOD
Run: 12h 04 APR 2016 Valid: 00h 07 APR 2016 (H+60)



Slika 4.19: Modelski izračun ravni saharskega prahu nad Evropo za dan 7.4.2016.

Tabela 4.16: Število preseganj mejne dnevne vrednosti PM₁₀ v letu 2016 pred in po upoštevanju deleža saharkega prahu na postajah DMKZ.

Merilno mesto	Število preseganj mejne dnevne vrednosti	
	pred upoštevanjem saharkega prahu	po upoštevanju saharkega prahu
LJ Bežigrad	36	36
Maribor	43	41
Celje	53	53
MS Rakičan	42	42
Nova Gorica	15	15
Trbovlje	38	38
Zagorje	51	51
Hrastnik	25	25
Koper	11	11
Iskrba	0	0
Žerjav	19	17
LJ Biotehniška	40	40
Kranj	27	27
Novo mesto	41	41
Velenje	10	10

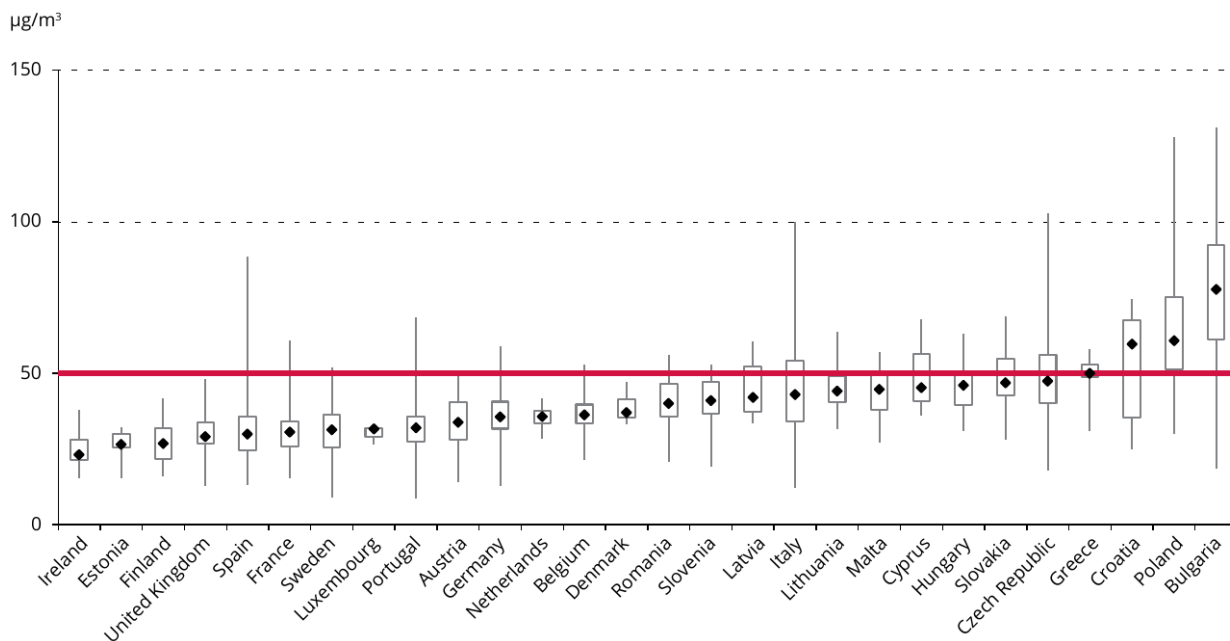
4.8 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Za primerjavo med državami skupne količine izpustov v zrak na nacionalni ravni niso najbolj primerne, saj jih v veliki meri določa velikost posamezne države. V ta namen so bolj uporabni specifični izpusti preračunani na prebivalca ali površino ozemlja. Izpusti na prebivalca nudijo vpogled v družbeno-ekonomske razmere in morebitne posebne nacionalne okoliščine. Specifični izpusti preračunani na prebivalca posredno nakazujejo tudi potencial za njihovo zmanjševanje. Za grobo oceno vpliva izpustov na ravni onesnaženosti zraka so bolj pomembni izpusti preračunani na površino ozemlja - povprečna ploskovna gostota izpustov.

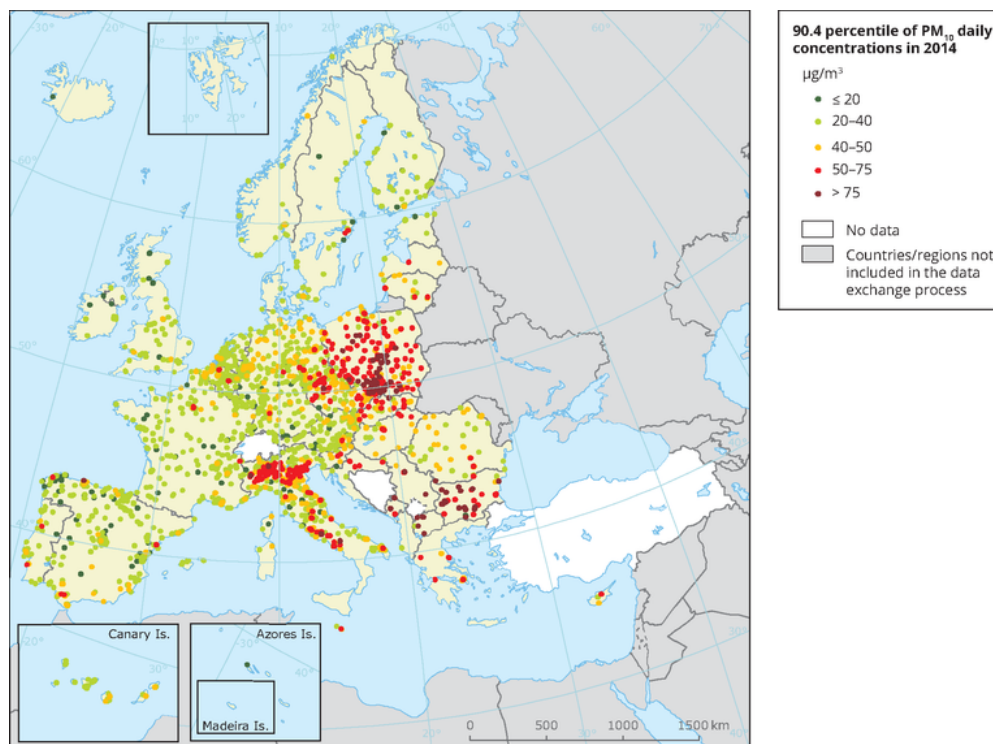
Podatke o izpustih za vsa onesnaževala, kot so jih poročale posamezne države, smo pridobili od EMEP. Zadnji podatki so na voljo za leto 2015. Pri primerjavah izpustov nismo upoštevali Malte in Luksemburga. Rezultati za ti dve državi zaradi njune majhnosti, predvsem pa načina izračuna izpustov v prometu na osnovi prodanih količin goriva, niso primerljivi.

Glede delcev se Slovenija uvršča v skupino držav EU z visokimi specifičnimi izpusti. Po izpustih delcev PM_{10} na prebivalca je bila v letu 2015, Slovenija s 6,3 kg izpustov delcev PM_{10} na prebivalca na devetem mestu. Izpusti delcev PM_{10} na prebivalca v EU so v širokem razponu od 1,6 kg na Nizozemskem do skoraj 12 kg na prebivalca v Latviji. Pri izpustih delcev $PM_{2,5}$ je Slovenija s 6 kilogrami na prebivalca na četrtem mestu za Latvijo, Estonijo in Litvo. Najnižji izpusti delcev $PM_{2,5}$ na prebivalca so na Nizozemskem, kjer so več kot sedemkrat nižji kot v Sloveniji, najvišji pa v Latviji, kjer znašajo 8,9 kg na prebivalca letno. Za večino držav z visokimi izpusti delcev na prebivalca je značilna velika poraba lesa in drugih trdnih goriv v malih kurilnih napravah. Po izpustih delcev PM_{10} na površino ozemlja je prva Belgija, kjer je velika gostota prebivalstva, kar 3,5 krat večja od tiste v Sloveniji. Pred Slovenijo so tudi Slovaška, Madžarska, Danska, Poljska in Portugalska. Pri izpustih delcev $PM_{2,5}$ na enoto površine je Slovenija takoj za Belgijo, Slovaško in Madžarsko.

V EU je čezmerna raven delcev v zraku eden izmed najbolj izpostavljenih okoljskih problemov. V letu 2014, za katerega so na razpolago zadnji rezultati primerjalnih obdelav Evropske okoljske agencije, le v sedmih državah na nobenem merilnem mestu niso zabeležili večjega števila preseganj dnevne mejne vrednosti, kot je to dopustno. Slovenija sodi med države z višjo ravno onesnaženosti z delci PM_{10} . Z vidika doseganja skladnosti z dnevnimi mejnimi vrednostmi delcev PM_{10} je Slovenija med državami Evropske unije v letu 2014 šesta najbolj onesnažena (slika 4.20). Najboljša kakovost zraka je glede na skladnost z dnevnimi mejnimi vrednostmi za delce PM_{10} v dobro prevetrenih in redkeje naseljenih severnih državah - na Finskem, v Estoniji in na Irskem (slika 4.21), čeprav so v nekaterih od teh držav specifični izpusti na prebivalca med višjimi. Tudi z vidika ravni onesnaženosti z delci $PM_{2,5}$ je Slovenija med državami z višjo ravno onesnaženosti zraka. Primerjalno visoke ravni onesnaženosti z delci v Sloveniji so predvsem posledica visoke gostote izpustov zaradi ogrevanja ter neugodnih pogojev za razredčevanje izpustov v ozračju, ki so zlasti v zimskem času značilni za celinski del Slovenije.



Slika 4.20: Primerjava ravni onesnaženosti zraka z delci PM_{10} v Evropski Uniji v letu 2014 s 36. najvišjo vrednostjo izmerjeno na posameznem merilnem mestu držav EU v primerjavi z mejno vrednostjo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rdeča črta). Če je ta večja od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pomeni, da je bilo na merilnem mestu več kot 35 prekorajitev dnevne mejne vrednosti za delce PM_{10} . Prikazana je najnižja in najvišja vrednost (36. najvišja vrednost za merilno mesto), oba kvartila in povprečna 36. najvišja vrednost za merilna mesta v posamezni državi.



Slika 4.21: Prikaz povprečne letne ravni onesnaženosti z delci PM_{10} v Evropski uniji v letu 2014 [1]. Z barvo je prikazan razred, v katerega sodi merilno mesto glede na povprečno letno raven.

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 [25]. 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

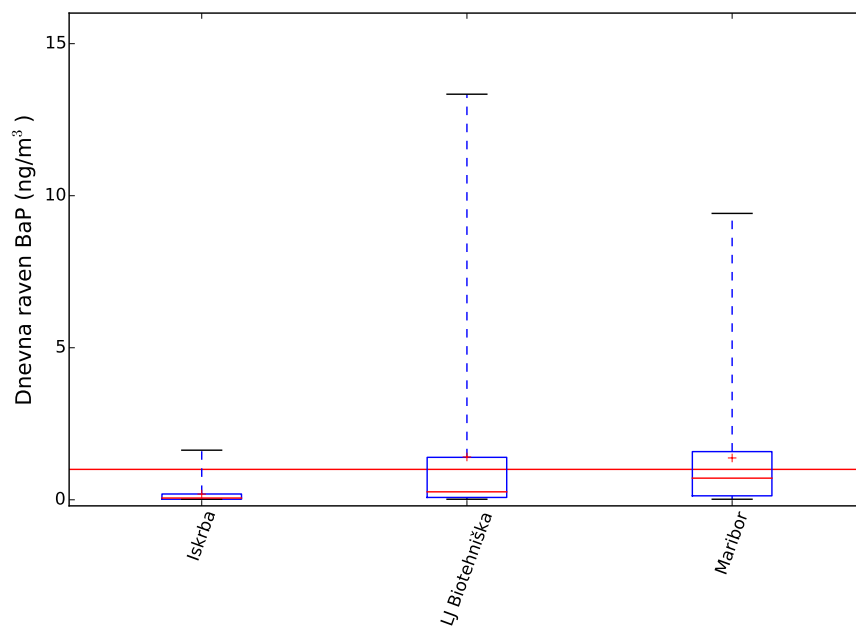
5.1.2 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih vrednosti benzo(a)pirena v letu 2016 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 2016 so bile ravni benzo(a)pirena na vseh merilnih mestih predvsem zaradi neugodnih vremenskih razmer višje kot leta 2015. 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 izjemnih 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. Poleti so ravni na vseh lokacijah znatno

nižje. Primerjava ravni benzo(a)pirena v obdobju od 2009 do 2016 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 .

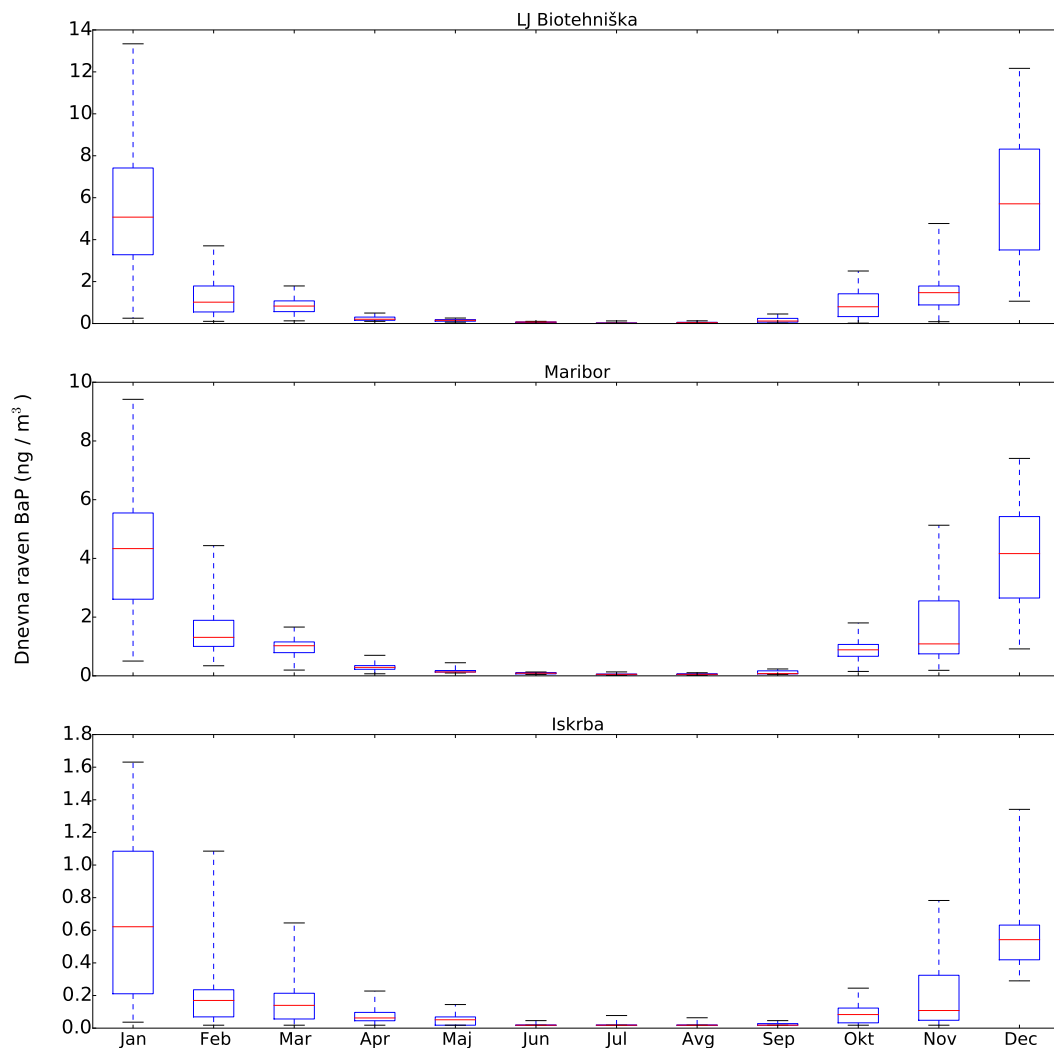
	% pod.	C_p
LJ Biotehniška	48	1,4
Maribor	64	1,4
Iskrba	49	0,19



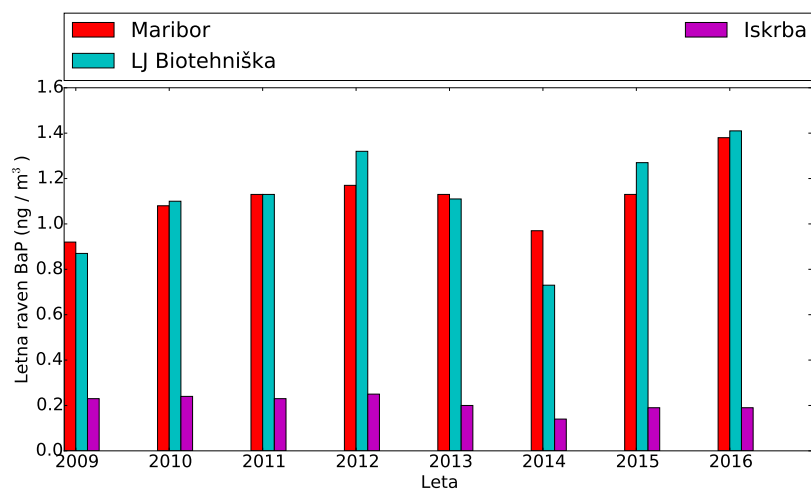
Slika 5.1: Porazdelitev dnevnih ravni benzo(a)pirena na merilnih mestih v letu 2016. Prikazani so najnižja in najvišja letna raven, oba kvartila in mediana. Križci označujejo povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.

Tabela 5.3: Povprečna letna raven benzo(a)pirena na različnih postajah po letih.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Maribor	0,92	1,1	1,1	1,2	1,1	0,97	1,1	1,4
LJ Biotehniška	0,87	1,1	1,1	1,3	1,1	0,73	1,3	1,4
Iskrba	0,23	0,24	0,23	0,25	0,20	0,14	0,19	0,19



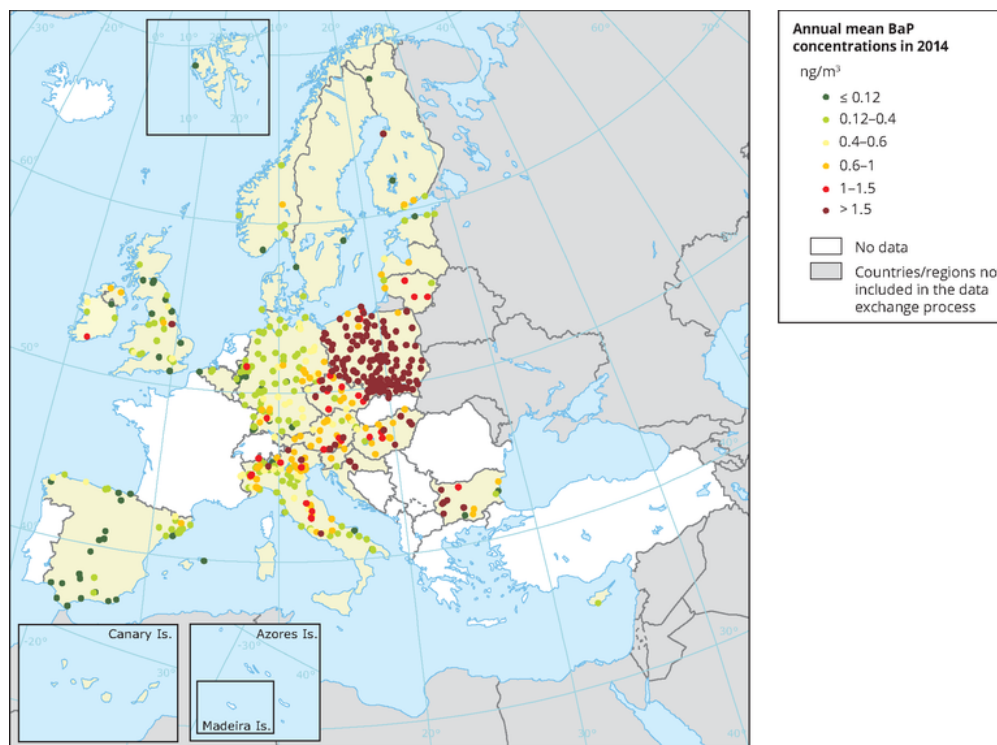
Slika 5.2: Porazdelitev dnevni ravni benzo(a)pirena na različnih postajah po mesecih v letu 2016. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana za posamezen mesec.



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

5.1.3 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Slovenija se po onesnaženosti z benzo(a)pirenom uvršča v zgornjo polovico držav. Ravni benzo(a)pirena so najvišje na Poljskem, v Bolgariji in Litvi ter na Češkem, kar je v veliki meri posledica uporabe trdih goriv za ogrevanje v malih kurilnih napravah gospodinjstev. Letna ciljna vrednost je presežena v večini držav EU (slika 5.4).



Slika 5.4: Prikaz povprečne letne ravni BaP v Evropski uniji v letu 2014 [1]. Z barvo je prikazan razred, v katerega sodi merilno mesto glede na povprečno letno raven.

5.2 Težke kovine

Izpusti arzena (As), kadmija (Cd), svineca (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 svineca 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 2015 znašali 0,61 ton. V primerjavi z letom 1990 so se zmanjšali za 55 %. Največji delež k skupnim izpustom Cd je v letu 2015 prispevala raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju (42 %).

Letni izpusti svineca (Pb) so v Sloveniji leta 2015 znašali 8 ton. V obdobju 1990–2015 so se zmanjšali za 99 %, predvsem zaradi opustitve osvinčenih motornih bencinov. Največji delež k skupnim izpustom svineca je prispeval cestni promet (53 %).

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 svineca ne presegajo vrednosti iz izhodiščnega leta 1990.

5.2.2 Zahteve za kakovost zraka

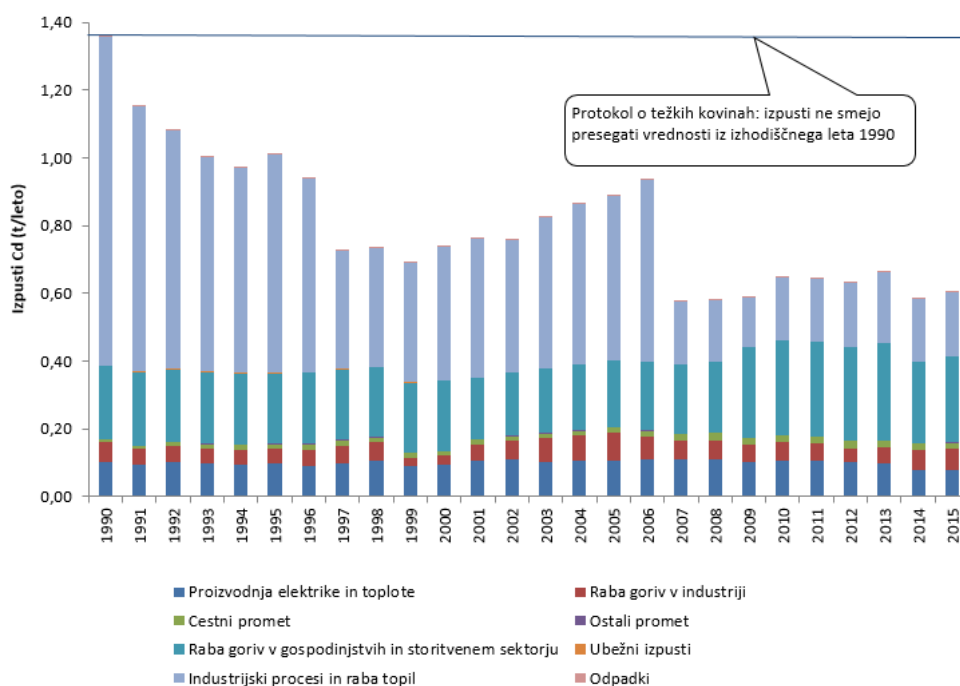
Ciljne vrednosti za nikelj, arzen in kadmij so predpisane v Uredbi o arzenu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [25], mejna vrednost za svinec je predpisana v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [23]. Predpisane vrednosti so podane v tabeli 5.4.

Tabela 5.4: Mejna vrednost za svinec ter ciljne vrednosti za arzen, kadmij in nikelj.

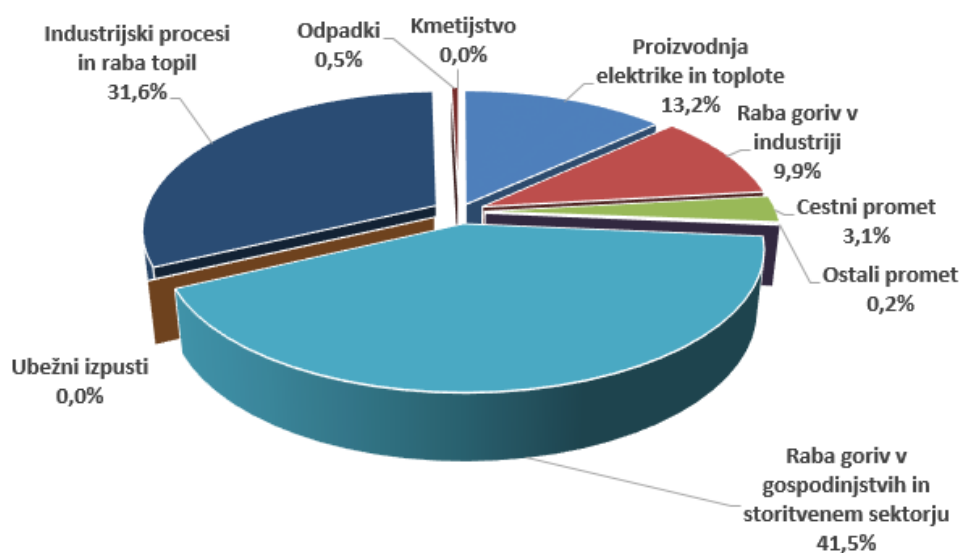
	Cilj	Čas povprečenja	Vrednost v ng/m ³
Arzen	zdravje	koledarsko leto	6
Kadmij	zdravje	koledarsko leto	5
Nikelj	zdravje	koledarsko leto	20
Svinec	zdravje	koledarsko leto	500

5.2.3 Ravni onesnaženosti

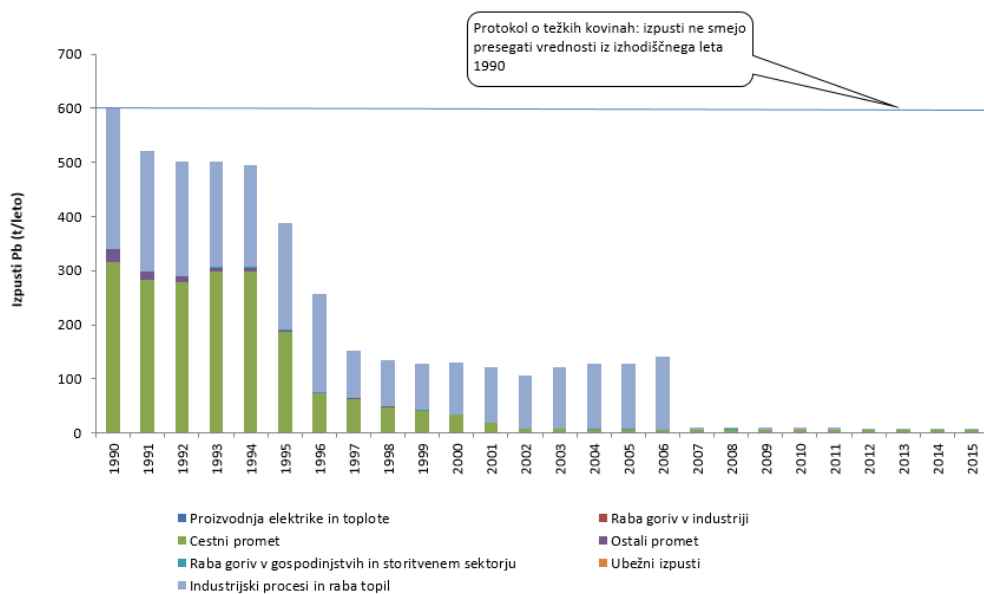
Pregled izmerjenih povprečnih dnevni vrednosti težkih kovin v letu 2016 je prikazan v tabeli 5.5 ter na slikah 5.9 do 5.12. Meritve svineca, kadmija, arzena in niklja smo izvajali na petih merilnih mestih



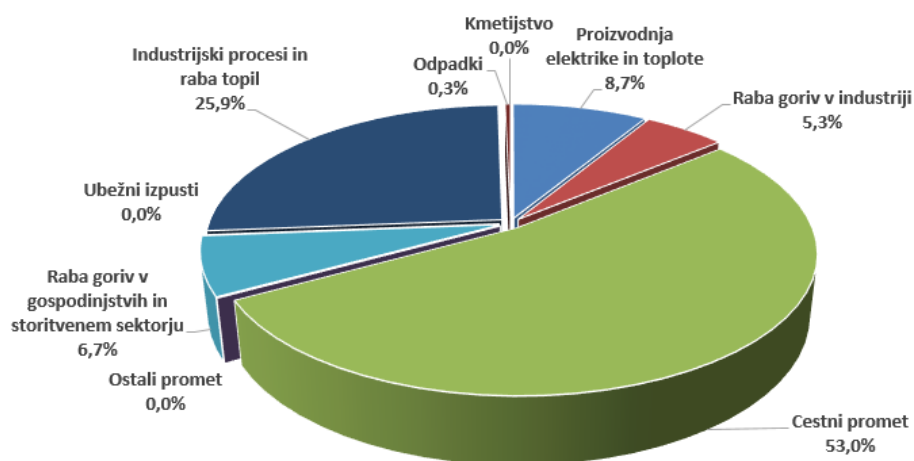
Slika 5.5: Letni izpusti kadmija po sektorjih v Sloveniji.



Slika 5.6: Izpusti kadmija po sektorjih v Sloveniji v letu 2015.



Slika 5.7: Letni izpusti svinca po sektorjih v Sloveniji.



Slika 5.8: Izpusti svinca po sektorjih v Sloveniji v letu 2015.

– Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor, Žerjav, Iskrba in Celje. Povprečna letna raven kadmija je na merilnem mestu Žerjav v letu 2016 presegla letno ciljno vrednost, vse ostale letne vrednosti so bile nižje od zahtev za kakovost zraka. Najvišje ravni svineca, 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 izjemnih dogodkov povezanih z dejavnostjo v okolici merilnih mest.

Letni poteki ravni težkih kovin kažejo, da so vrednosti najvišje v hladnejšem obdobju leta (slike 5.13 do 5.16). 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 svineca povezani z delovanjem okoliške industrije. Obenem ni mogoče izključiti resuspenzije svineca iz kontaminirane zemlje. Primerjava ravni težkih kovin v obdobju od 2009 do 2016 kaže, da obremenjenost ostaja približno na istem nivoju (tabele 5.6 do 5.9 in slike 5.17 do 5.20).

Tabela 5.5: Letna pokritost s podatki (% pod) in povprečna raven težkih kovin (C_p) v ng/m^3 v letu 2016.

	% pod	Arzen	Nikelj	Kadmij	Svinec
Maribor	66	0,44	1,6	0,19	7,0
LJ Biotehniška	50	0,40	2,6	0,22	6,1
Iskrba	49	0,23	0,83	0,07	1,6
Celje	46	0,53	1,6	0,95	7,5
Žerjav	62	1,9	1,2	5,7	351

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

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

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

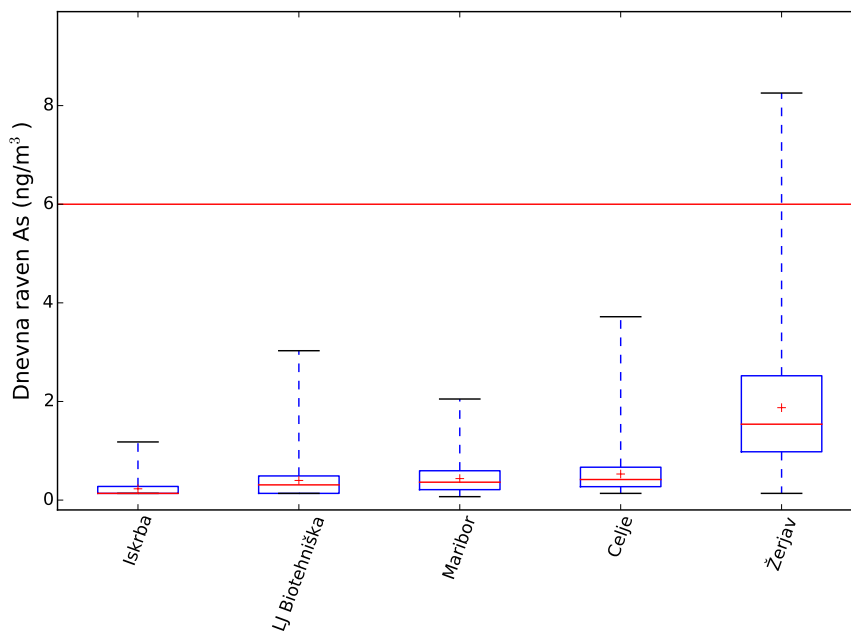
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Žerjav	293	254	300	252	384	329	338	351
Maribor	9,7	11,7	11,5	10,5	10,6	25,0	11,1	7,0
LJ Biotehniška	8,3	8,3	10,8	7,4	6,6	5,6	7,1	6,1
Iskrba	3,3	3,3	3,6	2,9	2,1	2,3	2,0	1,6

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

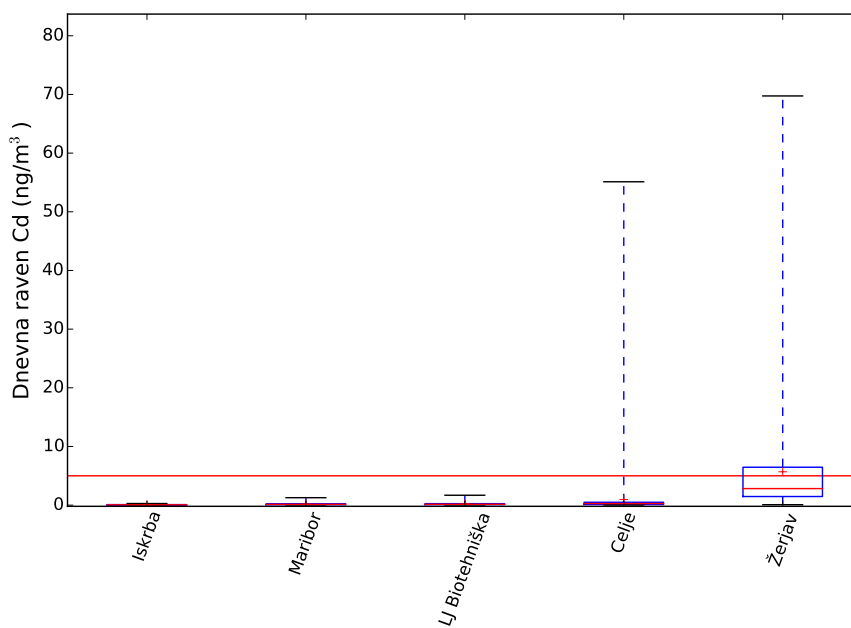
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Žerjav	2,7	2,2	1,9	2,0	1,7	1,9	2,1	1,9
Maribor	0,61	0,80	0,76	0,66	0,48	0,61	0,58	0,44
LJ Biotehniška	0,47	0,48	0,58	0,56	0,65	0,42	0,50	0,40
Iskrba	0,40	0,33	0,45	0,38	0,29	0,30	0,31	0,23

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

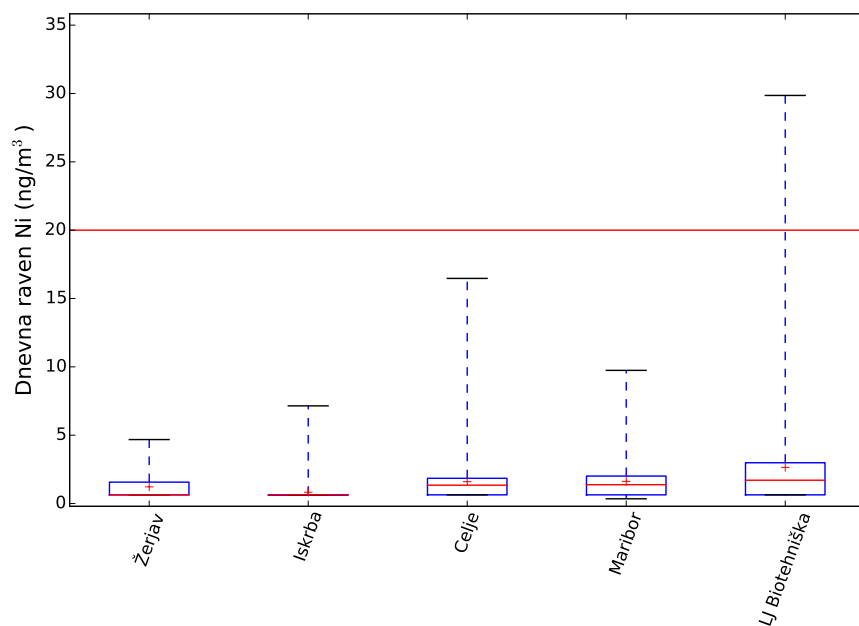
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Žerjav	2,6	4,4	2,5	1,5	2,5	2,7	4,9	5,7
Maribor	0,27	0,31	0,55	0,24	0,24	0,22	0,20	0,19
LJ Biotehniška	0,22	0,26	0,47	0,25	0,28	0,22	0,23	0,22
Iskrba	0,10	0,11	0,26	0,11	0,08	0,09	0,08	0,07



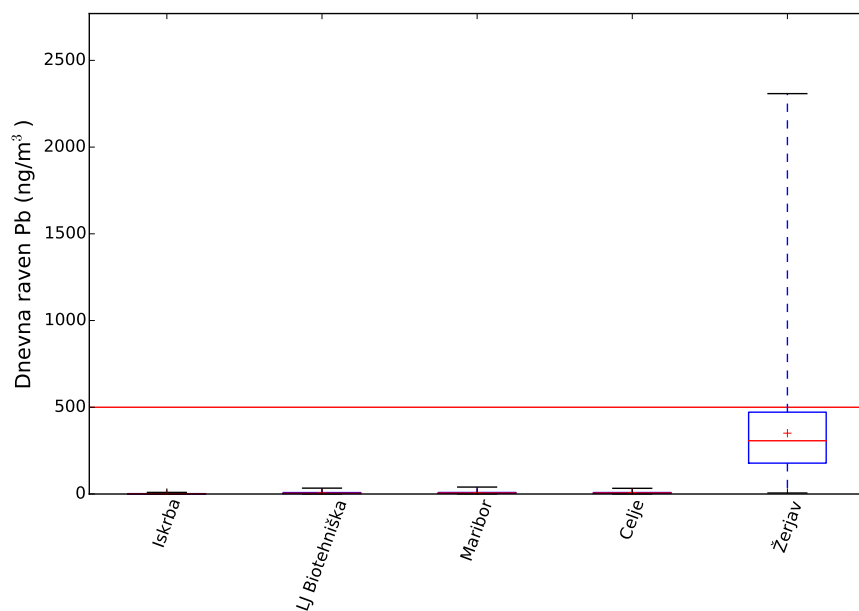
Slika 5.9: Porazdelitev dnevne ravni arzena na petih merilnih mestih v letu 2016. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



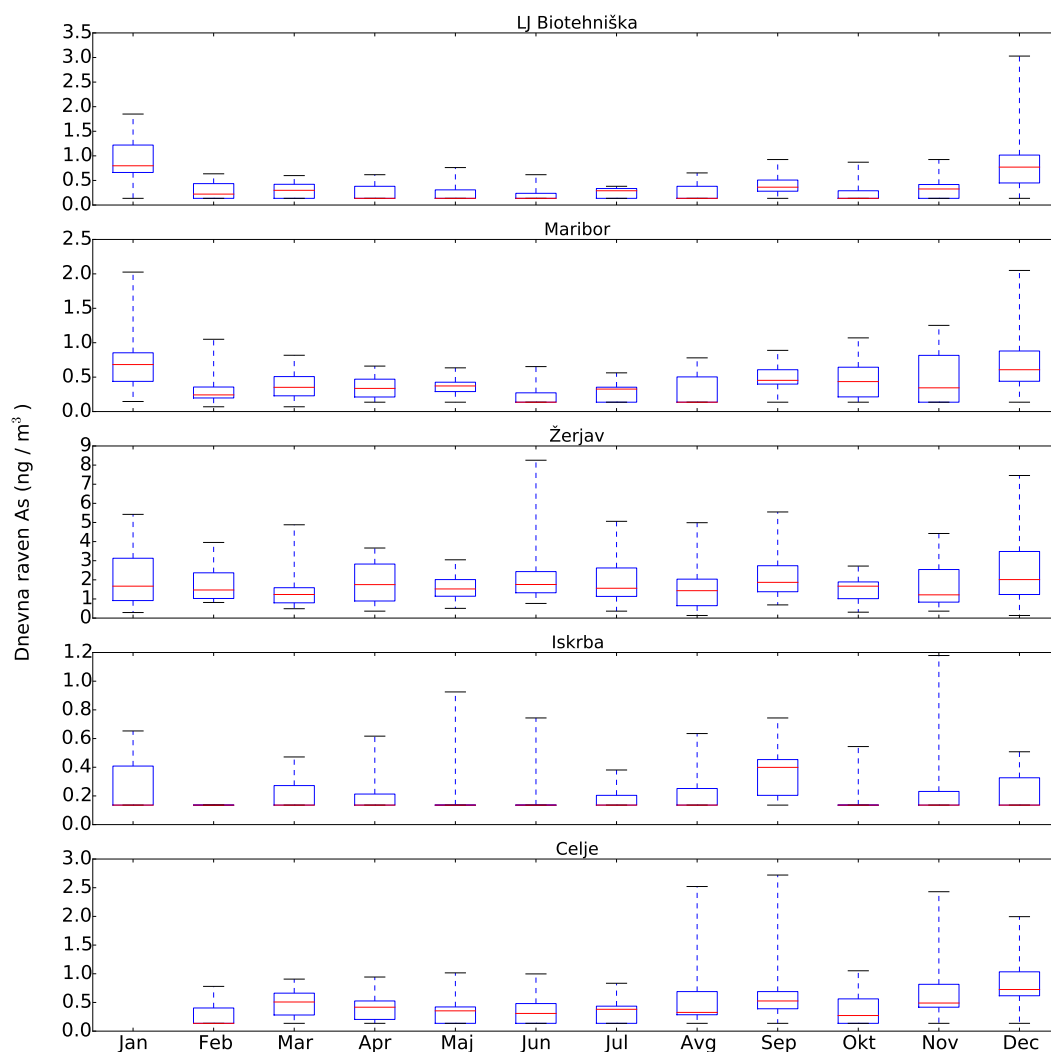
Slika 5.10: Porazdelitev dnevne ravni kadmija na petih merilnih mestih v letu 2016. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



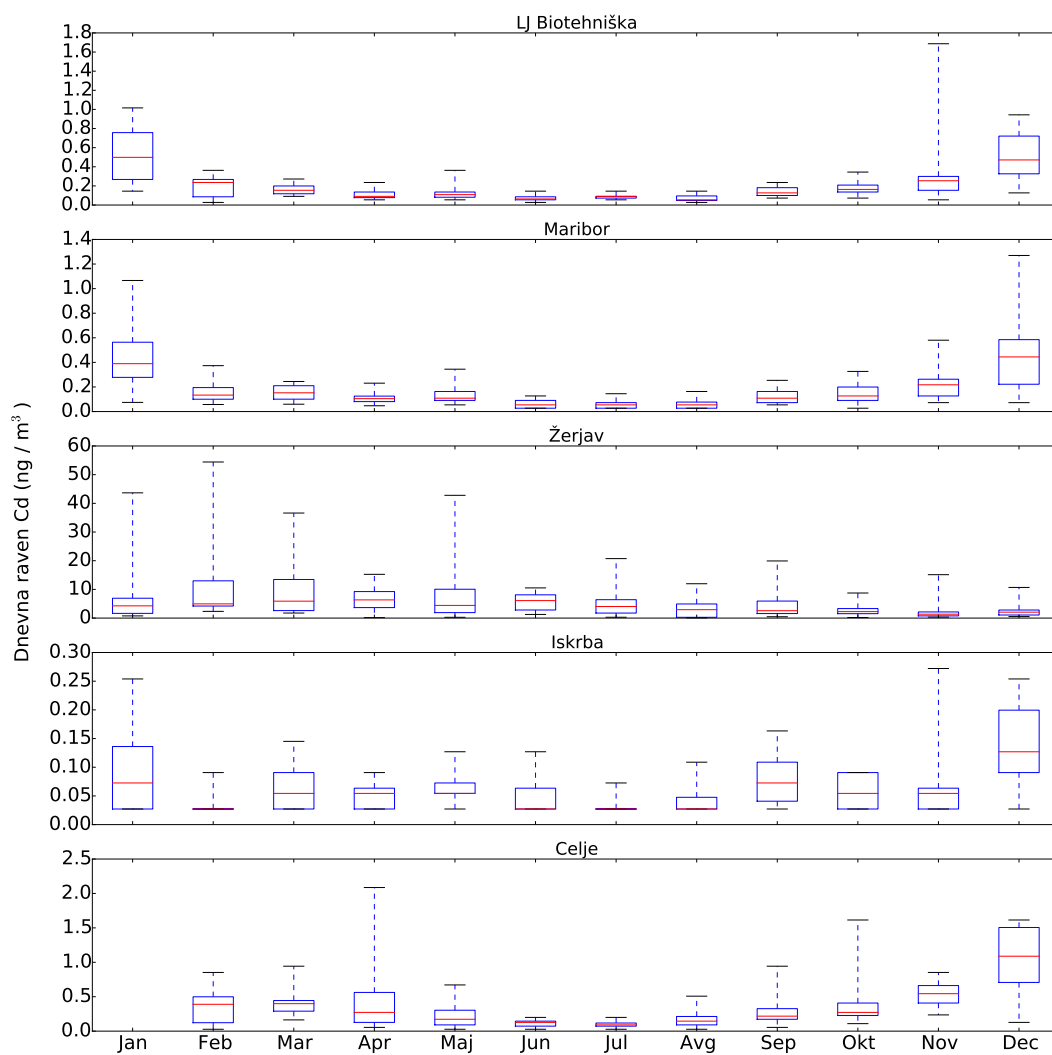
Slika 5.11: Porazdelitev dnevne ravni niklja na petih merilnih mestih v letu 2016. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



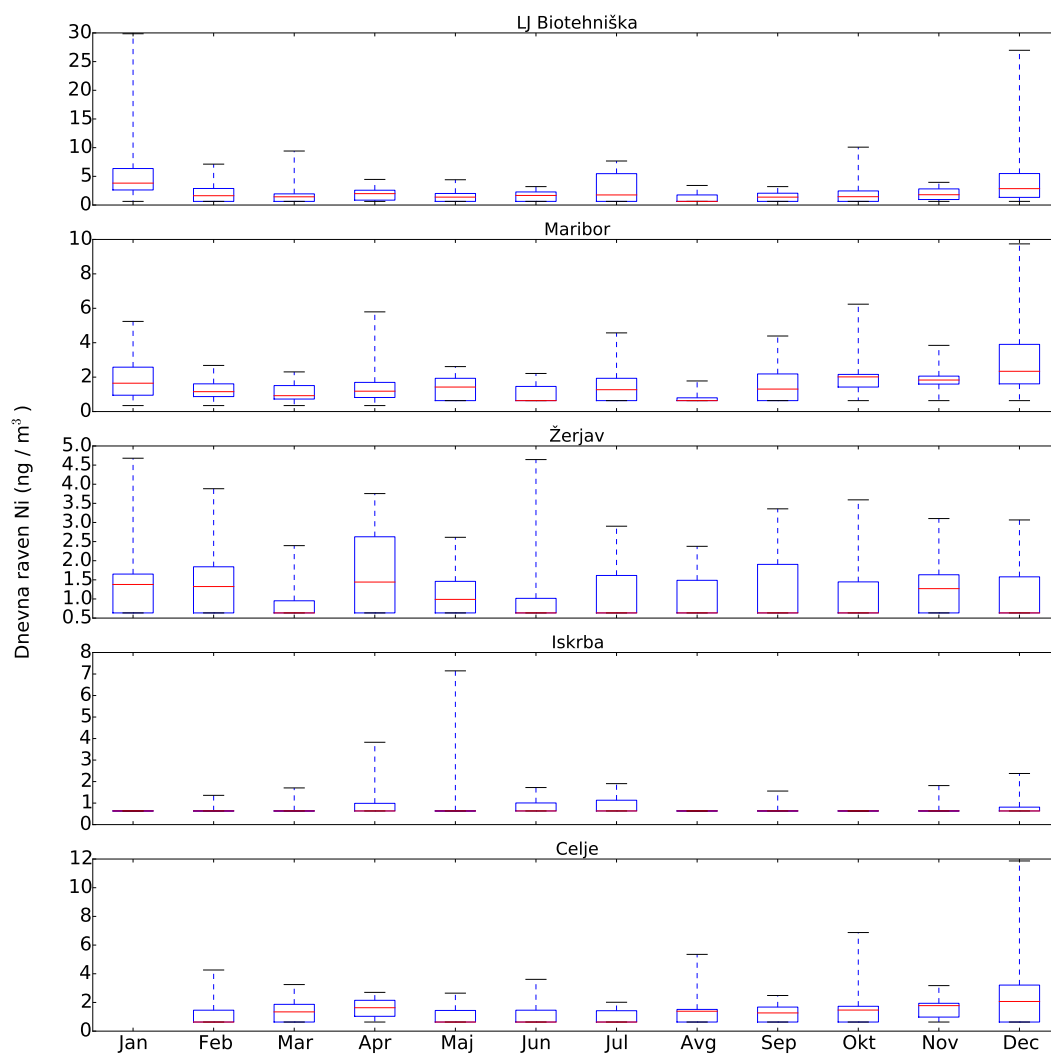
Slika 5.12: Porazdelitev dnevne ravni svinca na petih merilnih mestih v letu 2016. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno raven. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



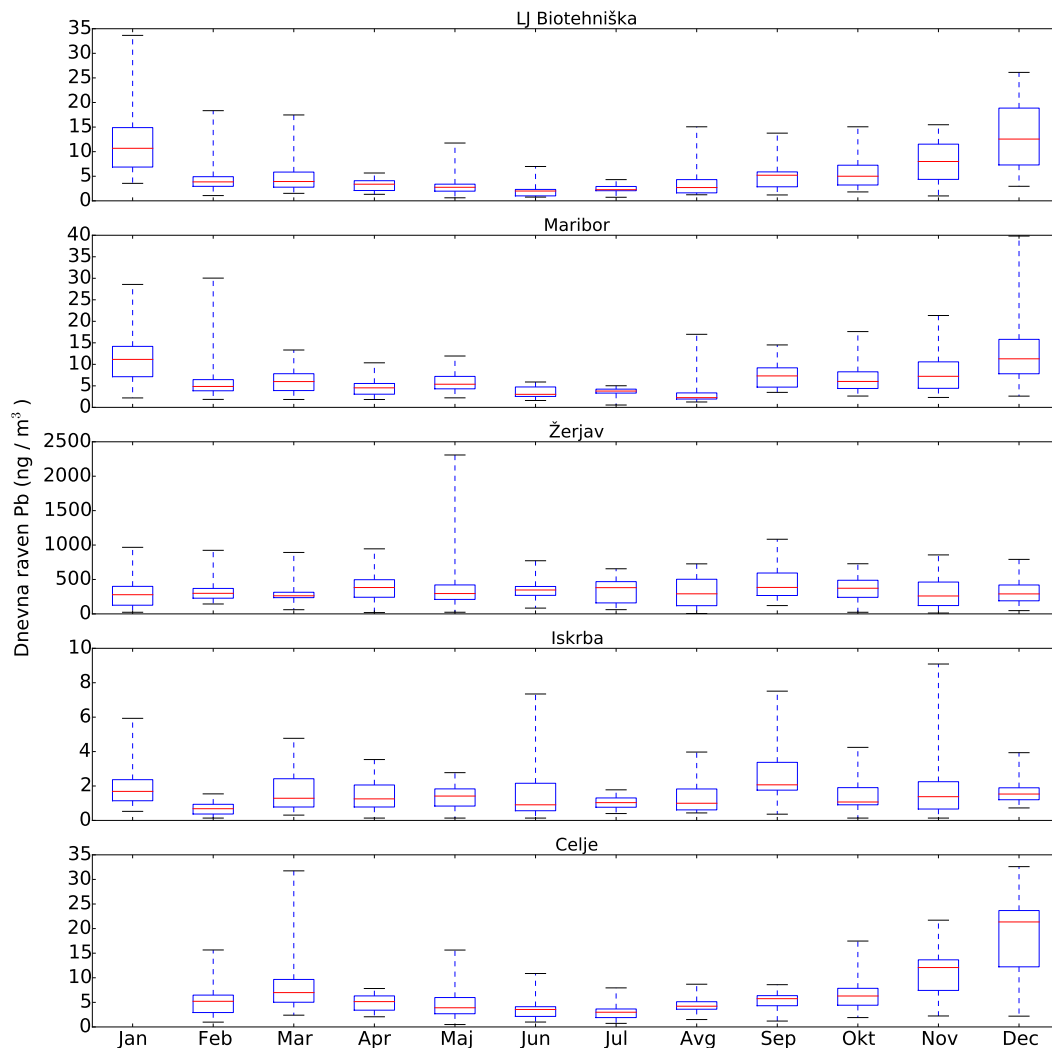
Slika 5.13: Porazdelitev dnevne ravni arzena na petih merilnih mestih po mesecih v letu 2016. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



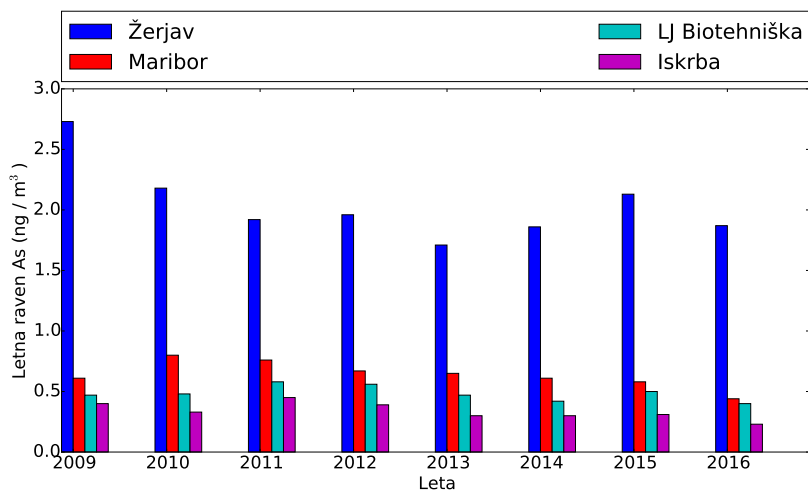
Slika 5.14: Porazdelitev dnevne ravni kadmija na petih merilnih mestih po mesecih v letu 2016. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



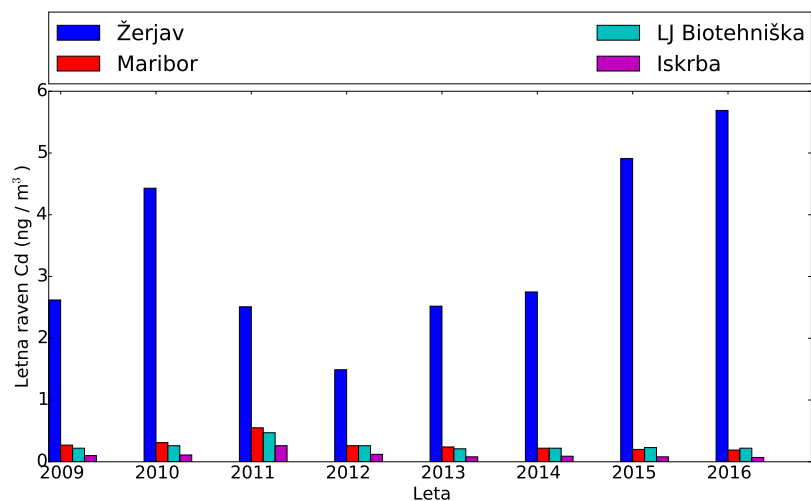
Slika 5.15: Porazdelitev dnevne ravni niklja na petih merilnih mestih po mesecih v letu 2015. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



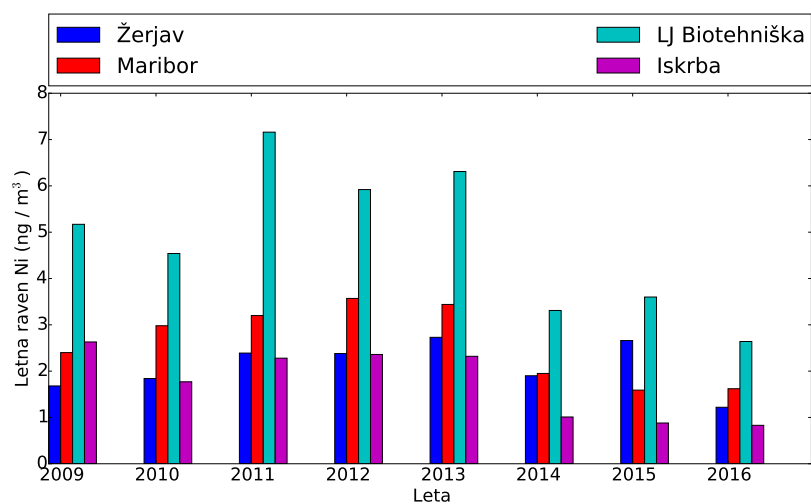
Slika 5.16: Porazdelitev dnevne ravni svineca na petih merilnih mestih po mesecih v letu 2016. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



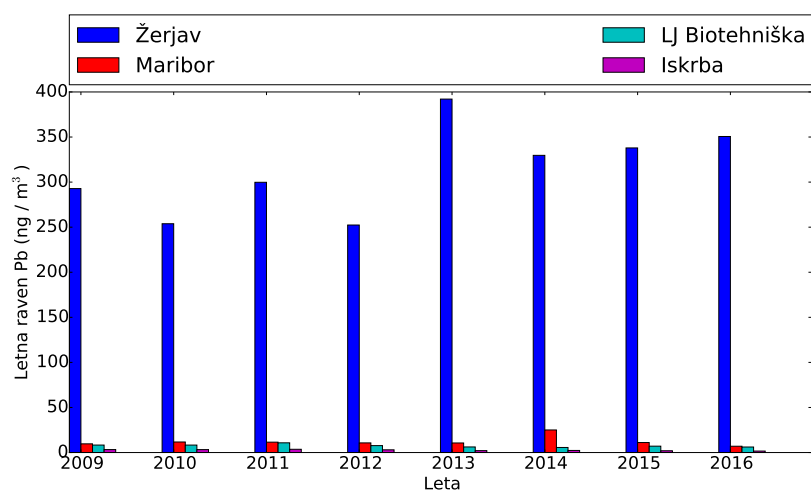
Slika 5.17: Porazdelitev povprečnih letnih ravni arzena po letih.



Slika 5.18: Porazdelitev povprečnih letnih ravni kadmija po letih.



Slika 5.19: Porazdelitev povprečnih letnih ravni niklja po letih.



Slika 5.20: Porazdelitev povprečnih letnih ravni svinca po letih.

6. Ozon

Molekula ozona je sestavljena iz treh atomov kisika. Zaradi nestabilne strukture je ozon močno reaktiven plin in zato v prevelikih koncentracijah 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. To se kaže v nižjih maksimalnih ravneh ozona v celinskem delu Slovenije v primerjavi s Primorsko. Povprečne letne ravni ozona v višjih predelih Slovenije so praviloma višje kot v nižjih predelih.

6.1 Zahteve za kakovost zraka

V tabeli 6.1 so prikazane predpisane ciljne, opozorilne in alarmne vrednosti iz Uredbe o kakovosti zunanjega zraka [23] 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 predvidena. 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 ravnmi večjimi od $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in raven $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 je podan v tabelah 6.2–6.5 ter na slikah 6.1 in 6.3.

V letu 2016 so bile zaradi nestabilnega vremena v poletnem času vse vrednosti ozona precej nižje kot v letih z vročimi poletji. Podobna situacija je bila zabeležena v letu 2014, ko je bilo zabeleženo nenavadno veliko padavin v poletnem času. Primerjava med merilnimi mesti kaže, da so bile višje ravni ozona izmerjene na merilnih mestih v višjih legah in na Primorskem, najnižje pa na merilnih mestih izpostavljenih izpustom iz prometa. Najvišja povprečna letna vrednost $91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je bila izmerjena na Krvavcu. Povprečna letna raven v Novi Gorici bi bila višja, če bi bilo merilno mesto nekoliko bolj oddaljeno od prometnih cest. Maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost je bila presežena na vseh merilnih mestih. Več kot 25 preseganj ciljne vrednosti za varovanje zdravja je bilo v letu 2016 zabeleženih v Kopru in Novi Gorici ter na Otlici in Krvavcu. Visoke ravni ozona in s tem povezana preseganja 8-urne ciljne vrednosti so bile izmerjene le v topli polovici leta v obdobju med marcem in septembrom, kar je razvidno iz tabel 6.3–6.5 in slike 6.3. Le redko se zgodi, da je zabeleženo preseganje 8-urne ciljne vrednosti decembra. To se je zgodilo 22.12.2016 na Krvavcu, ko je nad srednjo Evropo in Balkanom prevladovalo območje visokega zračnega pritiska, v višinah pa se je zadrževal topel zrak.

Za varovanje rastlin je predpisana ciljna vrednost AOT40. Ta vrednost je bila v letu 2016 presežena na vseh višje ležečih merilnih mestih. So pa bile vrednosti AOT40 zaradi nestanovitnega vremena v poletnem času precej nižje kot so vrednosti v letih z vročimi poletji. Podobno je bilo še leta 2014.

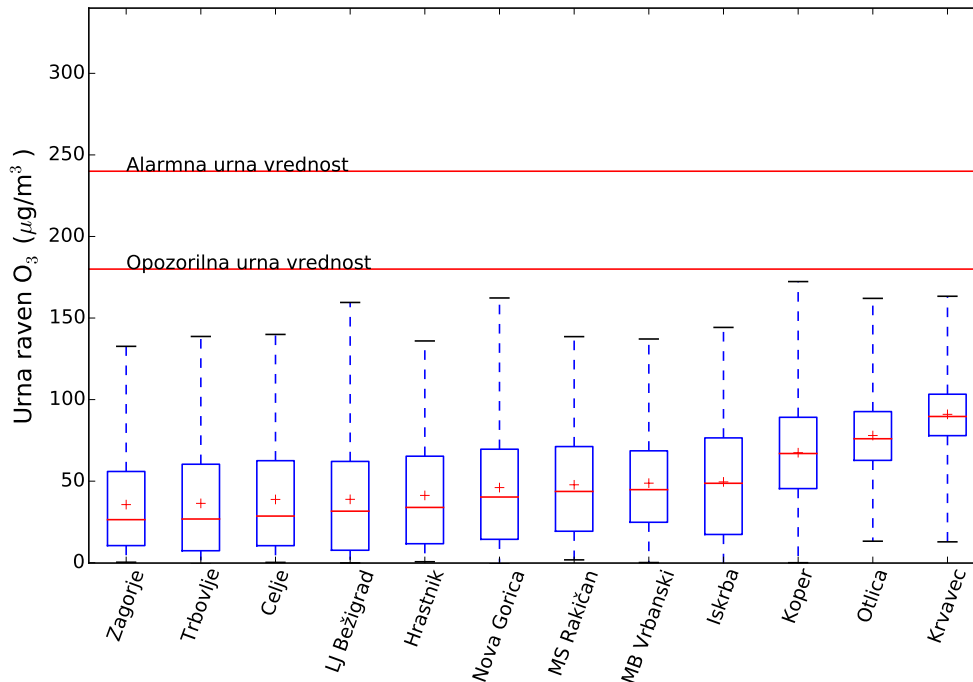
Tabela 6.2: Raven ozona v zunanjem zraku ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2016. Prikazana je razpoložljivost podatkov (% pod), povprečna letna raven (C_p), maksimalna urna in maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost (max), število preseganj opozorilne (>OV) in alarmne vrednosti (>AV), število prekorajitev 8-urne ciljne vrednosti, AOT40 ter WHO smernice.

Merilno mesto	%pod	Leto C_p	varovanje zdravja				varovanje rastlin		8 ur WHO
			1 ura max	>OV	>AV	8 ur max	>CV	maj–julij AOT40	
Merilna mreža DMKZ									
LJ Bežigrad	97	39	160	0	0	142	13	11907	52
MB Vrbanski	100	49	137	0	0	129	7	15949	81
Celje	98	39	140	0	0	134	7	10986	49
MS Rakičan	99	48	139	0	0	130	7	16636	80
Nova Gorica	98	46	162	0	0	157	34	21230	81
Trbovlje	99	36	139	0	0	135	5	9274	42
Zagorje	96	36	133	0	0	129	1	6953	26
Hrastnik	97	41	136	0	0	131	5	11582	54
Koper	100	67	172	0	0	166	51	29027	132
Otlica	94	78	162	0	0	150	31	24896	112
Iskrba	99	50	144	0	0	133	14	15631	73
Krvavec	98	91	163	0	0	156	57	27176	149
Dopolnilna merilna mreža									
TE-TOL									
Vnajnarje	98	66	148	0	0	134	14	13812	/
TE Šostanj									
Zavodnje	98	72	145	0	0	137	14	18061	/
Velenje	99	43	138	0	0	127	4	10850	/
TE Trbovlje									
Kovk	99	75	146	0	0	140	25	19375	/
TE Brestanica									
Sv. Mohor	99	54	148	0	0	138	20	14279	/
MO Maribor									
Pohorje	99	72	135	0	0	131	9	14731	/

Opozorilna in alarmna vrednost v letu 2016 nista bili preseženi na nobenem merilnem mestu. Najvišja urna vrednost je bila izmerjena v Kopru, in sicer $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najnižje urne ravni ozona so izmerjene na merilnih mestih pod vplivom prometa, najvišje pa na merilnih mestih na Primorskem, na Otlici in na Krvavcu (slika 6.1).

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, 6.4, 6.5, 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, vrednosti so višje na ruralnih merilnih mestih. Za leto 2016 je precej izrazit padec vrednosti ozona v juniju, ko je prevladovalo precej nestanovitno vreme, v tem mesecu je bilo preseženo dolgoletno povprečje količine padavin v več kot polovici države.

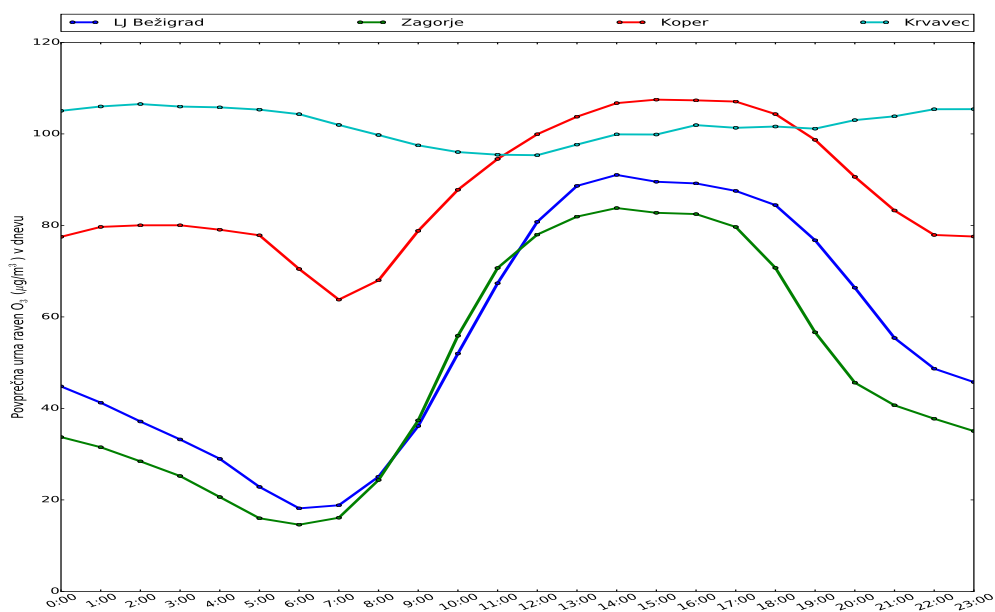
Za ozon je značilen izrazit dnevni hod, ki je za izbrana merilna mesta prikazan na sliki 6.2. Na merilnih mestih v nižinah nastopi izrazit maksimum ravni okrog 14. ure, ko je sončno obsevanje močno in so temperature zraka najvišje. Najnižje ravni so zaznane v času jutranje prometne konice, ko ozon reagira 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



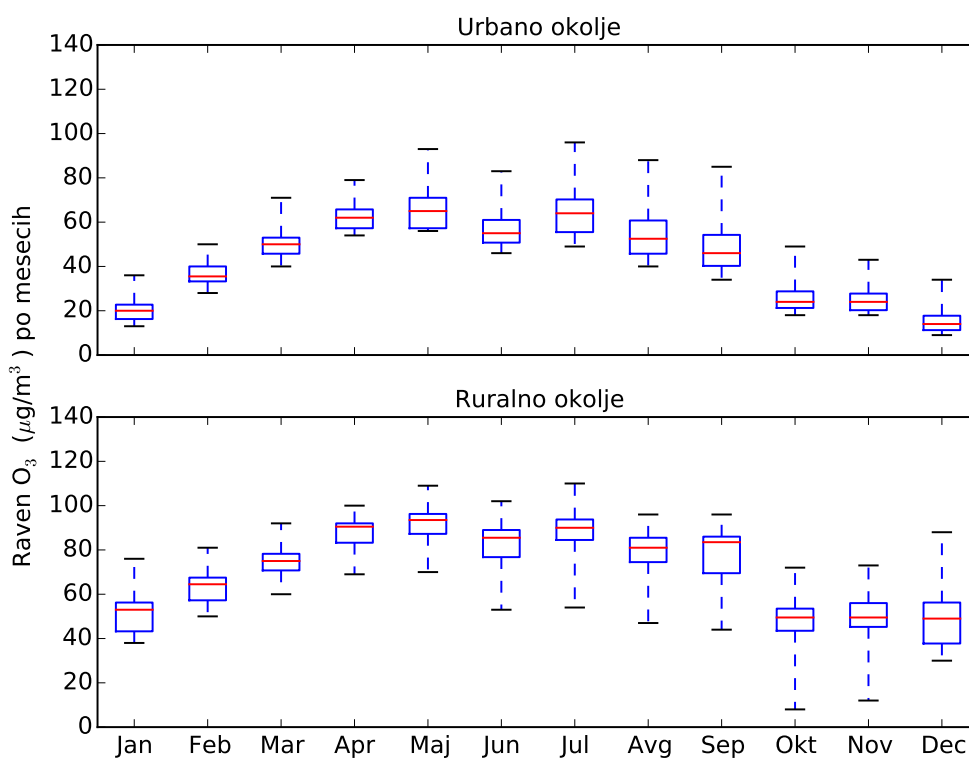
Slika 6.1: Porazdelitev urnih ravni O₃ na merilnih mestih DMKZ v letu 2016. Prikazani so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Znak + prikazuje letno povprečje.

predelih.

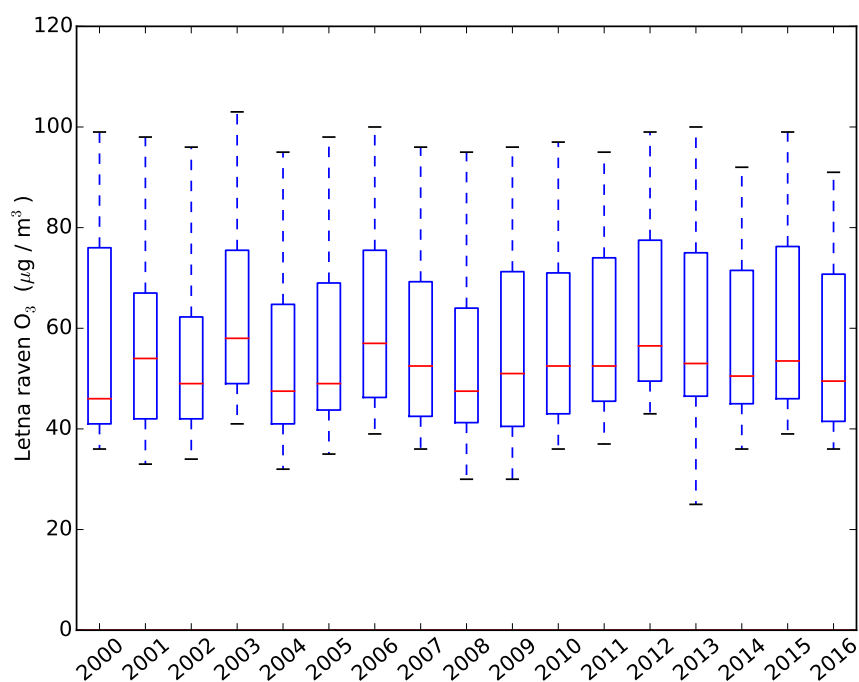
Povprečne letne ravni ozona ne kažejo opaznih trendov v zadnjih letih. Razlike med posameznimi leti so posledica vremenskih razmer, posebej tistih polet, ko so pogoji za nastanek ozona zaradi močnejšega sončnega obsevanja in višjih temperatur ugodnejši kot pozimi. Po visokih povprečnih letnih vrednostih izstopa predvsem leto 2003, sledita pa mu leti 2006 in 2012. Leto 2003 izstopa tudi po velikem številu preseganj ciljne 8-urne vrednosti. Po drugi strani je za leti 2014 in 2016 značilno manjše število preseganj ciljne 8-urne vrednosti, v teh dveh letih ni bilo zabeleženega nobenega preseganja opozorilne vrednosti. Podatki o povprečnih letnih ravneh ozona za posamezna merilna mesta in številu preseganj ciljne 8-urne vrednosti so podani v tabelah 6.6–6.8, v tabeli 6.9 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.



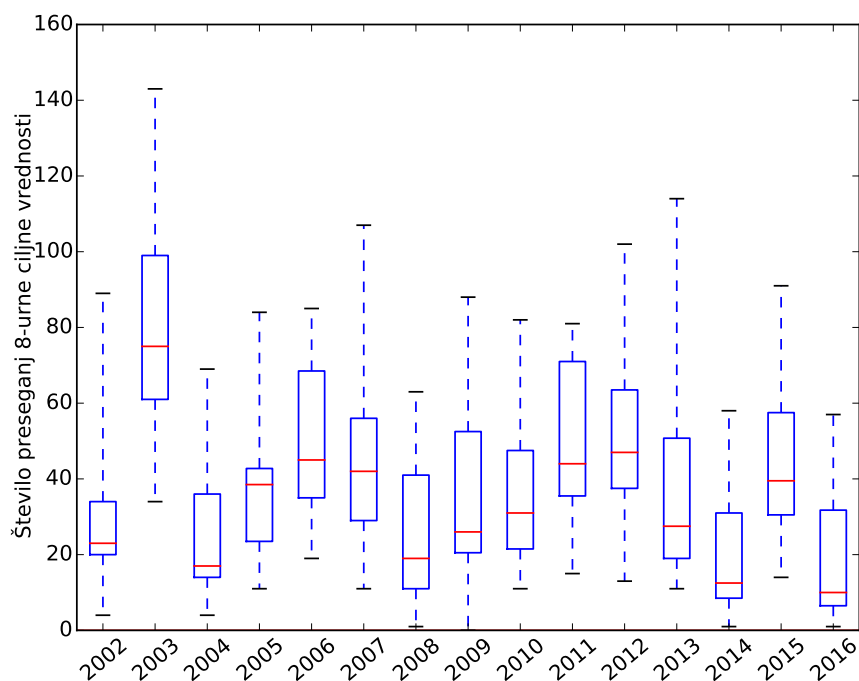
Slika 6.2: Povprečni dnevni potek ravni O_3 na izbranih merilnih mestih med aprilom in septembrom 2016.



Slika 6.3: Porazdelitev povprečne dnevne ravni O_3 po mesecih na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2016. 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 6.3: Povprečna mesečna raven ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2016.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	13	28	40	54	56	50	68	57	46	22	21	10
MB Vrbanški	23	41	53	68	72	64	71	62	56	30	28	18
Celje	16	34	42	59	61	56	60	48	41	21	18	12
MS Rakičan	25	40	54	66	73	61	65	56	52	30	32	21
Nova Gorica	15	32	53	57	68	61	76	69	55	25	19	17
Trbovlje	17	37	48	58	56	46	49	40	34	19	23	9
Zagorje	19	33	45	55	56	46	51	43	36	18	20	11
Hrastnik	22	40	51	65	62	53	54	45	40	24	27	15
Koper	36	50	71	79	93	83	96	88	85	49	43	34
Otlica	60	72	82	92	96	89	96	87	85	55	56	66
Iskrba	38	50	60	69	70	53	54	47	44	36	43	30
Krvavec	76	81	92	100	109	102	110	96	96	72	73	88
Vnajnarje	44	58	72	84	89	78	86	75	77	46	46	40
Zavodnje	52	66	77	89	95	84	90	82	84	49	49	46
Velenje	21	34	49	65	68	54	63	49	46	24	25	13
Kovk	55	65	77	92	97	87	93	85	89	53	56	52
Sv. Mohor	41	55	67	81	82	73	80	73	47	8	12	31
Pohorje	55	64	74	88	92	89	90	80	83	49	50	53

Tabela 6.4: Maksimalna urna raven ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) po mesecih v letu 2016.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	64	80	111	110	125	118	156	148	160	114	82	69
MB Vrbanški	72	87	117	128	134	135	137	127	137	110	72	80
Celje	69	87	129	132	139	111	140	116	120	110	65	79
MS Rakičan	76	84	99	120	135	126	134	130	139	117	77	84
Nova Gorica	70	89	131	130	154	159	162	161	158	111	71	79
Trbovlje	72	91	128	133	138	118	139	114	128	108	79	67
Zagorje	75	87	124	120	133	112	132	111	124	101	75	67
Hrastnik	75	92	129	133	134	121	136	121	126	104	78	78
Koper	81	92	120	136	169	159	172	172	150	119	83	81
Otlica	88	97	135	130	150	145	162	157	155	106	81	90
Iskrba	79	96	133	126	137	115	144	119	143	117	91	82
Krvavec	102	105	136	132	144	148	163	148	146	105	97	125
Vnajnarje	88	94	122	128	138	122	140	125	148	107	73	73
Zavodnje	82	100	129	133	139	133	145	127	137	101	80	89
Velenje	73	85	128	130	132	119	138	111	126	100	71	78
Kovk	90	96	123	138	146	121	139	140	135	117	85	87
Sv. Mohor	78	88	124	133	131	118	147	143	148	40	38	69
Pohorje	81	87	121	127	135	127	134	129	124	103	79	85

Tabela 6.5: Število prekoračitev 8-urne ciljne ravni ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ozona v letu 2016.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	0	0	0	0	0	0	10	1	2	0	0	0
MB Vrbanski	0	0	0	1	3	0	2	0	1	0	0	0
Celje	0	0	1	1	4	0	1	0	0	0	0	0
MS Rakičan	0	0	0	0	3	0	2	1	1	0	0	0
Nova Gorica	0	0	1	1	6	3	15	6	2	0	0	0
Trbovlje	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0
Zagorje	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Hrastnik	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0
Koper	0	0	0	2	9	3	20	11	6	0	0	0
Otlica	0	0	3	2	7	2	12	3	2	0	0	0
Iskrba	0	0	1	1	5	0	6	0	1	0	0	0
Krvavec	0	0	3	4	13	6	18	6	6	0	0	1
Vnajnarje	0	0	0	1	7	0	5	0	1	0	0	0
Zavodnje	0	0	1	1	5	1	6	0	0	0	0	0
Velenje	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0
Kovk	0	0	0	2	10	0	7	2	4	0	0	0
Sv. Mohor	0	0	1	2	5	0	5	3	4	0	0	0
Pohorje	0	0	0	1	5	0	3	0	0	0	0	0

Tabela 6.6: Povprečne letne ravni ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) za obdobje 1992–2016.

	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
Krivavec	89	83	83	89	89	98	100	99	99	98	96	103	95	98	100	96	95	96	97	95	99	100	92	99	91
Iskrba	/	/	/	/	/	/	/	/	61	58	53	60	54	56	60	54	50	53	55	51*	56	52	52	51	50
Otlca	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	95	88	82	83	83	80	87	88*	78	83	78
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
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
Trbovlje	/	/	/	/	/	/	/	/	37	/	40	48	35	37	41	38	33	40	42	41	46	43	39	42	36
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	46	37	46	52	43	35	50	44	41	42	48	47	51	48	45	47	41
Zagorje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	34	41	32	44	39	36	30	30	36	41	43	42	36	39	36
MS Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	46	54	52	58	48	50	50	47	45	45	51	52	55	53	45	46	48
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	45	58	47	48	50	47	43	44	46	53	57	53	46	52	46
Koper	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	74	66	67	69	68	72	74	73	69	74	67
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
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	38	40	54	55	43	46	54	51	42	49	51	80	52	51	46	46	43
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
Vnainarje	/	/	/	/	/	/	/	/	77	63	67	73	67	68	76	70	60	74	73	74	82	86*	76	74	66
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	49	55
MB Pohorje	/	/	/	/	/	/	/	/	86	/	/	88	76	79	82	76	74	74	71	71	80	76	72	81	72

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

Tabela 6.7: Število preseganj 8-urne ciljne vrednosti ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) v posameznem letu za obdobje 2002–2016.

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

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

Tabela 6.8: Število preseganj 8-urne ciljne ravni ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) v drsečem povprečju treh let za obdobje 2002–2016. Prekoračitve predpisane vrednosti so označene odebeljeno.

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

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

Tabela 6.9: Število preseganj opozorilne vrednosti ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) za obdobje 2002–2016.

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

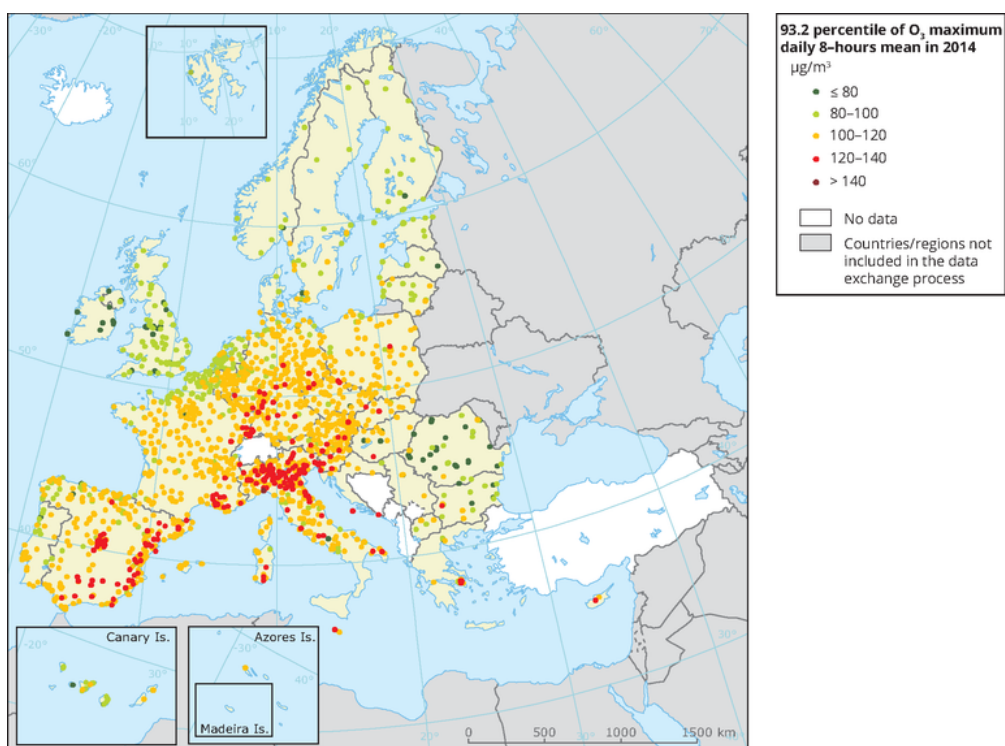
* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

6.3 Epizode čezmerne onesnaženosti

V letu 2016 nismo zabeležili preseganj opozorilne urne vrednosti. Najvišje urne ravni smo v tem letu izmerili v Kopru, in sicer 31. julija. Poletje ni prineslo dolgotrajnejšega vročega obdobja. V letu 2016 smo imeli nekaj obdobji, ko so bile presežene ciljne 8-urne vrednosti. To je bilo v zadnji tretjini maja, takrat je prevladovalo toplo, sončno vreme z jugozahodnimi vetrovi. V juniju, avgustu in septembru je prevladovalo nestanovitno vreme s pogostimi padavinami. Največ preseganj ciljne vrednosti smo zabeležili v juliju, takrat je bilo nekaj krajših obdobji z veliko sonca in visokimi temperaturami, ki so bila prekinjena z močnimi plohami in nevihtami.

6.4 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Na raven ozona v veliki meri vplivajo podnebne razmere. Raven ozona je višja v južnem delu Evrope, ker je tvorba ozona intenzivnejša pri višjih temperaturah in močnejšem sončnem obsevanju. Visoka raven ozona je tudi v območjih zgoščenih izpustov predhodnikov ozona, kot na primer v sosednji Padski nižini, kar je lepo razvidno iz prikaza onesnaženosti posameznih merilnih mest v Evropski uniji (slika 6.6). Glede na doseganje skladnosti s ciljno vrednostjo sodi Slovenija v skupino z ozonom bolj obremenjenih držav.



Slika 6.6: Prikaz 93.2 percentila, šestindvajsete najvišje dnevne 8-urne povprečne ravni O₃ v Evropski uniji v letu 2014 [1]. Z barvo je prikazan razred, v katerega spada merilno mesto glede na 26. 8-urno povprečno raven.

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 [30].

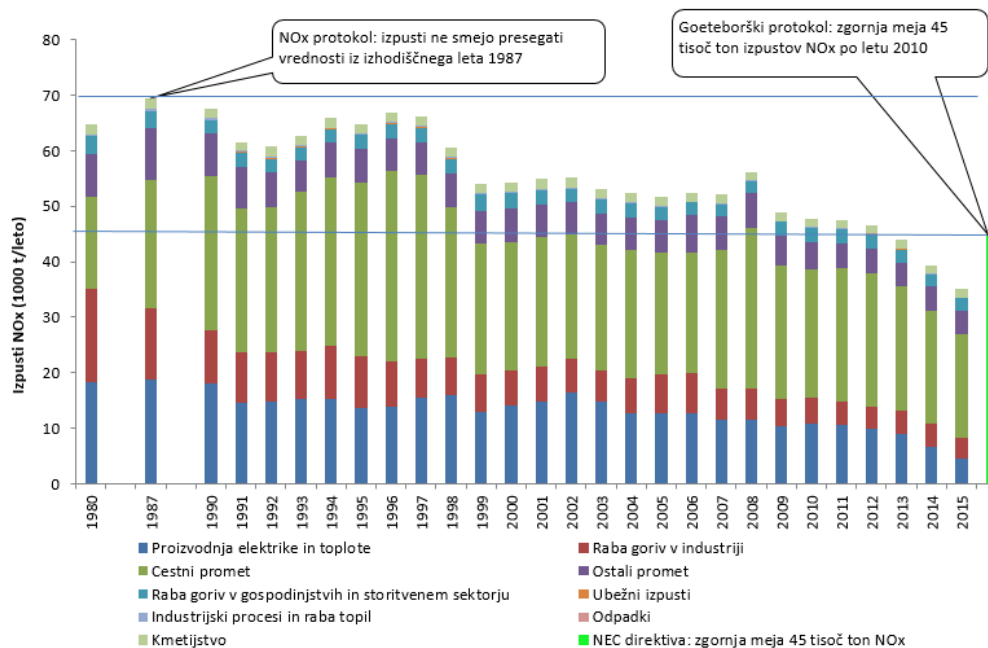
7.1 Izpusti

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 2015 znašali 35 tisoč ton. V obdobju 1980–2015 so se zmanjšali za 46 %. Največji vir izpustov NO_x je v letu 2015 predstavljal cestni promet, ki je k skupnim državnim izpustom prispeval kar 53 %. Izpusti po glavnih kategorijah virov so prikazani na sliki 7.1 in 7.2.

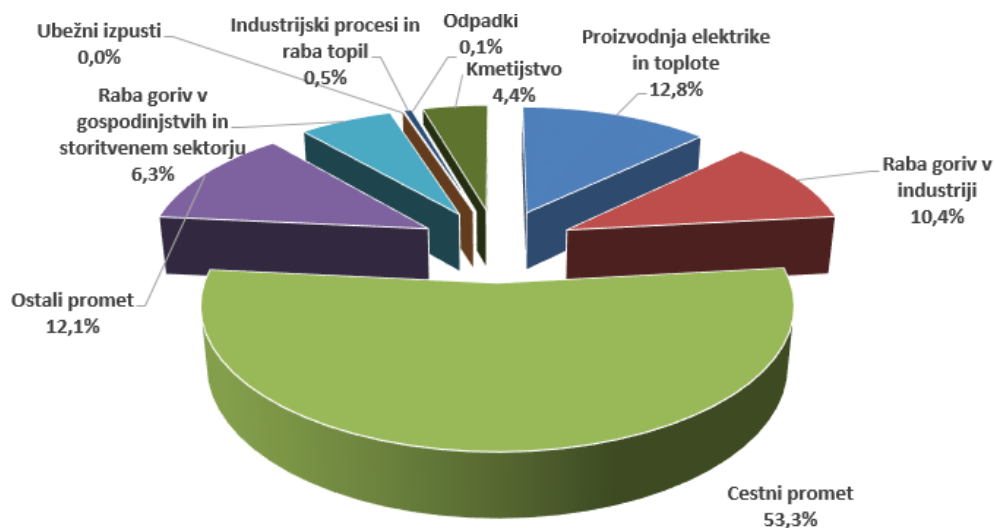
Slovenija izpolnjuje obveznosti iz Direktive (EU) 2016/2284 o zmanjšanju nacionalnih emisij za nekatera onesnaževala zraka (NEC Direktiva) [13] in iz Protokola o zmanjševanju zakisljevanja, evtrofikacije in prizemnega ozona (Goeteborški protokol) h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [26]. Skupni izpusti NO_x so bili v letu 2015 za 22 % 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 [26]. 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 2015.

7.2 Zahteve za kakovost zraka

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [23] 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

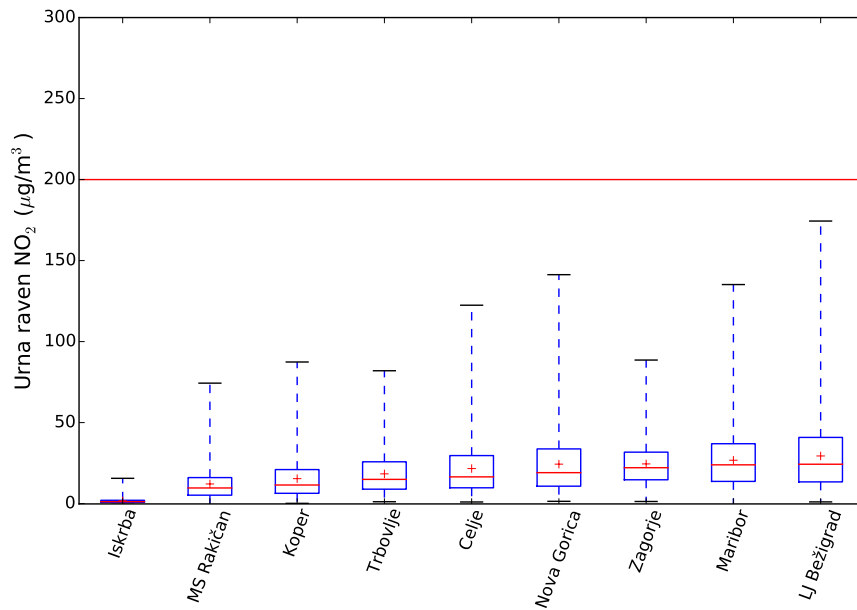
Letna mejna vrednost NO₂, ki je predpisana za zaščito zdravja, v letu 2016 ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Ravno tako tudi ni bilo preseganj urne mejne vrednosti NO₂ (tabela 7.2). Priporočene vrednosti Svetovne zdravstvene organizacije, ki so enake, kot jih določa Uredba o kakovosti zunanjega zraka, torej tudi niso bile presežene. 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 v to skupino sodijo vsa merilna mesta z izjemo merilnih mest Ljubljana Center, AMP Gaji v Celju in Maribor Vrbanški plato. 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 pod mejno urno vrednostjo, ki je lahko po zakonodaji presežena 18-krat v enem letu. Ravni NO₂ imajo značilen letni in dnevni hod. Na urbanih in ruralnih 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 7.5 ter sliki 7.5, 7.6). Dnevni hod kaže, da so najnižje ravni izmerjene ponoči, čez dan so ravni višje (slika 7.7). Zjutraj in popoldne se pojavljata dve obdobji višjih ravni zaradi povečanih izpustov dušikovih oksidov ob jutranji in popoldanski prometni konici. Na sliki 7.7 lahko opazimo razliko med delavniki ter vikendi. Med delavniki so ravni višje zaradi intenzivnejšega prometa.

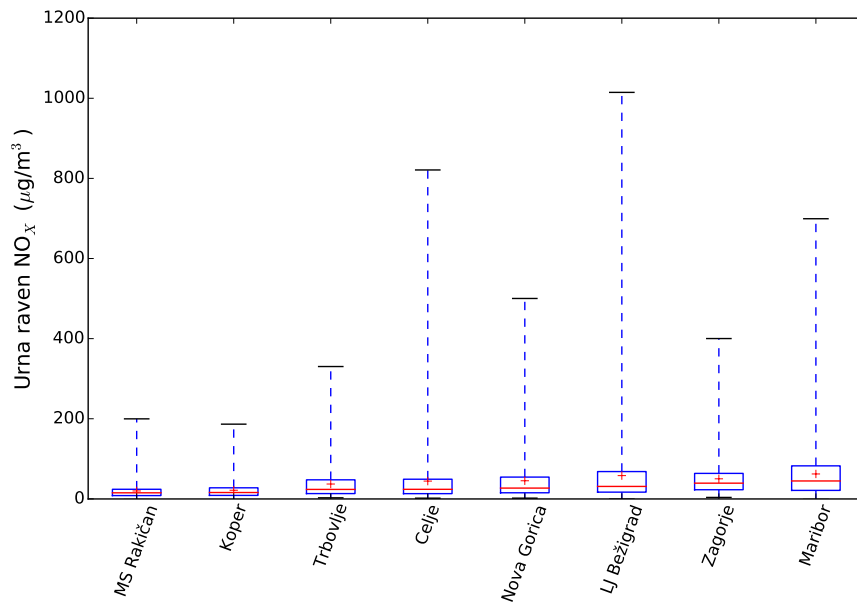
Tabela 7.2: Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečna letna (C_p) in maksimalna letna vrednost (max) izražene v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ter število preseganj mejne (>MV) in alarmne (>AV) vrednosti za NO_2 . Razpoložljivost podatkov (% pod) in povprečna letna vrednost za NO_x (C_p) izražena v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v letu 2016.

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	29	174	0	0	99	58
Maribor	84	27	135	0	0	84	62
Celje	98	22	122	0	0	98	44
MS Rakičan	98	12	74	0	0	98	20
Nova Gorica	99	24	141	0	0	99	45
Trbovlje	97	18	82	0	0	99	37
Zagorje	98	24	89	0	0	98	50
Koper	92	15	87	0	0	92	22
Iskrba	99	2	16	0	0	/	/
Dopolnilna merilna mreža							
TE-TO Ljubljana							
Vnajnarje	98	9	110	0	0	94	10
Lafarge cement							
TE Šoštanj							
Zavodnje	98	5	65	0	0	98	6
Škale	99	9	73	0	0	99	11
TE Trbovlje							
Kovk	90	6	67	0	0	90	7
Dobovec	78	1	19	0	0	78	1
TE Brestanica							
Sv. Mohor	99	7	60	0	0	99	7
OMS MOL							
LJ Center	99	32	133	0	0	99	75
MO Celje							
AMP Gaji	96	16	103	0	0	98	37
MO Maribor							
MB Vrbanski	99	13	115	0	0	99	17

V zadnjih desetih letih je bilo zabeleženo preseganje letne mejne vrednosti za zaščito zdravja le na merilnem mestu Ljubljana Center, drugje preseganj ni bilo (tabela 7.6). Meritve kažejo, da se letne povprečne ravni dušikovega dioksida nekoliko spreminjajo (slika 7.8) predvsem zaradi meteoroloških pogojev, letna povprečja pa so na vseh merilnih mestih pod mejno vrednostjo. Ob toplejših zimah z več vetra in padavin ter ob manjšem številu temperaturnih inverzij 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.



Slika 7.3: Porazdelitev urne ravni NO₂ na merilnih mestih DMKZ v letu 2016. Prikazana je najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje urno mejno vrednost.



Slika 7.4: Porazdelitev urne ravni NO_x na merilnih mestih DMKZ v letu 2016. Prikazana je najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.

Tabela 7.3: Povprečna mesečna raven NO₂ (µg/m³) v letu 2016.

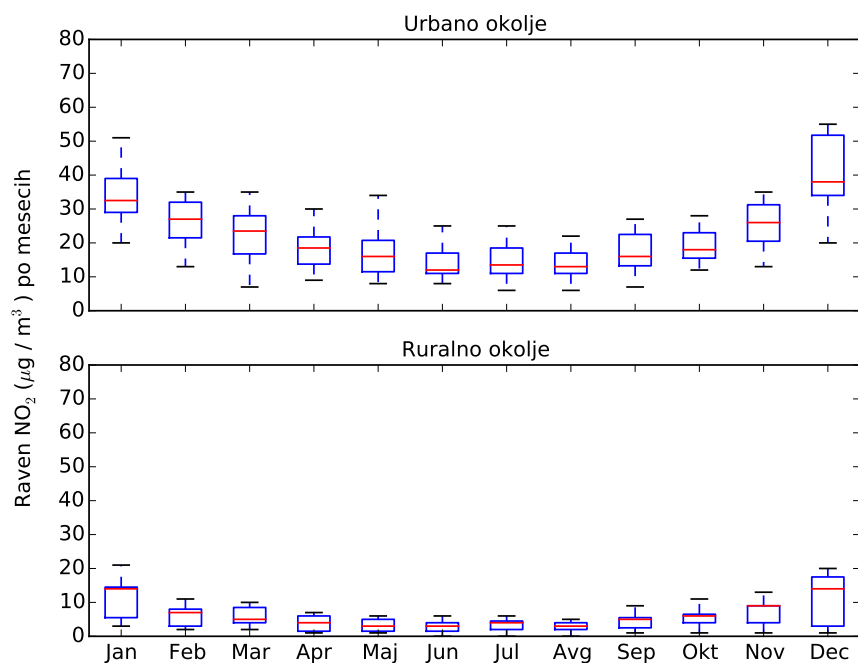
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	51	33	28	22	21	19	17	17	27	28	35	53
Maribor	29	35	29	21	20		19	20	17	18	32	48
Celje	43	29	27	21	18	13	11	11	13	13	20	39
MS Rakičan	20	14	7	9	8	8	6	11	14	15	13	20
Nova Gorica	34	25	20	16	13	12	19	17	23	26	35	55
Trbovlje	29	21	19	16	14	12	11	12	15	18	22	33
Zagorje	36	29	28	23	21	17	15	14	21	23	29	37
Koper	31	23	16	13	10	11	12	9	7	12	15	21
Iskrba	3	2	3	1	1	1	1	1	1	2	2	3
Vnajnarje	14	8	9	7	6	6	6	5	9	11	13	20
Zavodnje	8	4	5	4	3	3	4	4	5	6	6	14
Škale	21	11	10	7	5	4	5	4	6	6	9	17
Kovk	14	8	8	5	5	4	3	3	4	7	9	3
Dobovec	3	2	2	1	1	0	0	0	1	1	1	1
Sv. Mohor	15	7	5	2	2	2	4	3	5	6	9	18
LJ Center	40	34	35	30	34	25	25	22	27	23	28	55
AMP Gaji	28	13	14	12	11	8	7	6	8	17	24	37
Zelena trava	28	13	12	6	7	/	/	/	/	/	/	/

Tabela 7.4: Maksimalna urna raven NO₂ (µg/m³) po mesecih v letu 2016.

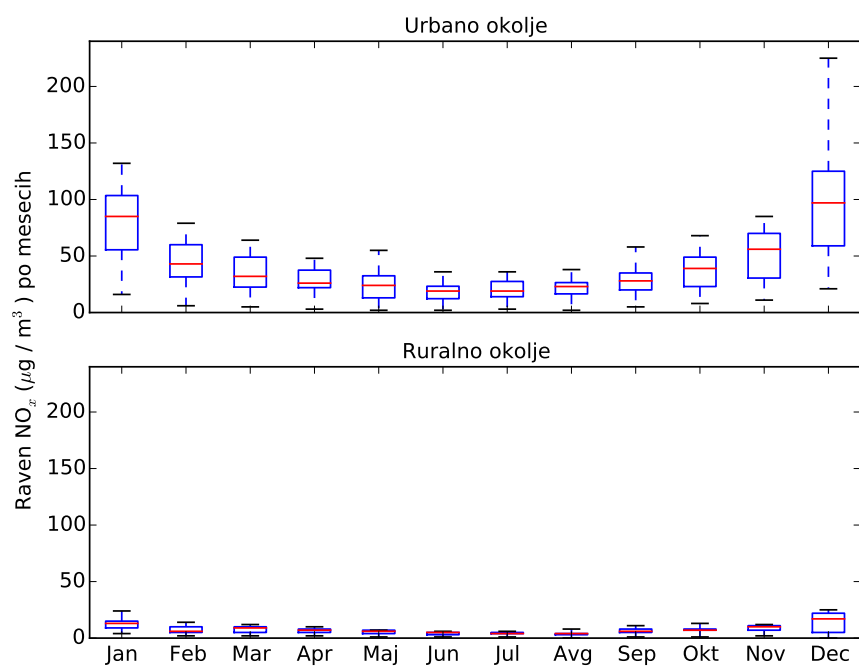
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	174	88	105	89	79	62	50	76	99	76	93	154
Maribor	108	97	74	75	53		61	57	91	53	117	135
Celje	122	83	93	83	66	48	35	35	46	32	74	93
MS Rakičan	74	54	59	48	35	23	32	54	61	67	58	70
Nova Gorica	88	67	77	66	53	79	73	70	88	69	104	141
Trbovlje	73	63	67	60	63	40	40	41	45	56	60	82
Zagorje	86	73	86	80	62	45	39	37	55	56	75	89
Koper	81	76	65	87	52	51	44	27	27	51	45	51
Vnajnarje	43	24	25	35	17	26	11	18	24	28	51	110
Zavodnje	31	17	19	35	30	9	30	57	53	32	29	65
Škale	63	73	25	35	26	15	28	55	33	45	26	49
Kovk	45	40	45	28	48	28	20	34	23	67	34	29
Dobovec	19	9	19	5	3	17	7	17	5	18	7	1
Sv. Mohor	60	31	21	27	21	13	13	15	18	33	47	47
LJ Center	107	80	93	80	70	71	68	58	71	48	60	133
AMP Gaji	103	41	53	50	40	29	28	24	43	52	75	84
Zelena trava	60	31	34	22	13	/	/	/	/	/	/	/

Tabela 7.5: Povprečna mesečna reven NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2016.

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bezigrad	132	57	41	29	28	24	28	26	39	53	72	165
Maribor	96	79	58	43	42		32	35	33	42	74	133
Celje	132	60	46	33	26	18	14	15	20	23	42	97
MS Rakičan	35	20	10	24	11	9	18	13	19	23	19	35
Nova Gorica	76	43	32	25	19	20	25	24	36	57	68	117
Trbovlje	66	37	31	26	24	21	19	21	28	39	48	83
Zagorje	95	60	52	42	37	32	27	27	34	45	57	87
Koper	45	30	20	16	11	13	11	23	20	20	19	28
LJ Center	111	73	64	48	55	36	36	38	58	68	85	225
Vnajnarje	13	5	9	8	7	6	5	8	11	13	12	22
Zavodnje	9	6	5	5	4	3	4	4	6	7	7	17
Škale	24	14	12	10	6	5	6	4	8	7	11	25
Kovk	15	10	10	7	7	5	4	3	5	8	10	5
Dobovec	4	2	2	2	1	1	1	0	1	1	2	0
Sv. Mohor	16	6	5	3	2	2	3	2	5	8	11	21
AMP Gaji	85	33	25	20	15	12	14	18	25	34	56	106
Zelena trava	37	15	15	10	10	/	/	/	/	/	/	/



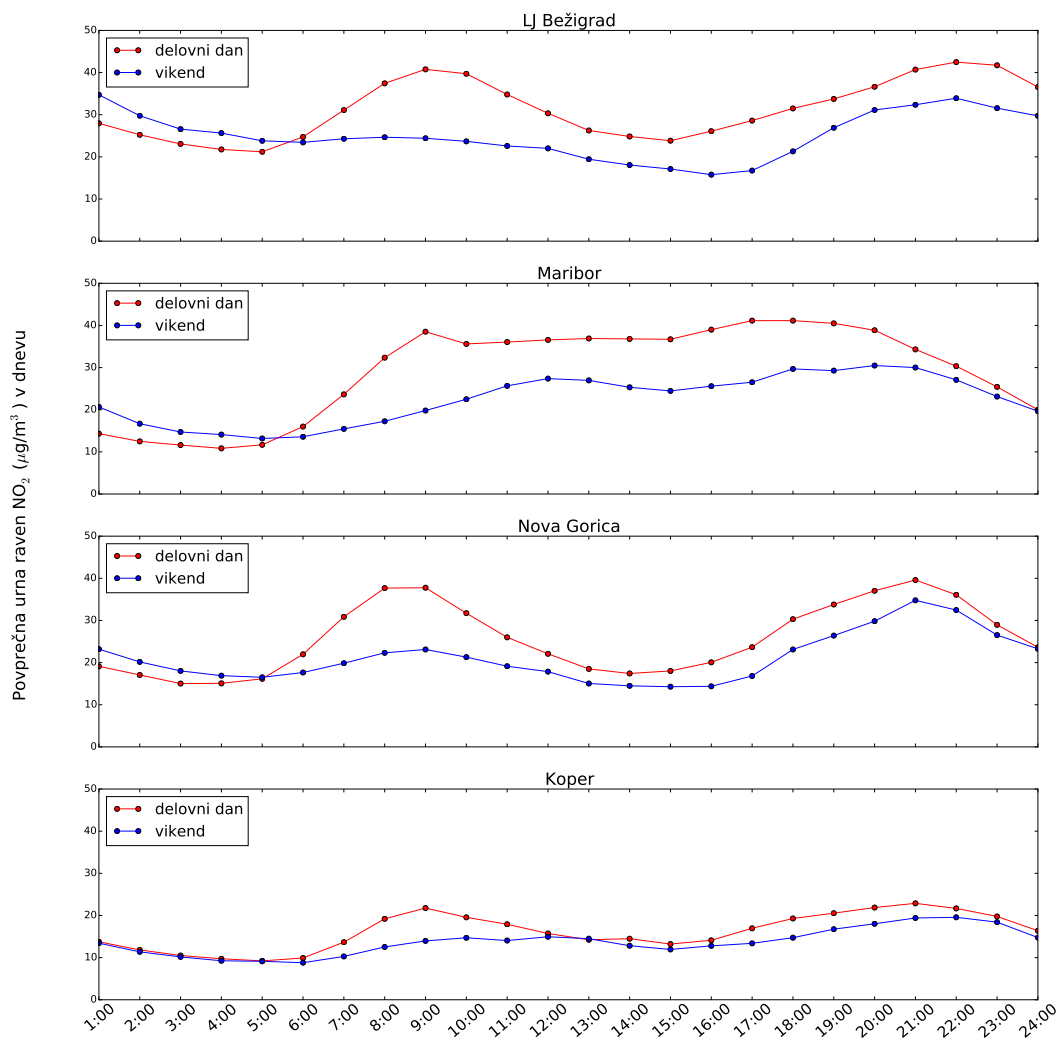
Slika 7.5: Porazdelitev povprečne mesečne ravni NO_2 na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2016. Prikazana je najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.



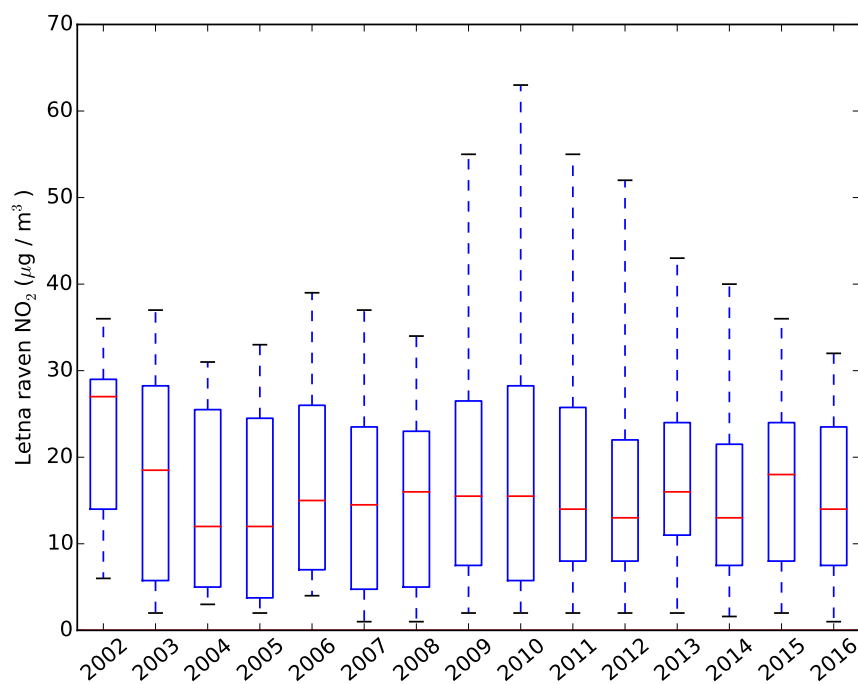
Slika 7.6: Porazdelitev povprečne mesečne ravni NO_x na merilnih mestih v urbanem in ruralnem okolju v letu 2016. Prikazana je najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.

Tabela 7.6: Povprečna letna raven NO₂ (µg/m³) v letih 1992–2016.

	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	
LJ Figovec	49	47	41	38	39	36	42	49	38	36	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
LJ Bežigrad	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	29	32	29	27	29	28	29	31	35	31	22	29	26	30	29	
LJ Center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	55	63	55	52	43	40	36	32	
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	
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	13	14	13	19	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	
Trbovlje	/	/	/	/	/	/	29	29	26	28	/	28	32	27	24	23	22	17	20	17	17	16	17	18	18	
Zagorje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	23	20	25	24
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	27	27	25	24	24	25	30	28	29	28	26	25	19	22	24	
Koper	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21	19	21	22	18	21	17	17	15	
MS Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	14	15	11	14	15	17	16	14	/	16	19	16	12	13	12	
Iskrba	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	3	2	/	1	1	2	2	2	2	2	1.6	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	
Škale	/	/	/	/	/	/	8	8	8	6	/	8	9	5	9	8	8	9	8	8	8	9	7	8	9	
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	7	3	8	5	7	7	7	7	
Vnainarje	/	/	/	/	/	4	3	5	4	5	6	5	5	4	5	5	5	4	4	7	8	8	7	9	9	
AMP Gaji	/	/	/	/	/	43	47	46	53	38	30	22	/	/	/	/	/	/	/	/	/	20	23	23	16	



Slika 7.7: Urni potek ravni NO₂ na merilnih mestih v urbanem in ruralnem okolju v letu 2016.

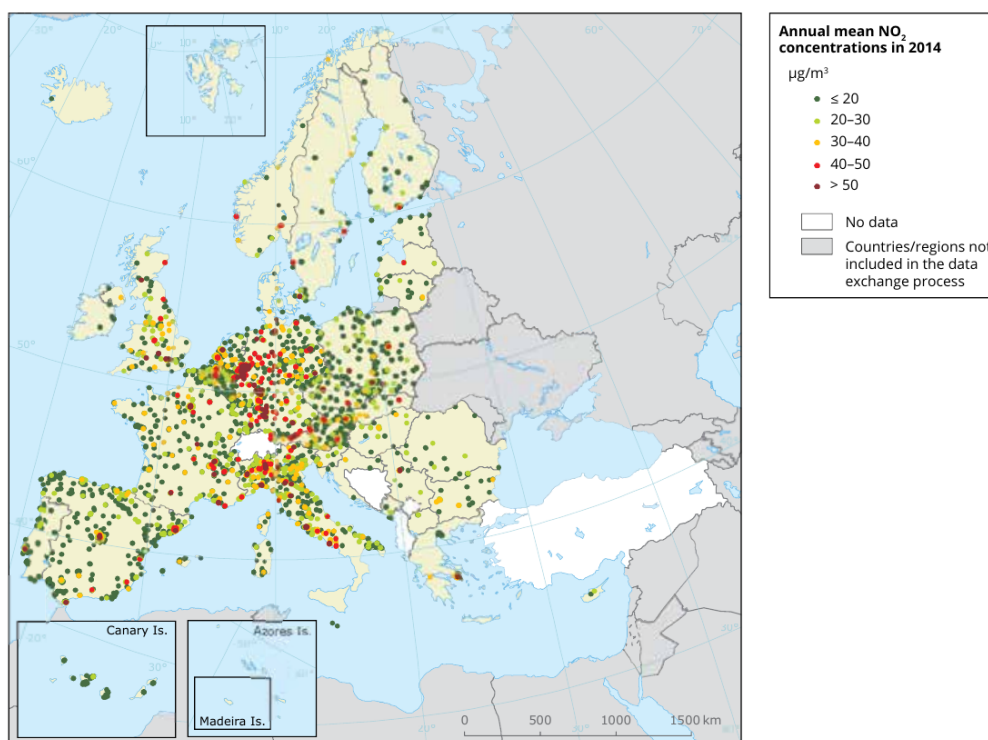


Slika 7.8: Porazdelitev povprečne letne ravni NO₂ na vseh merilnih mestih za posamezna leta. Prikazana je najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.

7.4 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Slovenija je po količini izpustov dušikovih oksidov na prebivalca in po izpustih na površino ozemlja na sredini držav EU.

Leta 2014 so v večini držav Evropske unije vsaj na enem merilnem mestu presegli mejno letno vrednost dušikovega dioksida. Le v enajstih državah, med njimi je tudi Slovenija, letna mejna vrednost na merilnih mestih, kjer se podatki poročajo Evropski okoljski agenciji, ni bila presežena. Kartografski prikaz kaže, da so v Evropski uniji najbolj izrazita prekoračenja letnih mejnih vrednosti predvsem v velikih mestih (slika 7.9).



Slika 7.9: Prikaz povprečne letne ravni NO₂ v Evropski uniji v letu 2014 [1]. Z barvo je prikazan razred v katerega spada merilno mesto glede na povprečno letno raven.

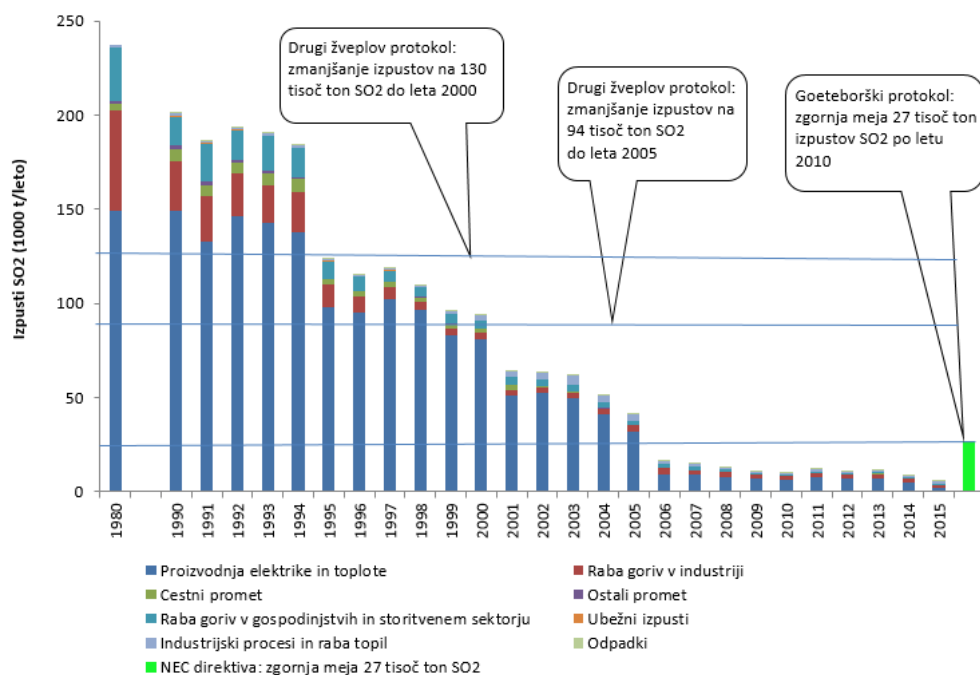
8. Žveplov dioksid

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 še celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom za varovanje zdravja ljudi.

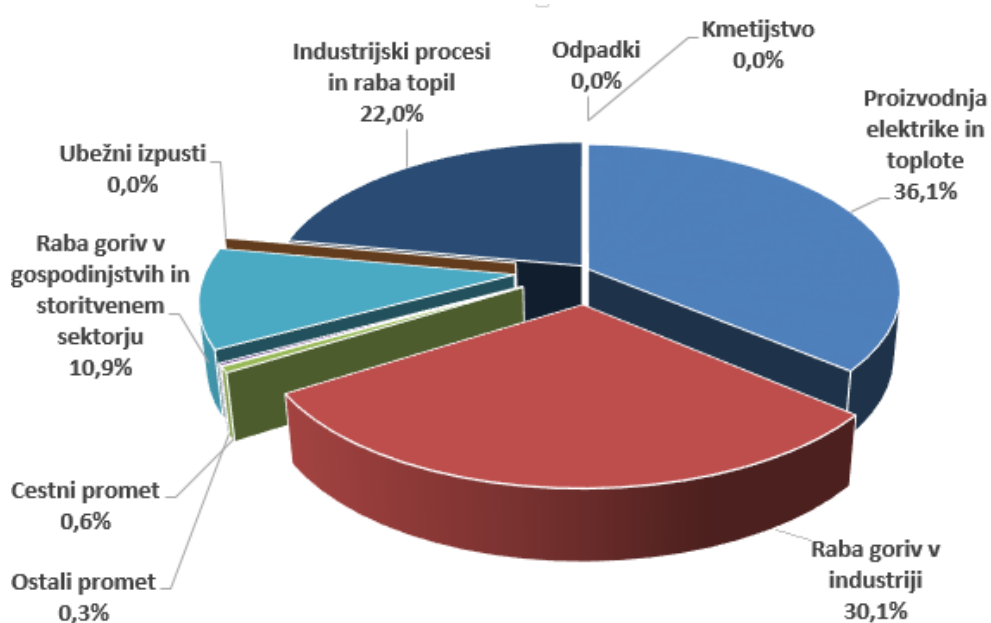
8.1 Izpusti

Največji viri žveplovega dioksida so proizvodnja električne in toplotne energije, raba goriv v industriji in industrijski procesi, v preteklosti pa tudi raba premoga za ogrevanje gospodinjstev. Letni izpusti SO₂ v Sloveniji so leta 2015 znašali 5 tisoč ton. V primerjavi z letom 1980 so se zmanjšali kar za 98 %. Največji, več kot tretjinski delež k skupnim izpustom SO₂ so v letu 2015 prispevale termoelektrarne in toplarne. Izpusti SO₂ po sektorjih 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) [13] in Protokolu o zmanjševanju zakisljevanja, evtrofikacije in prizemnega ozona (Goeteborški protokol) h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [26]. Skupni izpusti žveplovega dioksida so bili v letu 2015 za 80 % 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 [26].



Slika 8.1: Izpusti SO₂ v Sloveniji po letih in sektorjih.



Slika 8.2: Izpusti SO₂ v Sloveniji po sektorjih v letu 2015.

8.2 Zahteve za kakovost zraka

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [23] 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.

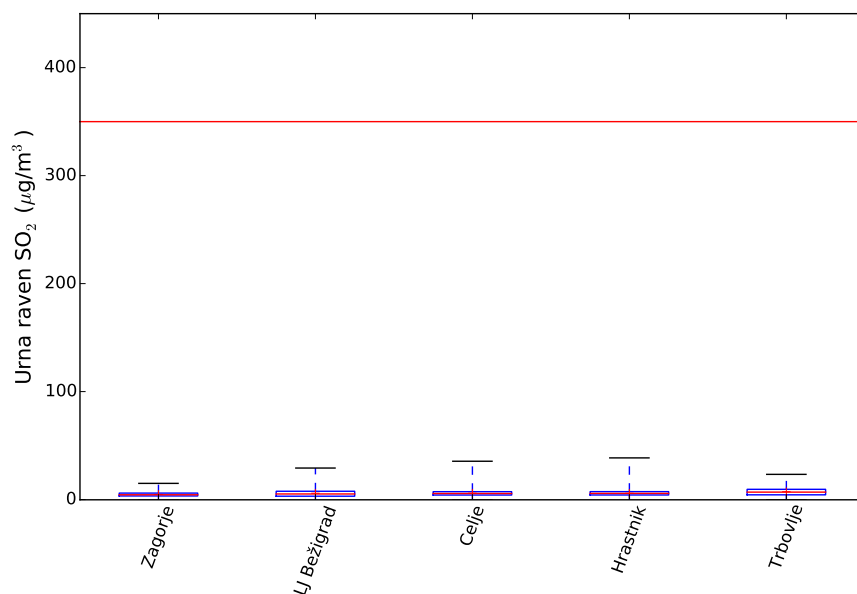
	Cilj	Čas merjenja	Vrednost	Dovoljeno število preseganj	WHO
		10 minut			500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Mejna vrednost	Zdravje	1 ura	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24	
Mejna vrednost	Zdravje	1 dan	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Alarmna vrednost	Zdravje	1 ura (3 zaporedne)	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$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

8.3 Ravni onesnaženosti

Povprečna letna raven SO_2 je na vseh merilnih mestih precej pod kritično vrednostjo za zaščito rastlin. Na celotnem območju Slovenije so dnevne ravni celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom za zaščito zdravja. Le na treh merilnih mestih je bilo zabeleženo posamično preseganje dnevne vrednosti, ki jo priporoča Svetovna zdravstvena organizacija. Mejna in alarmna urna raven SO_2 v letu 2016 nista bili preseženi 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Število preseženih dnevni (>MV) in urnih mejnih (>MV) vrednosti ter število preseženih alarmnih vrednosti (>AV) in število preseženih dnevni WHO priporočil v letu 2016.

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	99	6	6	29	0	0	21	0	1
Celje	97	6	7	36	0	0	15	0	0
Trbovlje	97	7	8	23	0	0	19	0	0
Zagorje	98	5	5	15	0	0	12	0	0
Hrastnik	94	6	6	39	0	0	11	0	0
Iskrba	100	0.3	0.3	/	/	/	4.2	0	0
Dopolnilna merilna mreža									
OMS - MOL									
LJ Center	98	2	2	22	0	0	6	0	/
MO Celje									
AMP Gaji	97	4	5	136	0	0	12	0	/
TE-TO Ljubljana									
Vnajnarje	97	3	4	58	0	0	12	0	/
TE Šoštanj									
Šoštanj	99	2	3	75	0	0	16	0	/
Topolšica	99	3	3	35	0	0	9	0	/
Zavodnje	99	2	2	86	0	0	15	0	/
Veliki vrh	99	3	3	148	0	0	23	0	/
Graška gora	99	4	3	127	0	0	16	0	/
Velenje	100	3	3	24	0	0	12	0	/
Pesje	99	6	8	63	0	0	15	0	/
Škale	99	5	4	61	0	0	14	0	/
TE Trbovlje									
Kovk	76	5	5	65	0	0	15	0	/
Dobovec	95	8	6	23	0	0	16	0	/
Kum	83	5	4	94	0	0	28	0	/
Ravenska vas	92	6	6	21	0	0	17	0	/
TE Brestanica									
Sv. Mohor	97	3	4	58	0	0	17	0	/



Slika 8.3: Porazdelitev urne ravni SO₂ na merilnih mestih DMKZ v letu 2016. Prikazana je najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje urno mejno vrednost.

Raven onesnaženosti zunanjega zraka z SO₂ se je od začetka meritev leta 1992 do leta 2016 močno znižala. Povprečna letna raven, najvišja dnevna raven in najvišja urna raven po letih za 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 razlike med posameznimi leti nekoliko večje in so odvisne od obratovanja naprav in vremenskih razmer. Posebej so očitna znižanja ravni po izgradnji 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.

Tabela 8.3: Povprečna mesečna raven SO₂ (µg/m³) v letu 2016.

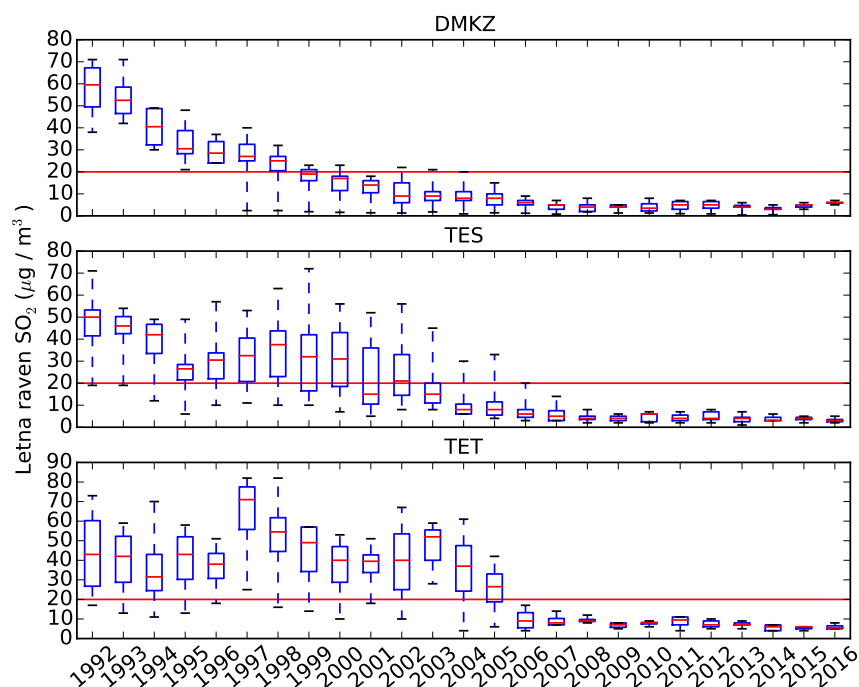
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	5	7	7	7	8	6	5	4	3	3	9	8
Celje	8	4	6	6	8	5	3	4	6	9	5	7
Trbovlje	11	8	6	4	8	4	7	7	11	7	9	6
Zagorje	5	5	7	4	7	3	4	2	3	4	4	7
Hrastnik	8	5	7	4	4	5	7	7	6	6	6	5
Iskrba	0.5	0.1	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.1	0.2	0.3
Vnajnarje	5	3	2	0	2	1	2	3	3	5	3	3
Šoštanj	3	0	1	2	1	2	3	1	3	3	3	2
Topolšica	2	4	2	2	1	2	3	4	5	5	4	2
Zavodnje	5	0	0	2	1	2	4	4	4	2	2	3
Veliki vrh	3	4	4	5	2	2	4	1	4	2	1	2
Graška gora	4	2	2	3	2	4	5	3	4	4	5	4
Velenje	5	4	3	3	3	4	4	5	1	4	5	2
Pesje	9	9	10	5	4	4	5	6	3	5	7	5
Škale	4	4	4	4	4	4	4	6	6	7	7	7
Kovk	6	3	4	5	6	8	9	4	7	5	5	4
Dobovec	6	7	7	7	7	10	12	6	11	6	4	9
Kum	3	7	3	5	6	6	5	3	2	6	7	7
Ravenska vas	6	5	8	5	9	8	6	4	6	5	5	9
Sv. Mohor	4	4	4	4	0	0	5	5	4	3	4	4
Lj Center	1	1	1	2	1	2	1	3	2	1	1	3
AMP Gaji	5	3	4	5	5	4	2	3	4	4	5	6

Tabela 8.4: Najvišja urna raven SO₂ (µg/m³) po mesecih v letu 2016.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	18	23	20	18	17	17	13	22	14	12	15	29
Celje	28	16	28	16	20	21	9	36	20	34	17	29
Trbovlje	23	21	17	8	18	10	11	17	21	12	21	15
Zagorje	10	9	10	7	10	6	7	11	10	8	9	15
Hrastnik	19	22	17	7	9	8	10	22	18	12	15	39
Iskrba	4.2	0.3	3.0	1.7	1.5	0.9	1.2	2.4	2.5	0.3	2.9	2.8
Vnajnarje	39	25	18	15	13	20	12	32	14	12	56	58
Šoštanj	12	6	15	75	19	17	58	21	42	21	18	38
Topolšica	10	7	6	12	12	6	35	16	20	27	18	21
Zavodnje	12	7	3	86	42	7	26	24	19	15	24	39
Veliki vrh	12	11	9	34	20	5	64	27	148	116	80	79
Graška gora	9	9	9	37	13	12	43	20	26	30	18	127
Velenje	8	7	5	13	7	8	10	24	7	10	9	23
Pesje	20	13	15	39	8	11	17	26	63	19	15	30
Škale	13	13	14	25	9	9	20	23	14	58	22	61
Kovk	16	14	9	9	11	48	65	12	16	11	17	22
Dobovec	21	19	14	17	16	20	18	22	21	17	20	23
Kum	20	20	12	12	13	15	10	10	29	44	26	94
Ravenska vas	21	18	16	15	17	19	10	18	15	18	18	19
Sv. Mohor	21	27	7	11	2	3	14	30	11	16	18	58
Lj Center	5	4	7	6	22	11	5	17	7	4	4	14
AMP Gaji	94	20	31	24	31	35	13	37	27	15	26	136

Tabela 8.5: Najvišja dnevna raven SO₂ (µg/m³) po mesecih v letu 2016.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	12	14	13	11	15	9	9	7	5	7	14	21
Celje	15	9	10	8	10	6	6	9	8	12	11	10
Trbovlje	16	14	15	7	12	9	10	12	19	11	15	12
Zagorje	8	8	8	6	9	4	6	5	4	7	7	12
Hrastnik	11	10	10	6	7	7	9	10	11	9	10	10
Vnajarje	10	5	11	1	5	4	4	8	6	7	12	9
Šoštanj	9	1	4	16	4	5	12	6	8	7	5	7
Topolšica	6	6	3	4	2	2	7	8	7	7	9	5
Zavodnje	8	1	1	15	4	4	6	11	8	4	6	14
Veliki vrh	8	6	5	11	9	3	12	7	23	12	5	8
Graška gora	7	5	5	7	6	10	12	11	7	11	16	13
Velenje	6	6	4	5	6	6	8	12	3	5	8	3
Pesje	15	10	12	8	7	8	9	14	7	8	10	9
Škale	9	6	8	8	7	6	7	9	9	13	14	12
Kovk	11	8	7	6	9	12	11	10	9	7	15	12
Dobovec	10	15	11	13	12	14	15	12	16	14	14	13
Kum	15	15	9	10	11	11	8	6	4	11	16	28
Ravenska vas	13	13	15	10	14	14	9	8	10	13	17	17
Sv. Mohor	9	10	5	5	1	2	12	8	6	8	8	17
LJ Center	3	2	2	2	2	2	2	6	5	2	3	5
AMP Gaji	12	6	5	7	8	6	4	6	5	5	9	12



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: Povprečna letna raven SO₂ (µg/m³) za obdobje 1992–2016. 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	
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	3	3	6	4	3	4	6
LJ Center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	5	4	4	2	2	2	2
Maribor	47	42	30	28	24	23	18	17	13	10	8	9	8	8	5	3	2	5	5	3	4	4	/	/	/	/
Celje	57	54	49	32	24	27	23	19	17	15	10	10	11	9	7	5	5	5	6	6	6	7	4	3	5	6
Trbovlje	69	71	49	48	37	40	32	23	18	14	15	16	9	15	7	3	2	5	3	7	7	7	4	4	6	7
Hrastnik	62	51	32	29	24	27	25	21	23	17	22	8	15	10	9	6	5	4	4	5	5	5	6	3	4	6
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	
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	7	7	7	7	8	4	/	4	/	/	/	/	/	/	/
MS Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	5	5	5	6	5	6	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Iskrba	/	/	/	/	/	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	
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	7	4	5	/	
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	
Topolšica	54	51	32	20	20	18	20	17	18	11	15	16	6	5	4	3	2	3	3	3	3	2	3	5	3	
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	
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	
Velenje	19	19	12	6	10	11	10	10	7	5	8	8	6	4	5	3	4	2	2	2	3	4	1	3	3	
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	
Škale	/	/	/	/	/	/	/	16	19	10	14	12	8	8	3	3	4	5	6	7	8	7	6	5	5	
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	
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	
Kum	17	13	11	13	18	25	16	14	10	18	/	/	4	6	4	7	9	5	8	4	6	5	4	4	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	
Vnajarje	/	/	/	/	19	19	18	14	6	7	8	10	/	8	4	4	3	/	3	3	3	3	6	4	3	
AMP Gaji	/	/	/	26	24	28	27	22	20	6	/	8	5	3	1	/	/	/	/	/	/	/	6	5	5	
EIS Krško	/	/	/	/	/	51	42	33	51	46	46	55	37	36	23	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Sv. Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	12	12	14	/	12	15	3	4	4	4	4	3	

Tabela 8.7: Najvišja urna raven SO₂ (µg/m³) za obdobje 1992–2016. 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
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
LJ center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	78	22	33	37	20	28	28	22
Maribor	928	396	304	286	223	211	161	157	117	180	89	70	64	58	60	21	32	35	68	56	/	/	/	/	/
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
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
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
Zagorje	1701	1000	716	606	605	914	1092	952	653	1111	788	693	1165	954	183	83	112	57	37	75	31	44	44	23	15
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	64	131	89	98	80	64	35	52	/	/	/	/	/	/	/
MS Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	58	55	45	53	54	64	49	/	/	/	/	/	/	/	/
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Šoštanj	2383	2272	2739	1945	1412	1536	1495	2466	2855	2099	2000	1392	937	642	1028	643	360	342	1357	124	135	318	68	36	75
Topolišča	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
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
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
Velenje	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
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
Škale	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	522	396	220	262	184	100	161	104	81	190	131	67	75	230	61
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
Kurn	530	539	776	2324	1114	3640	1344	2020	1131	685	1210	1203	11	125	89	60	99	66	192	115	48	39	94	94	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
Vrhnanje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	374	248	232	327	212	115	115	52	45	85	75	63	101	47	58	58
AMP Gali	/	/	/	873	283	947	603	339	356	355	289	74	222	67	/	/	/	/	/	/	/	/	55	474	37
EIS Krško	/	/	/	/	/	2687	1012	732	868	1473	1404	1427	877	836	1108	/	/	/	/	/	/	/	/	/	136
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: Najvišja dnevna raven SO₂ (µg/m³) za obdobje 1992–2016. 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
LJ Figovec	/	/	/	115	95	119	144	90	56	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
LJ Bežigrad	239	312	123	152	128	174	163	94	67	35	38	59	38	33	41	14	14	36		19	25	13	19	14	21
LJ center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	33	14	20	6	11	11	6
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
Trbovlje	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
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
Zagorje	311	396	280	249	250	115	171	398	157	391	315	136	561	158	47	19	14	14	29	37	26	13	21	9	12
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25	23	47	22	24	19	17	12	/	/	/	/	/	/	/
MS Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	16	16	29	15	33	20	16	28	/	/	/	/	/	/	/	/
Iskrba	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	38	10	15	15	6	10	10	4
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	28	26	31	12	/
Šoštanj	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
Topolišča	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
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
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
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
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
Škale	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
Vrnjanje	/	97	92	121	131	89	126	99	49	56	53	51	83	57	42	42	22	/	/	/	/	20	28	16*	14
AMP Gaji	/	/	/	231	88	247	130	121	120	40	38	41	45	28	20	/	/	/	/	/	/	20	30	11	12
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

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

8.4 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Po izpustih žveplovih oksidov je Slovenija v sredini držav EU. Od leta 1980 so se izpusti žveplovega dioksida na prebivalca v Sloveniji zmanjšali za več kot petindvajsetkrat, tako da so sedaj preračunani na prebivalca manjši kot na primer v Nemčiji ali v Veliki Britanji.

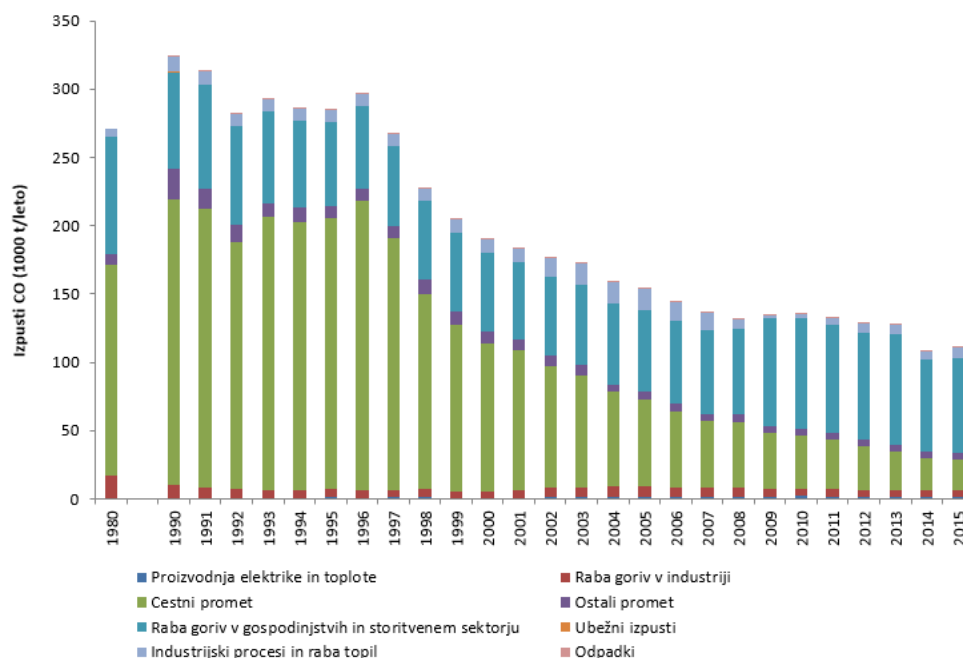
Raven onesnaženosti zraka z žveplovim dioksidom v EU je nizka. V vseh državah Evropske unije so izmerjene ravni v povprečju vseh postaj daleč pod mejno vrednostjo. Le na enem merilnem mestu v industrijskem okolju so v celotni EU v letu 2014 zabeležili preseganje mejnih vrednosti. Tako je nekdanj zelo pereč problem čezmernih ravni žveplovega dioksida zaradi izvajanja učinkovitih ukrepov, predvsem razžvepovanja dimnih plinov termoelektrarn in zmanjšanja vsebnosti žvepla v gorivih, praktično rešen tudi na nivoju Evropske unije.

9. Ogljikov monoksid

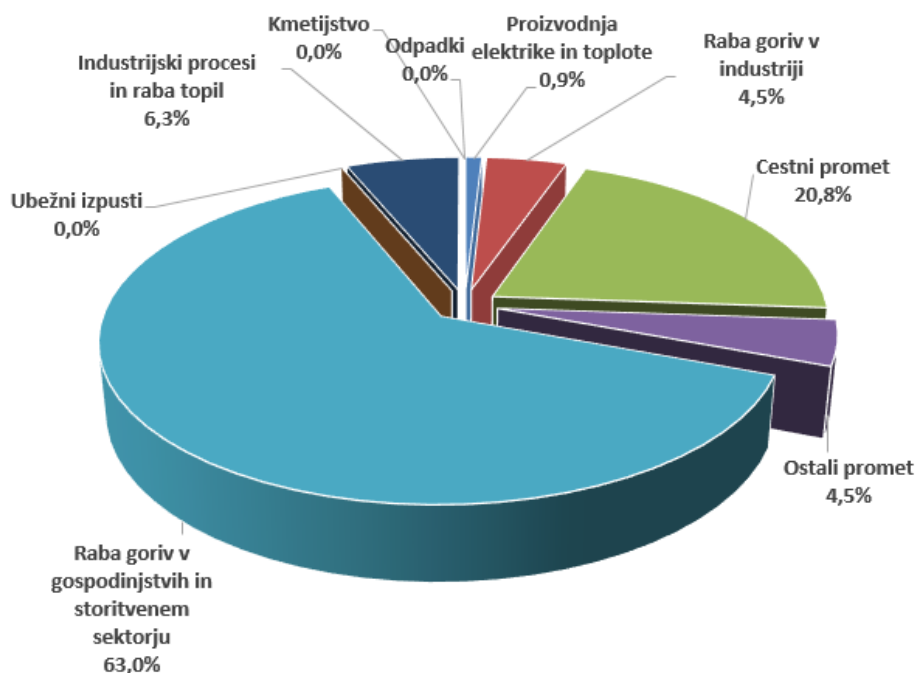
Ogljikov monoksid je onesnaževalo, ki nastaja zaradi nepopolnega zgorevanja v kuriščih in motorjih z notranjim zgorevanjem ter pri tehnoloških procesih v industriji. Raven onesnaženosti zunanjega zraka z ogljikovim monoksidom je na merilnih mestih DMKZ že nekaj let pod spodnjim ocenjevalnim pragom (8-urne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

9.1 Izpusti

Letni izpusti CO v Sloveniji so leta 2015 znašali 110 tisoč ton in so prikazani na sliki 9.1. V obdobju 1980–2015 so se zmanjšali za 59 %. Največji, več kot polovični delež k skupnim izpustom CO, so v letu 2015 prispevale male kurilne naprave (slika 9.2). V preteklosti je večinski delež izpustov CO izhajal iz prometa. Z napredkom tehnike bencinskih motorjev in uvedbo katalizatorjev pa glavni delež prispevajo mala kurišča, predvsem zaradi uporabe trdih 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 2016.

9.2 Zahteve za kakovost zraka

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [23] 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.

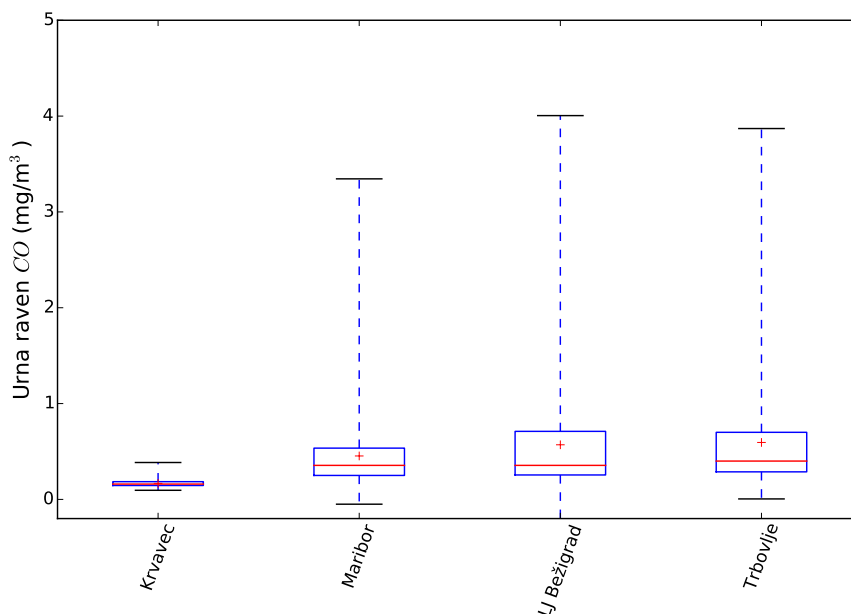
	Cilj	Čas merjenja	Vrednost	WHO
Mejna vrednost	Zdravje	8-urno povprečje	10 mg/m ³	10 mg/m ³
		1 ura		30 mg/m ³

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 2016 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 2016.

	Leto		8 ur		1 ura
	% pod	C_p	C_{max}	MV	WHO
LJ Bežigrad	97	0,6	3,0	0	0
Maribor	99	0,5	2,2	0	0
Trbovlje	96	0,6	3,2	0	0
Krvavec	95	0,2	0,4	0	0



Slika 9.3: Porazdelitev urne ravni CO na merilnih mestih DMKZ v letu 2016, Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana. S + je označena povprečna letna raven.

9.4 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

V vseh državah EU je raven onesnaženosti zraka z ogljikovim monoksidom nizka. Mejna vrednost v letu 2015 ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Slovenija je po onesnaženosti zraka z ogljikovim monoksidom, kakor tudi po izpustih na prebivalca in na enoto površine ozemlja, v povprečju držav Evropske unije.

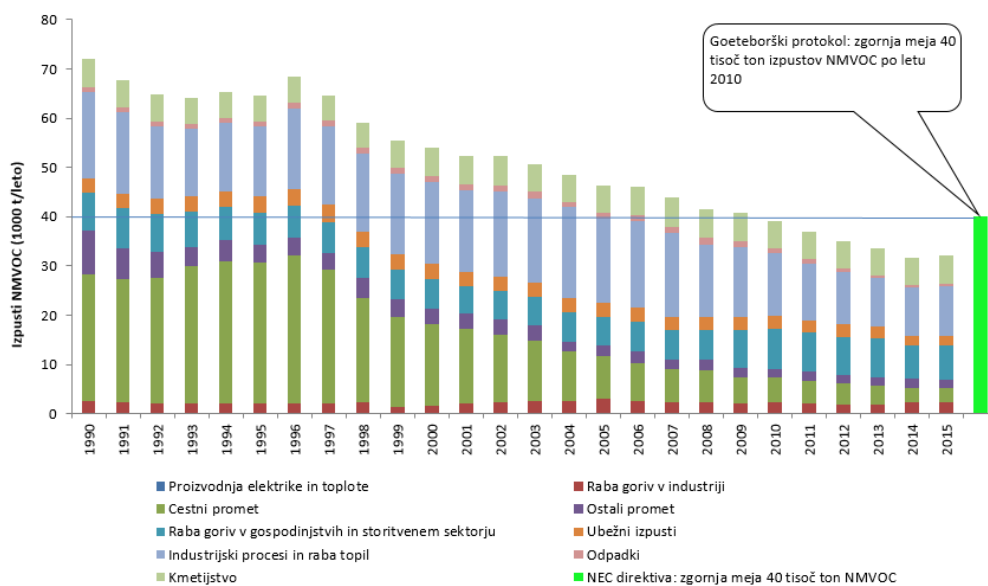
10. Benzen

Benzen je aromatska spojina s kemijsko 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. Benzen je kancerogen in v telo prihaja preko respiratornega sistema. 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.

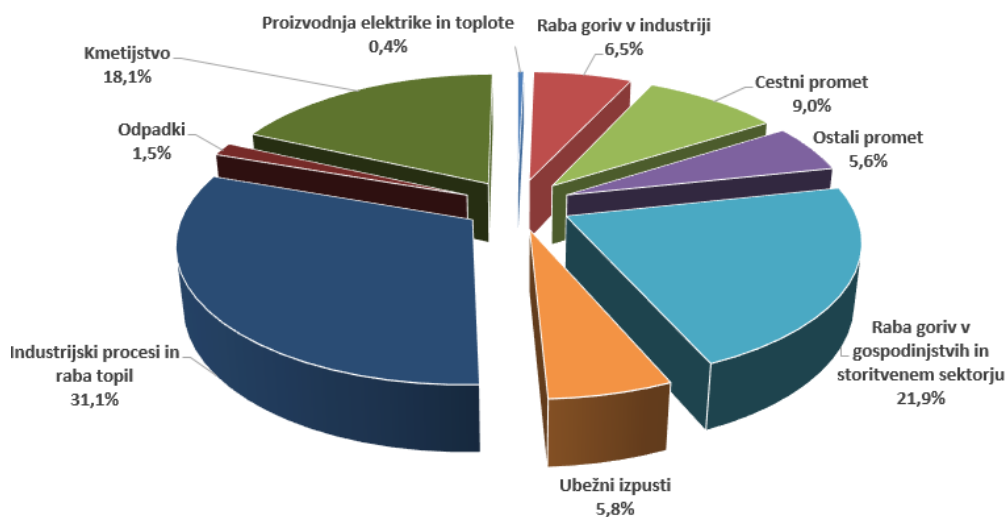
Benzen je dokaj stabilna spojina, ki lahko v ozračju ostane več dni in se zato lahko prenaša na daljše razdalje. V tem času se iz ozračja izloča s pomočjo fotokemičnih reakcij, ki vodijo do tvorbe ozona. Glavni vir izpustov benzena je promet. Benzen je namreč ena izmed sestavin motornega bencina. Drugi 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 2015.

10.2 Zahteve za kakovost zraka

Mejna vrednost za benzen je predpisana v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [23]. 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

Raven benzena stalno merimo na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad in Maribor Center. Raven ocenimo s primerjavo izmerjenih in predpisanih mejnih vrednosti. Izmerjene ravni so prikazane v tabeli 10.2.

Povprečna letna raven benzena je bila v letu 2016 na obeh lokacijah pod mejno vrednostjo. V Mariboru je bila povprečna raven benzena v letu 2016 nekoliko nižja kot leta 2015. V Ljubljani je bila višja, kar je posledica okvare inštrumenta v juliju in avgustu, ko so ravni najnižje in se na račun le teh zniža povprečna letna vrednost. Od leta 2009 so vrednosti pod spodnjim ocenjevalnim pragom, ki je 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ravni benzena so na obeh postajah višje v zimskem obdobju, kar je posledica slabših pogojev za razredčevanje v hladni polovici leta in tudi povečanih izpustov iz individualnih kurišč (slika 10.3).

Tabela 10.3 in slika 10.4 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 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 kar je pripomoglo k velikemu znižanju ravni benzena.

Tabela 10.2: Razpoložljivost urnih podatkov (% pod.) in povprečna letna raven (C_p) benzena.

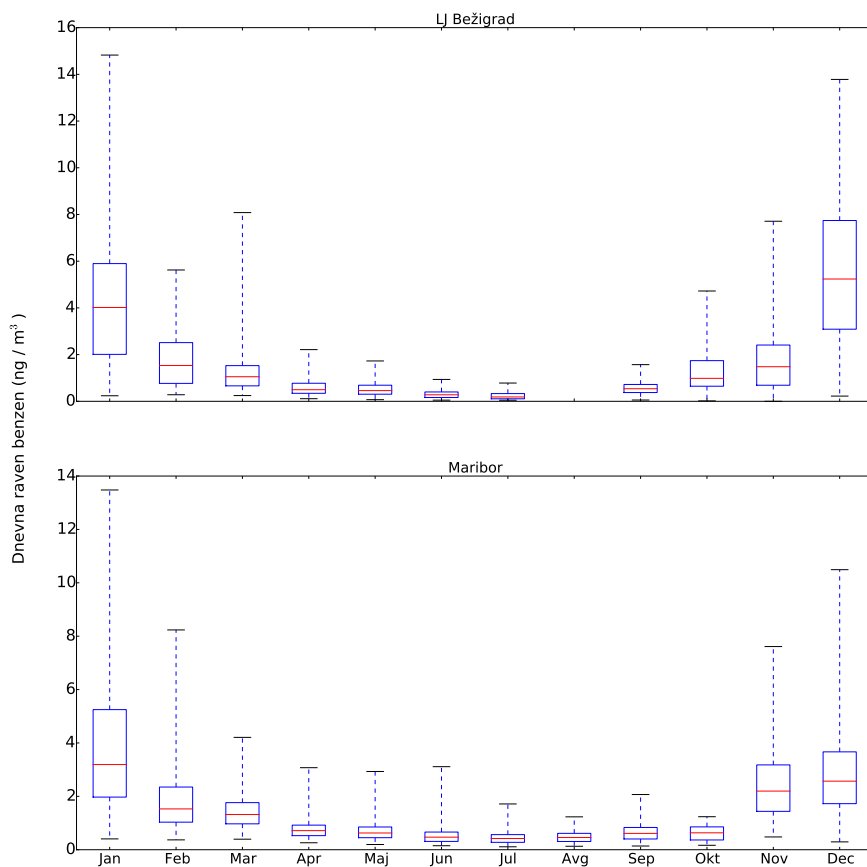
	% pod.	C_p ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
LJ Bežigrad	77	1.9
Maribor	81	1.4

Tabela 10.3: Povprečna letna raven benzena na različnih postajah v $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

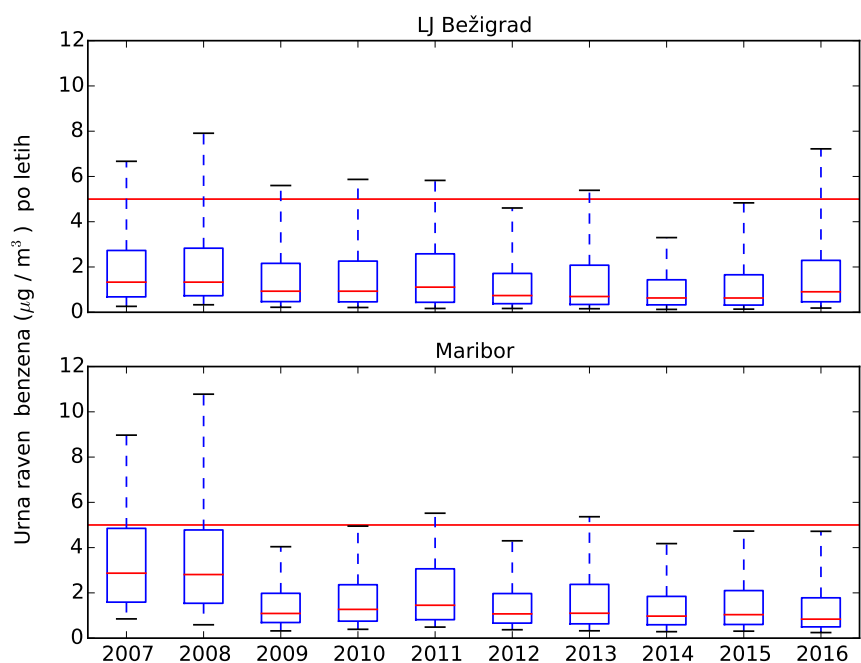
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
LJ Bežigrad	2.1	2.4	1.7	1.8	1.8	1.4	1.6	1.0	1.3	1.9
Maribor	3.6	3.8	1.5	1.8	2.1	1.6	1.8	1.5	1.6	1.4

10.3.1 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

V Evropi je bila leta 2015 letna mejna vrednost presežena le na dveh merilnih mestih; v Nemčiji na postaji tipa industrija in v Italiji na prometni postaji.



Slika 10.3: Porazdelitev urnih vrednosti ravni benzena po mesecih v letu 2016. Prikazan je 5. in 95. percentil, oba kvartila in mediana.



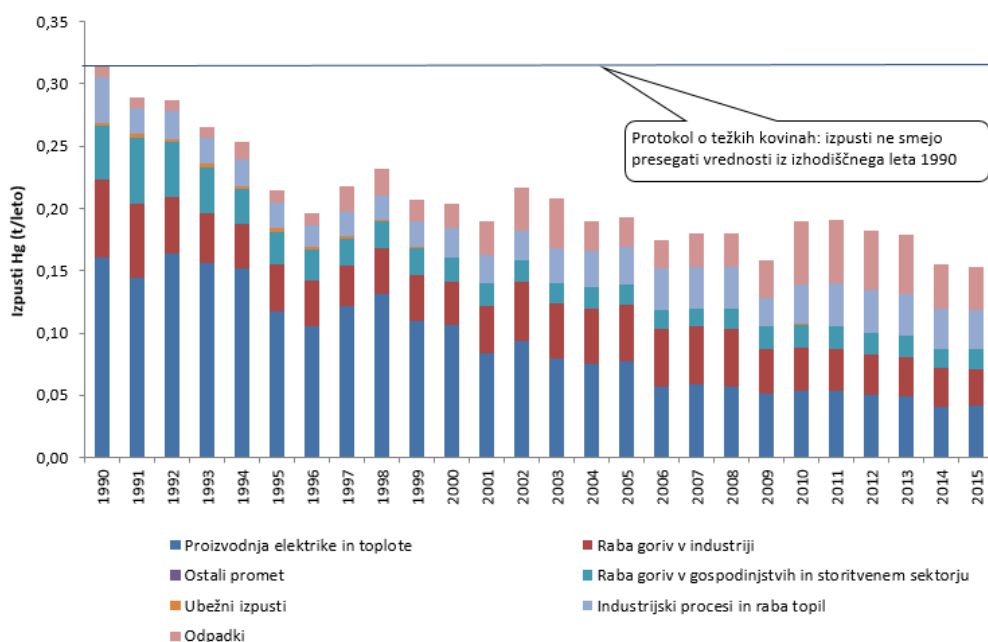
Slika 10.4: Porazdelitev urnih vrednosti ravni benzena po letih na postajah Ljubljana Bežigrad in Maribor. Prikazan je 5. in 95. percentil, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.

11. Živo srebro v zraku

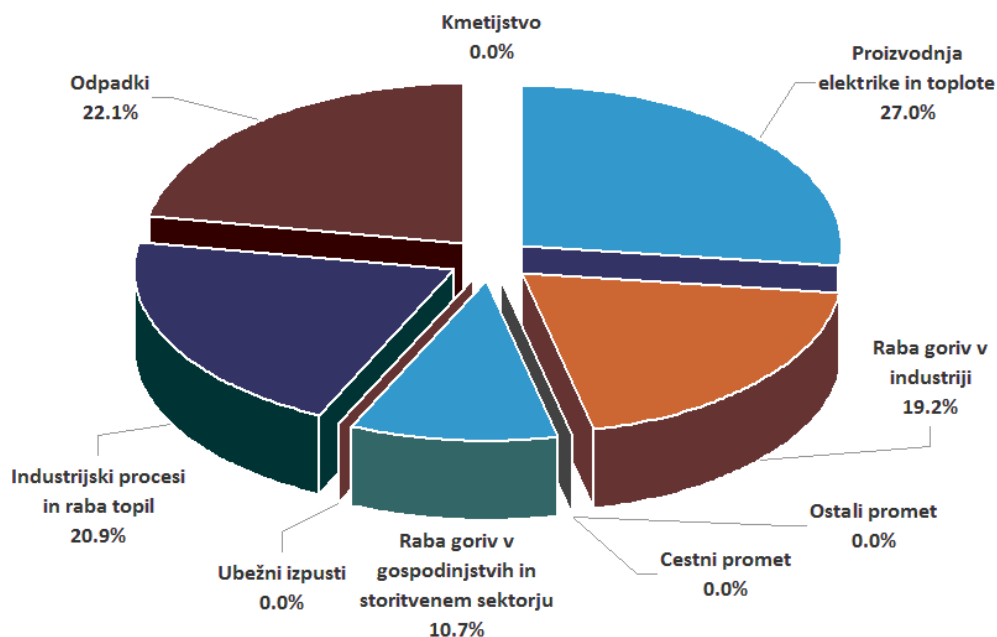
Največji izpusti živega srebra so posledica zgorevanja premoga in ostalih fosilnih goriv, proizvodnje cementa, sežiganja odpadkov, pridobivanja zlata ter izpusti iz kovinske industrije. Živo srebro negativno vpliva na jetra, ledvice ter prebavni in respiratorni sistem. Povzročča lahko tudi okvaro živčevja.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

11.1 Izpusti

Letni izpusti živega srebra (Hg) so v Sloveniji leta 2015 znašali 0,2 tone. V primerjavi z letom 1990 so se zmanjšali za 51 %. Največji delež k skupnim državnim izpustom živega srebra je v letu 2015 prispevala proizvodnja elektrike in toplote (27 %). Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje [26], 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



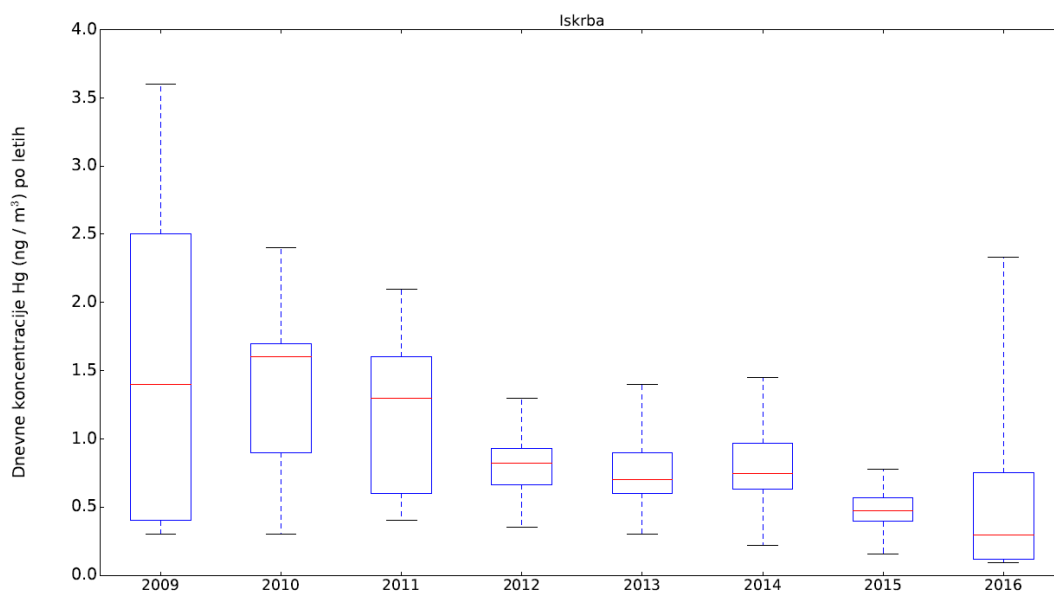
Slika 11.1: Letni izpusti Hg po sektorjih v Sloveniji.



Slika 11.2: Viri izpustov živega srebra v Sloveniji za leto 2015.

11.2 Ravni onesnaženosti

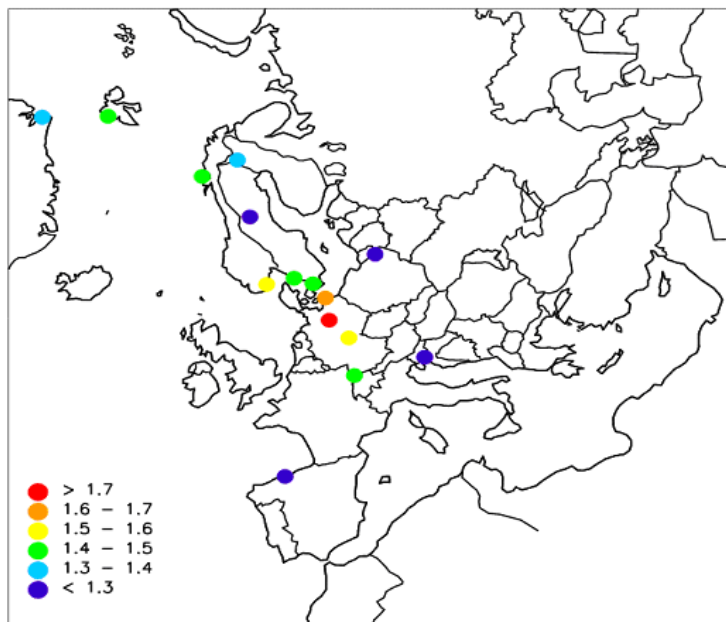
Meritve ravni celotnega živega srebra v zraku izvajamo na merilnem mestu Iskrba. Zaradi težav z merilnikom tudi v letu 2016 nismo dosegli zahtevane kakovosti, niti pokritosti z meritvami večjih od 75 %. Podani rezultati meritev Hg v zraku so zaradi tega zgolj informativnega značaja. Slika 11.3 prikazuje izmerjene ravni živega srebra od leta 2009 dalje, ko smo pričeli z meritvami.



Slika 11.3: Porazdelitev dnevne ravni Hg na Iskrbi po letih. Za vsako leto je prikazana najnižja in najvišja izmerjena raven, oba kvartila in mediana.

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 $1,3 \text{ ng/m}^3$ [1].



Slika 11.4: Geografska porazdelitev Hg v zraku v Evropi v letu 2014 [31].

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 [32].

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 [25]. 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 [26].

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 določitve pH vrednosti, električne prevodnosti in ravni posameznih anorganskih ionov izvajamo v skladu s Priročnikom GAW No. 160 [33]. 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.

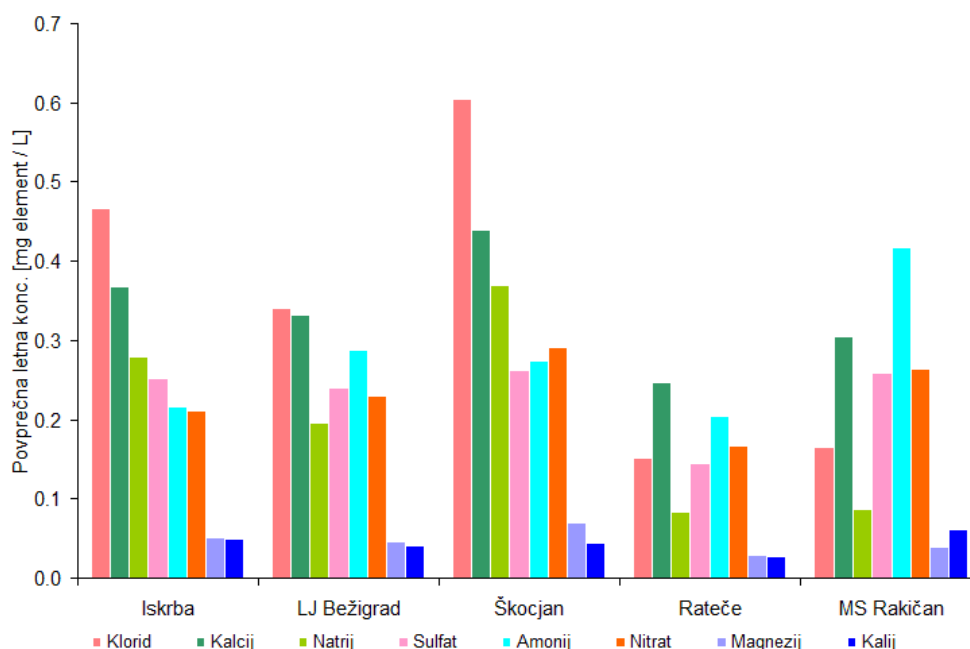
Na merilnem mestu Rateče, je v letu 2009 zaradi okvare vzorčevalnika prišlo do izpada večje količine padavin, zato rezultate teh meritev podajamo zgolj informativno. Zaradi gradnje prizidka na merilnem mestu LJ Bežigrad je v letu 2013 vzorčenje potekalo le do konca meseca oktobra zato rezultate meritev podajamo zgolj informativno, med tem ko v letih 2014 in 2015 vzorčenj nismo

mogli izvajati, torej meritev ni. V septembru leta 2010 zaradi izrednih razmer na merilnem mestu Iskrba ni bila zbrana celotna količina padavin, zato tudi te podatke podajamo zgolj informativno.

Povprečne letne vrednosti pH, električne prevodnosti in ravni ionov v padavinah so podane v tabeli 12.1. V letu 2016 smo zabeležili nekoliko večjo količino padavin kot v letu 2015. Iz slike 12.1 je razvidno, da so ravni posameznih ionov v padavinah po posameznih merilnih mestih na približno enakem nivoju. Za večino ionov so najnižje na merilnem mestu Rateče, najvišje pa na merilnem mestu Škocjan.

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 ravni elementov v padavinah (mg/L) na vzorčevalnih mestih DMKP v letu 2016.

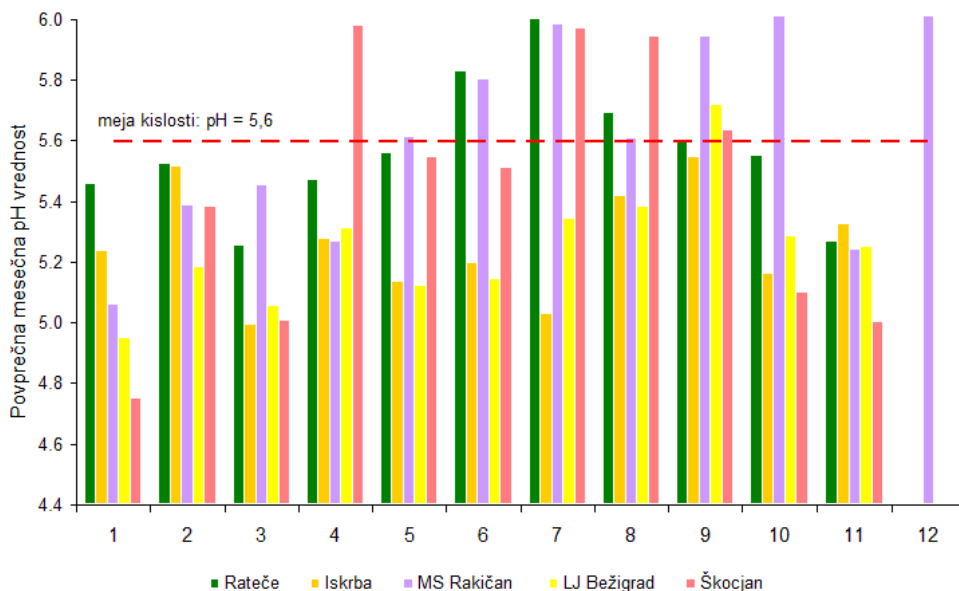
		pH	El. prev.	$\text{NH}_4^+ \text{-N}$	$\text{NO}_3^- \text{-N}$	$\text{SO}_4^{2-} \text{-S}$	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
Iskrba	C_p	5,26	9	0,278	0,933	0,755	0,467	0,368	0,051	0,279	0,050
	C_{min}	4,37	2	0,023	0,135	0,014	0,007	0,024	0,003	0,008	0,005
	C_{max}	6,98	39	6,61	12	19,7	8,46	3,97	0,603	5,33	6,37
LJ Bežigrad	C_p	5,22	8,79	0,371	1,02	0,720	0,340	0,332	0,045	0,196	0,041
	C_{min}	3,91	3	0,060	0,238	0,073	0,030	0,040	0,003	0,008	0,005
	C_{max}	6,91	67	7,96	19,2	25,2	4,32	4,25	0,403	2,70	1,06
Škocjan	C_p	5,24	11	0,354	1,286	0,786	0,605	0,439	0,096	0,370	0,044
	C_{min}	4,17	5	0,079	0,614	0,300	0,027	0,043	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	6,88	53	2,66	10,5	2,55	4,26	2,29	0,352	2,62	0,196
Rateče	C_p	5,52	6	0,264	0,737	0,434	0,151	0,247	0,029	0,084	0,028
	C_{min}	4,53	2	0,046	0,191	0,086	0,30	0,046	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	6,52	19	1,07	2,51	2,16	0,649	1,22	0,144	0,404	0,170
MS Rakičan	C_p	5,51	8	0,537	1,17	0,778	0,165	0,305	0,040	0,087	0,062
	C_{min}	4,52	5	0,077	0,144	0,095	0,064	0,034	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	7,15	36	7,92	15	6,39	2,16	3,22	0,377	1,36	1,01



Slika 12.1: Povprečna letna reven posameznih ionov v letu 2016.

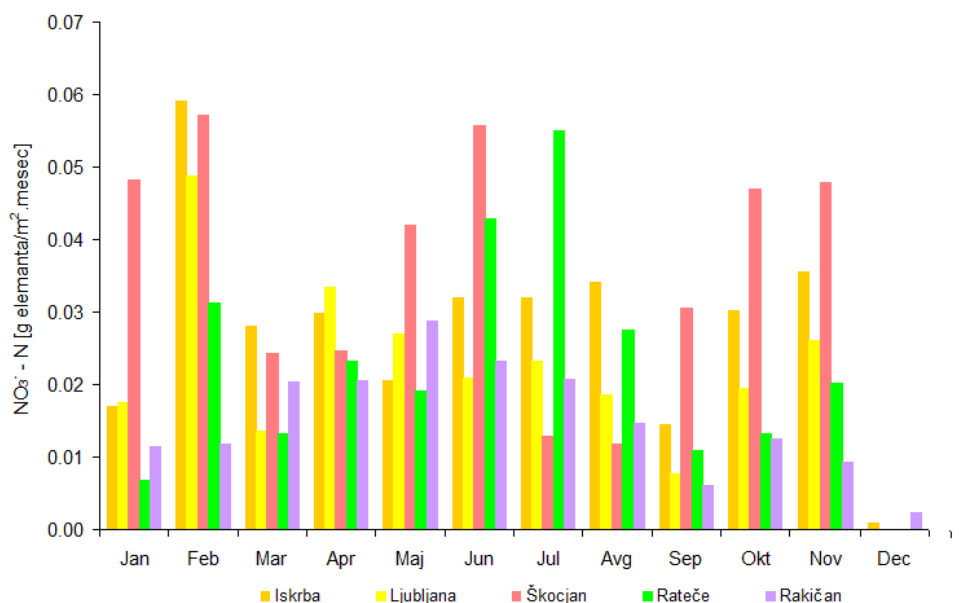
Padavine so na vseh merilnih mestih praviloma bolj kisle v hladnem obdobju leta (slika 12.2). Izjema so decembrske padavine izmerjene na merilni postaji MS Rakičan, v katerih smo izmerili

najvišjo letno vrednost pH. Zaradi majhne količine padavin v decembru 2016 je bilo v zraku precej delcev, ki so se izprali v padavine in nevtralizirali kisle komponente. V decembrskih padavinah na merilni postaji MS Rakičan smo izmerili približno 10-krat višje ravni Ca^{2+} in Mg^{2+} ionov kot je letno povprečje.

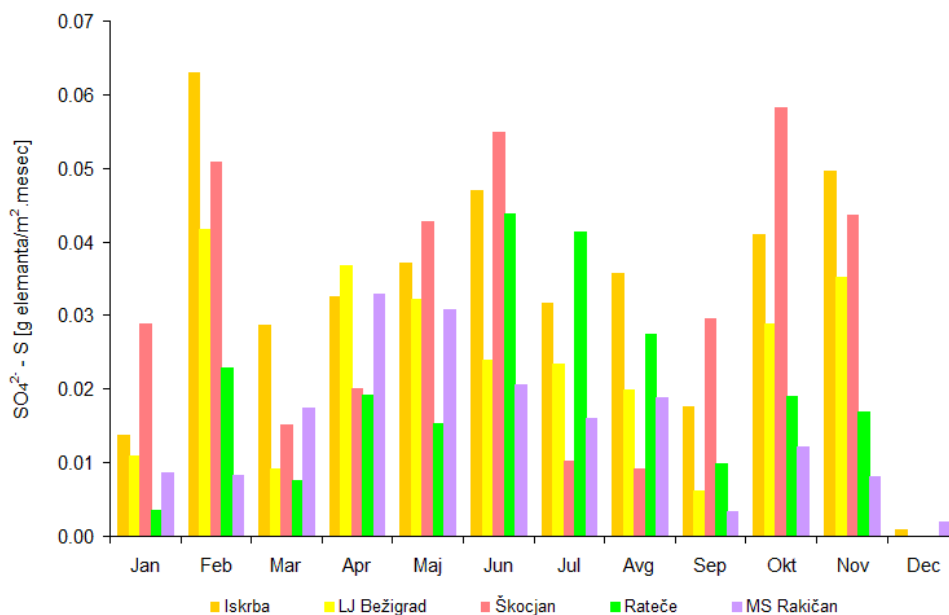


Slika 12.2: Povprečne mesečne pH vrednosti padavin v letu 2016.

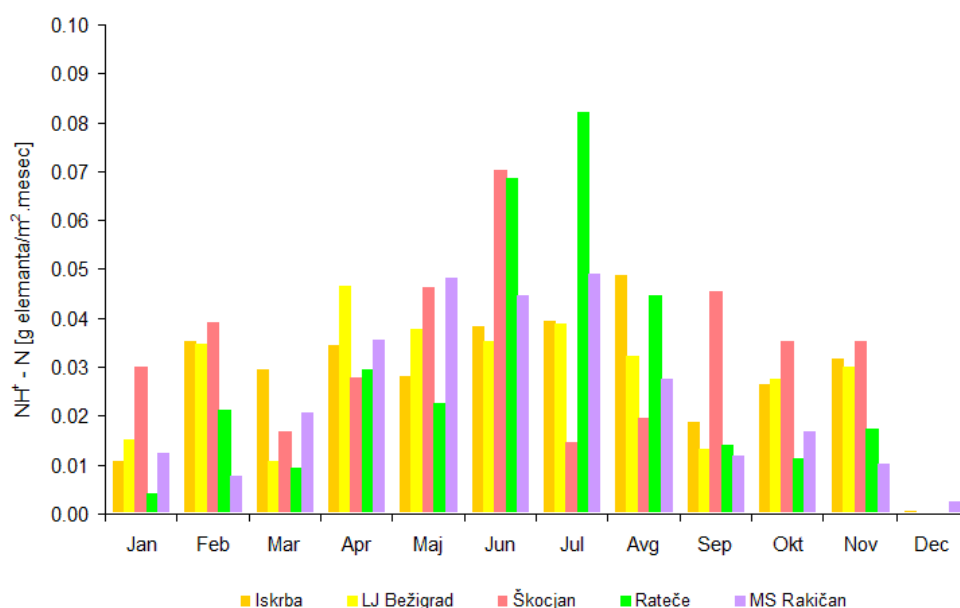
Porazdelitev mokrih depozicij ionov, ki najbolj vplivajo na zakisljevanje in eutrofikacijo po mesecih je prikazana na slikah od 12.3 do 12.5. Depozicije nitratnih in sulfatnih ionov so praviloma višje v mesecih z večjo količino padavin, medtem ko so depozicije amonijevih ionov nekoliko višje v poletnih mesecih.



Slika 12.3: Mesečna mokra depozicija dušika nitratnega izvora v padavinah v letu 2016.



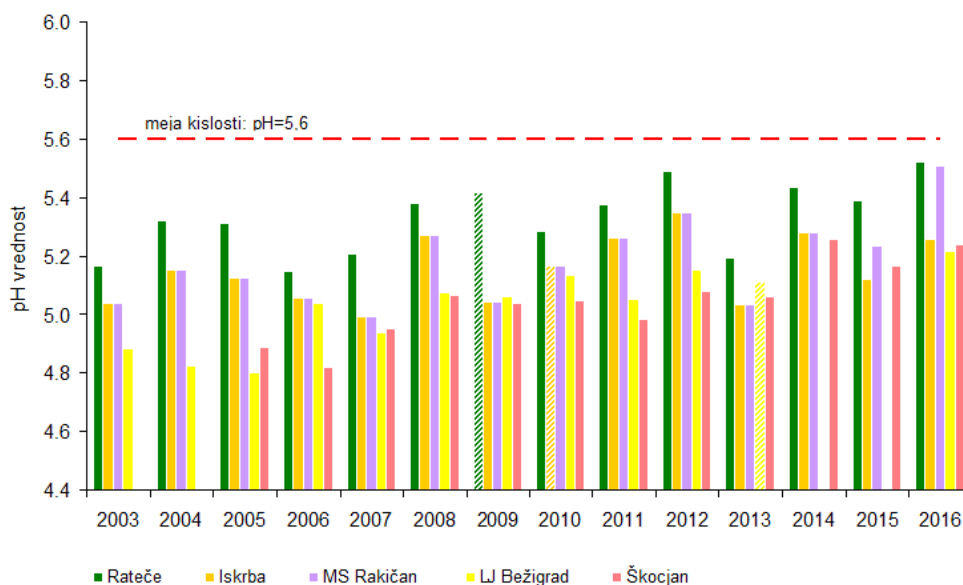
Slika 12.4: Mesečna mokra depozicija žvepla sulfatnega izvora v padavinah v letu 2016.



Slika 12.5: Mesečna mokra depozicija dušika amoniakalnega izvora v padavinah v letu 2016.

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 2016 so bile podobno kot v preteklih letih najmanj kisle (najvišja pH vrednost) padavine z merilnih mest Rateče in MS Rakičan, za spoznanje bolj kisle so bile padavine z merilnih mest LJ Bežigrad, Škocjan in Iskrba.



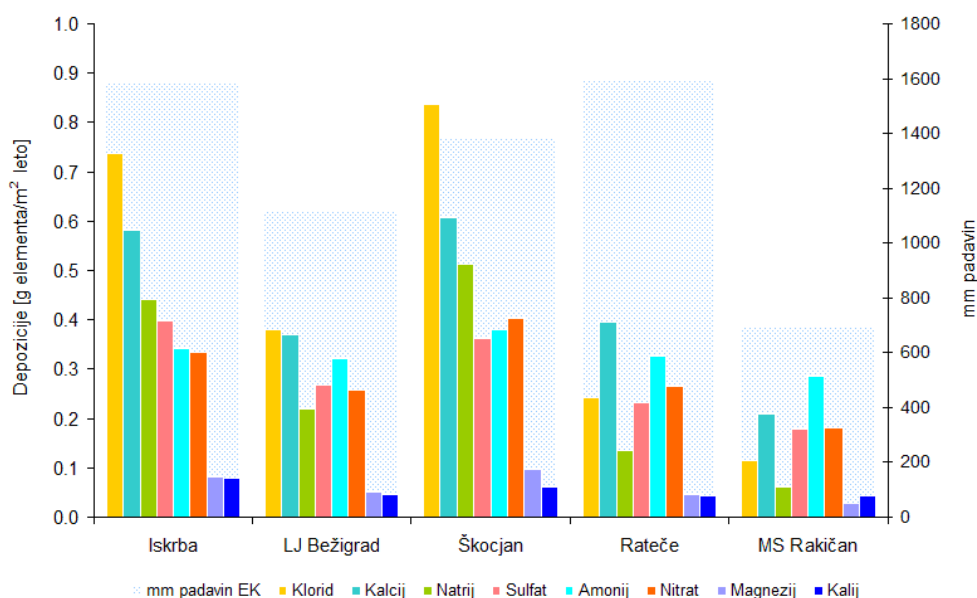
Slika 12.6: Povprečne letne pH vrednosti padavin od leta 2003 dalje. Na merilnem mestu Rateče, je v letu 2009 zaradi okvare vzorčevalnika prišlo do izpada večje količine padavin, zato rezultate teh meritev podajamo zgolj informativno. Zaradi gradnje prizidka na merilnem mestu LJ Bežigrad je v letu 2013 vzorčenje potekalo le do konca meseca oktobra zato rezultate meritev podajamo zgolj informativno, med tem ko v letih 2014 in 2015 vzorčenj nismo mogli izvajati, torej meritev ni. V septembru leta 2010 zaradi izrednih razmer na merilnem mestu Iskrba ni bila zbrana celotna količina padavin, zato tudi te podatke podajamo zgolj informativno. Podatki, ki jih podajamo informativno, so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano.

Tabela 12.2: Letna količina padavin (mm) in letna mokra depozicija elementov v padavinah (g/m^2) na vzorčevalnih mestih DMKP v letu 2016.

	Količina padavin	H^{+*}	NH_4^+-N	NO_3^--N	$\text{SO}_4^{2-}-\text{S}$	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
Iskrba	1580	$8,7 \times 10^{-3}$	0,342	0,333	0,398	0,783	0,582	0,081	0,440	0,079
LJ Bežigrad	1118	$6,7 \times 10^{-3}$	0,322	0,256	0,269	0,380	0,371	0,051	0,219	0,046
Škocjan	1384	$7,9 \times 10^{-3}$	0,380	0,402	0,363	0,837	0,607	0,096	0,512	0,061
Rateče	1590	$4,8 \times 10^{-3}$	0,327	0,266	0,231	0,242	0,395	0,047	0,134	0,044
MS Rakičan	688	$2,1 \times 10^{-3}$	0,287	0,182	0,179	0,114	0,210	0,027	0,060	0,043

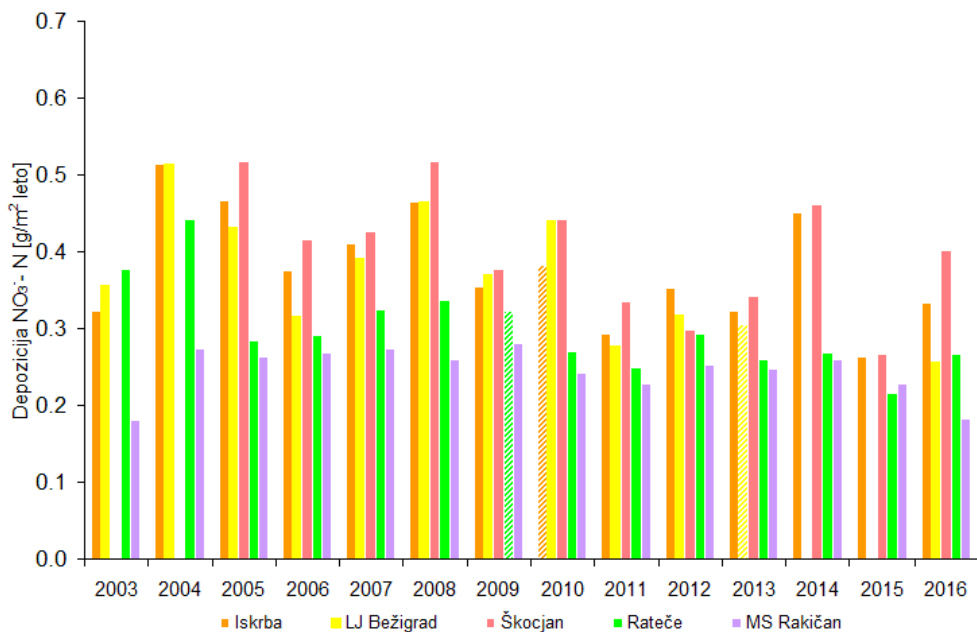
* Skupna depozicija H^+ je izračunana iz izmerjenih pH vrednosti.

Mokra depozicija nekaterih ionov (za amonij, nitrat in sulfat izraženo kot: NH_4^+ -N, NO_3^- -N oziroma SO_4^{2-} -S) v letu 2016 je prikazana na sliki 12.7. Depozicije klorida in natrija so v direktni povezavi z oddaljenostjo merilnih mest od morja. Depozicije ionov, ki odločilno vplivajo na zakisljevanje in eutrofikacijo so bile v letu 2016 kljub ne največji količini padavin najvišje na merilnem mestu Škocjan. Nekoliko nižje depozicije ionov smo ob nekoliko večji količini padavin zabeležili na merilnem mestu Iskrba. Še nekoliko nižje so bile depozicije ionov na merilnem mestu LJ Bežigrad, kjer pa je bila tudi količina padavin manjša kot na Iskrbi. Ob največji količini padavin, zbranih na merilnem mestu Rateče, smo na tem merilnem mestu zabeležili depozicije ionov, ki so primerljive z merilnim mestom LJ Bežigrad. Najnižje depozicije ionov smo zabeležili na merilnem mestu MS Rakičan, kjer pa je bila količina padavin približno polovico manjša kot v Ratečah. Glede na to, da so vsa merilna mesta razen LJ Bežigrad dokaj oddaljena od neposrednih virov onesnaženja ocenjujemo, da bi lahko bile visoke koncentracije in posledično depozicije ostalih ionov na merilnih mestih Škocjan in Iskrba povezane povezano predvsem s transportom onesnaženja na velike razdalje preko meja.

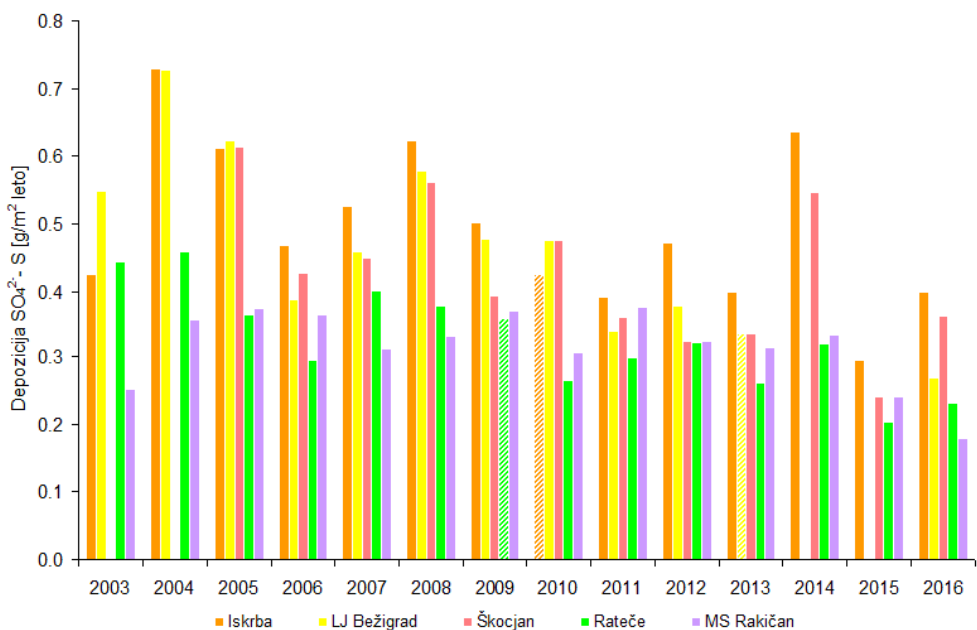


Slika 12.7: Mokra depozicija nekaterih ionov po merilnih mestih v letu 2016.

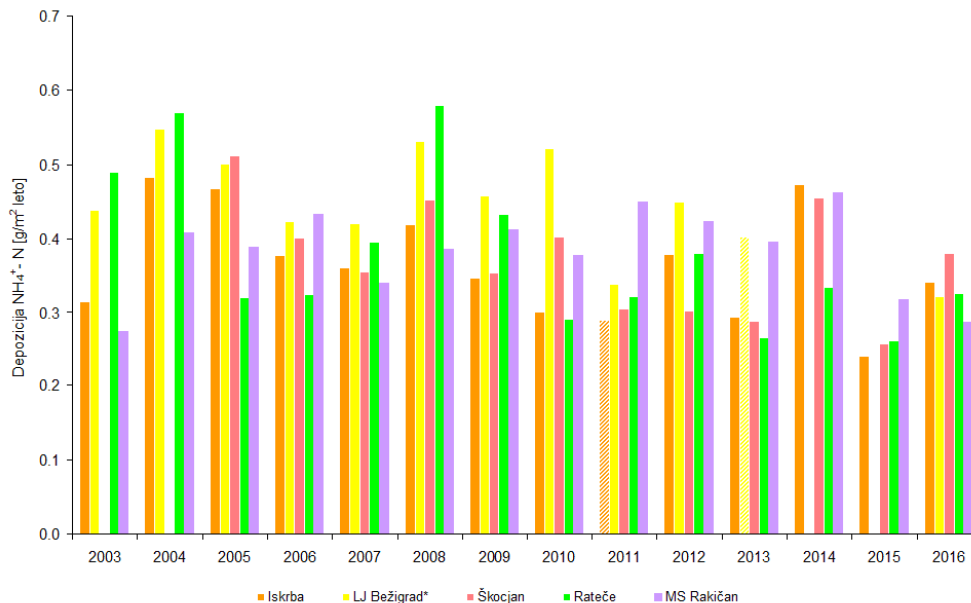
Vrednosti letnih mokrih depozicij ionov, ki najbolj vplivajo na zakisljevanje in eutrofikacijo so prikazane na slikah od 12.8 do 12.10. Zaradi znatno večje količine padavin, so tudi depozicije posameznih ionov v letu 2016 nekoliko višje kot v letu 2015.



Slika 12.8: Mokra depozicija dušika nitratnega izvora v padavinah po letih. Za podatke, ki jih podajamo informativno, in so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano, velja enako kot na sliki 12.6.



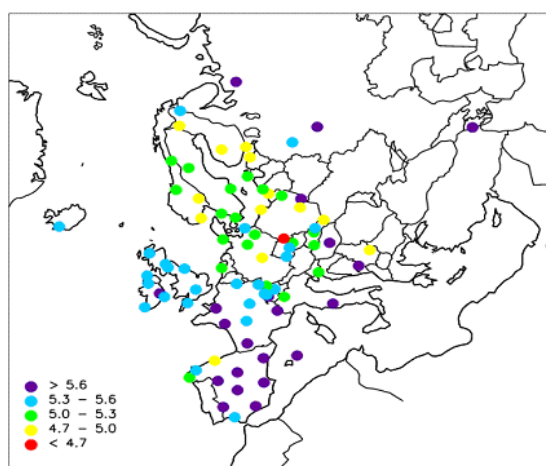
Slika 12.9: Mokra depozicija žvepla sulfatnega izvora po letih. Za podatke, ki jih podajamo informativno, in so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano, velja enako kot na sliki 12.6.



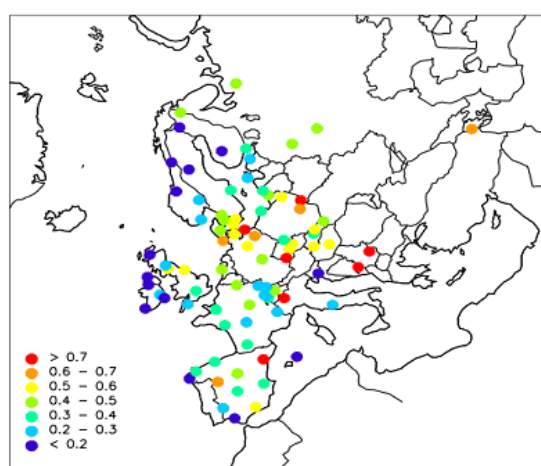
Slika 12.10: Mokra depozicija dušika amoniakalnega izvora po letih. Za podatke, ki jih podajamo informativno, in so v grafih prikazani z enako barvo vendar šrafirano, velja enako kot na sliki 12.6.

12.1.3 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

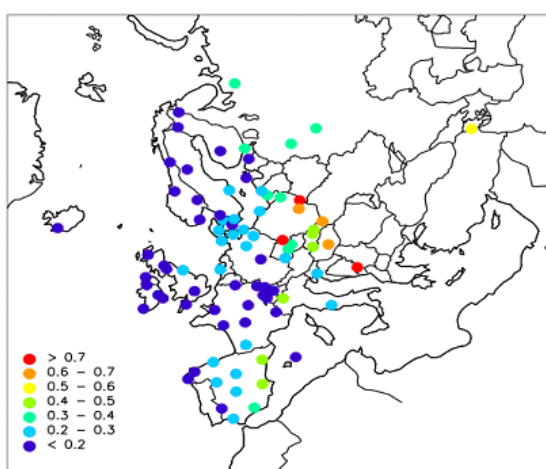
Raven kislosti padavin v Sloveniji, z izjemo Rateč, je primerljiva z večino EMEP merilnih mest v centralni Evropi [34]. Kislost padavin v Ratečah je primerljiva z manj kislimi padavinami v Skandinaviji. Raven amonijevega iona, izražena v mg elementa N/l je na vseh merilnih mestih v Sloveniji nizka, z izjemo ravni na merilnem mestu MS Rakičan, kjer je le-ta primerljiva z višjimi ravni v centralni Evropi. Raven ionov, ki odločilno prispevajo k zakisljevanju in evtrofikaciji okolja (NO_3^- , SO_4^{2-}), so praktično v vseh krajih v Sloveniji med najnižjimi v Evropi (slika 12.11). Padavine z merilnih mest na Iskrbi in v Škocjanu se uvrščajo v spodnjo tretjino, medtem ko so padavine z merilnega mesta MS Rakičan srednje onesnažene. Pri primerjavi rezultatov je potrebno upoštevati, da so EMEP postaje umeščene v neizpostavljeno podeželsko okolje.



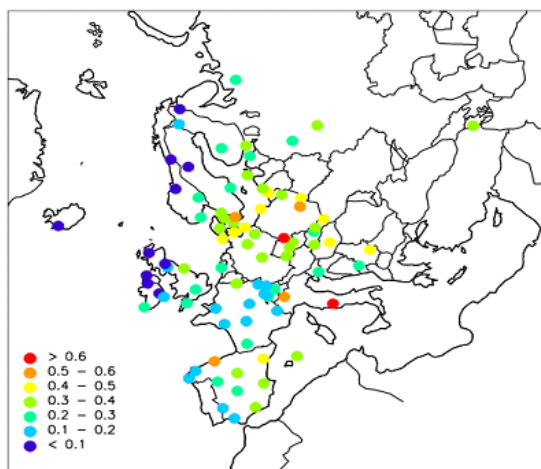
(a) pH



(b) Amonij



(c) Sulfat



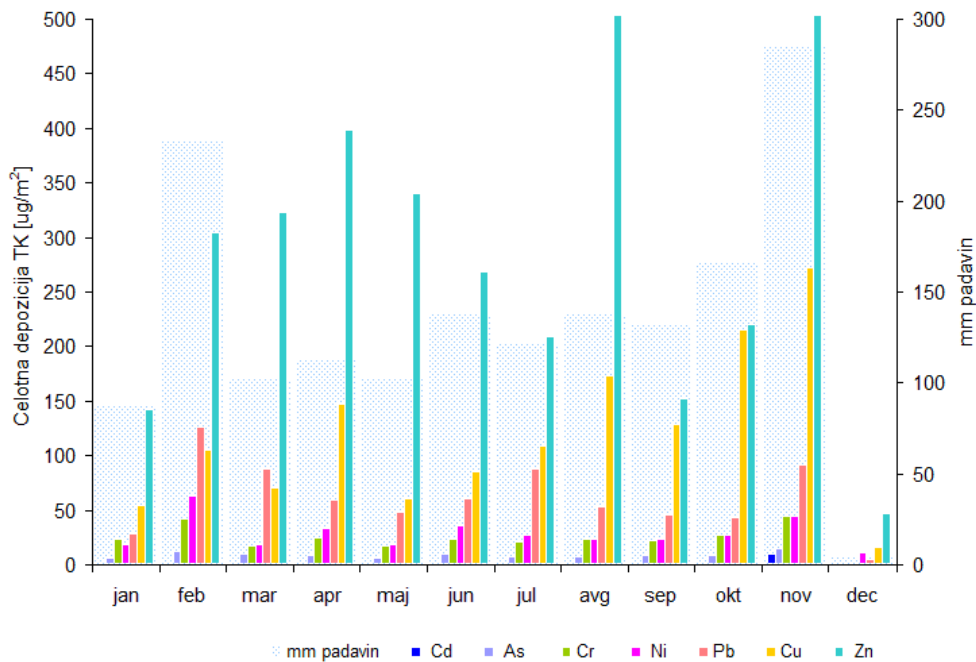
(d) Nitrat

Slika 12.11: Geografska porazdelitev vrednosti pH ter ravni amonija, sulfata in nitrata (mg/l) v padavinah po Evropi v letu 2015 [34].

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 ravni 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 2016 je prikazana na sliki 12.12. Ker v mesecu decembru na merilnem mestu Iskrba ni bilo padavin, podatki za ta mesec predstavljajo le suho depozicijo nekaterih kovin.



Slika 12.12: Celotna depozicija nekaterih težkih kovin po mesecih za leto 2016.

Vrednosti celotne depozicije nekaterih težkih kovin so prikazane v tabeli 12.3. Tako kot v preteklih letih smo tudi v letu 2016 izmerili daleč najvišjo celotno depozicijo cinka; sledita baker in svinec, nato nikelj, krom in arzen. Daleč najnižja je depozicija kadmija.

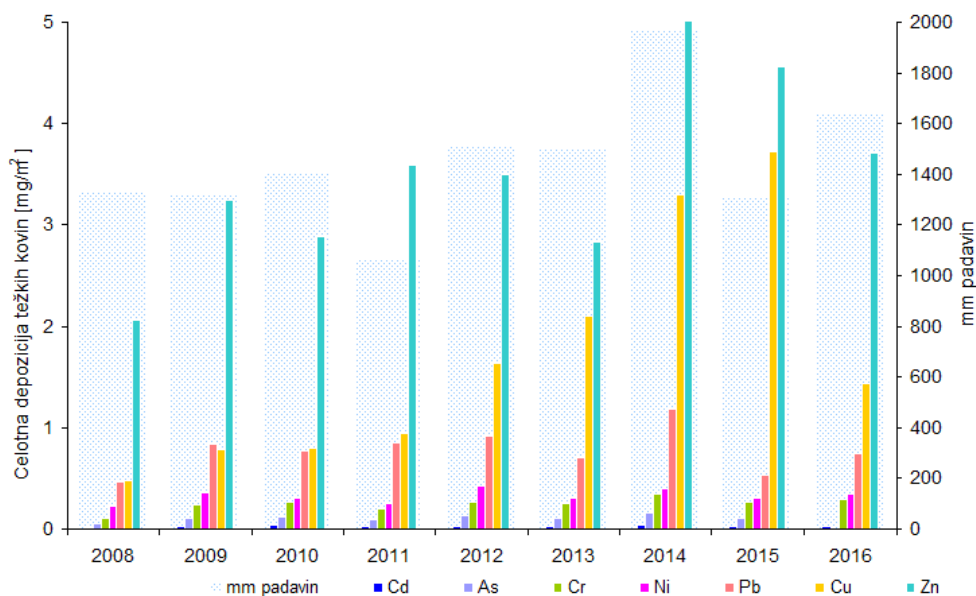
Tabela 12.3: Celotna depozicija nekaterih težkih kovin (mg/m^2) na Iskrbi v letu 2016.

Arzen	Kadmij	Krom	Baker	Nikelj	Svinec	Cink
0,102	0,028	0,291	1,44	0,345	0,739	3,71

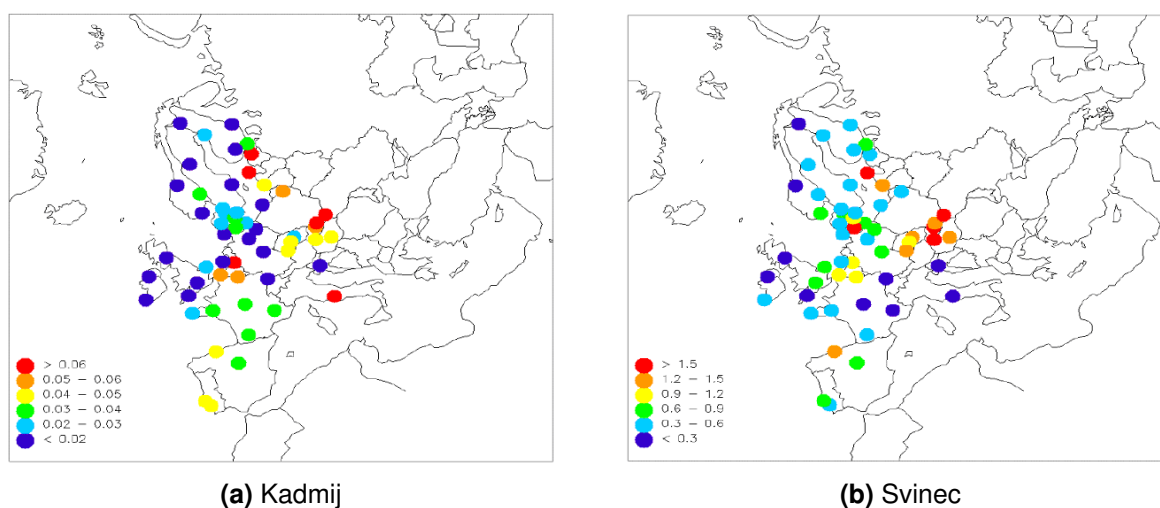
Kot je mogoče sklepati iz slike 12.13, se raven celotnih depozicij večine kovin od začetka meritev v letu 2008 do leta 2016 bistveno ne spreminja in je odvisna predvsem od količine padavin.

12.2.1 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Iz slik 12.14 in 12.17 je razvidno, da so v padavinah z merilnega mesta Iskrba ravni kadmija in tudi svinca med najnižjimi, ravni živega srebra pa med najvišjimi v Evropi [31].



Slika 12.13: Celotna depozicija izbranih kovin v letih od 2008 do 2016.



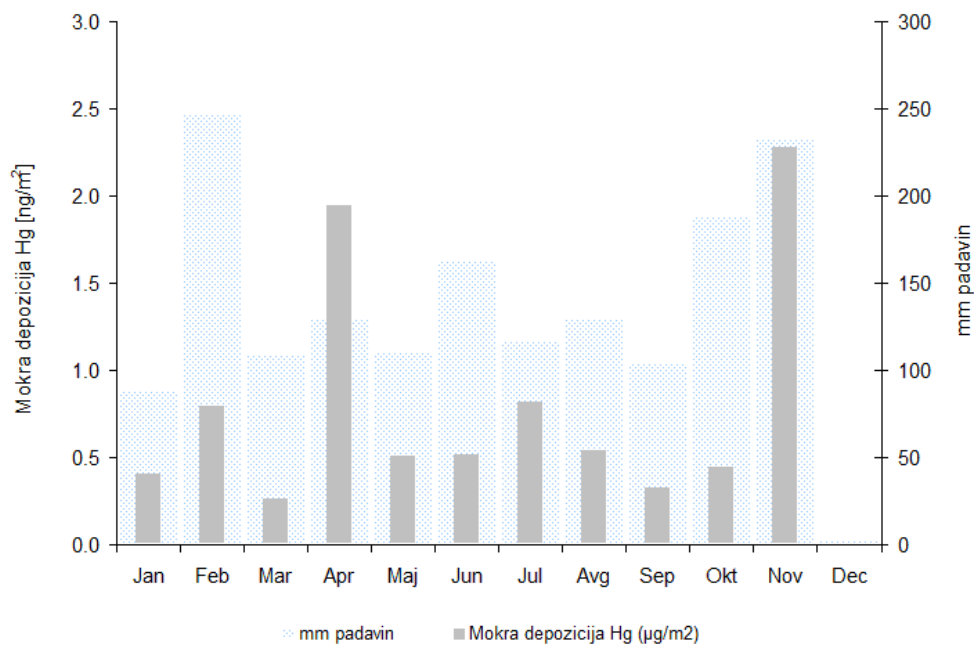
Slika 12.14: Geografska porazdelitev ravni kadmija in svinca v padavinah na EMEP merilnih mestih v letu 2015 [31].

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 določitve celotnega živega srebra v padavinah uporabljamo t.i. *wet-only* vzorčevalnik, ki zajema le mokri del padavin, vzorčenje za ta parameter pa poteka v mesečnih intervalih.

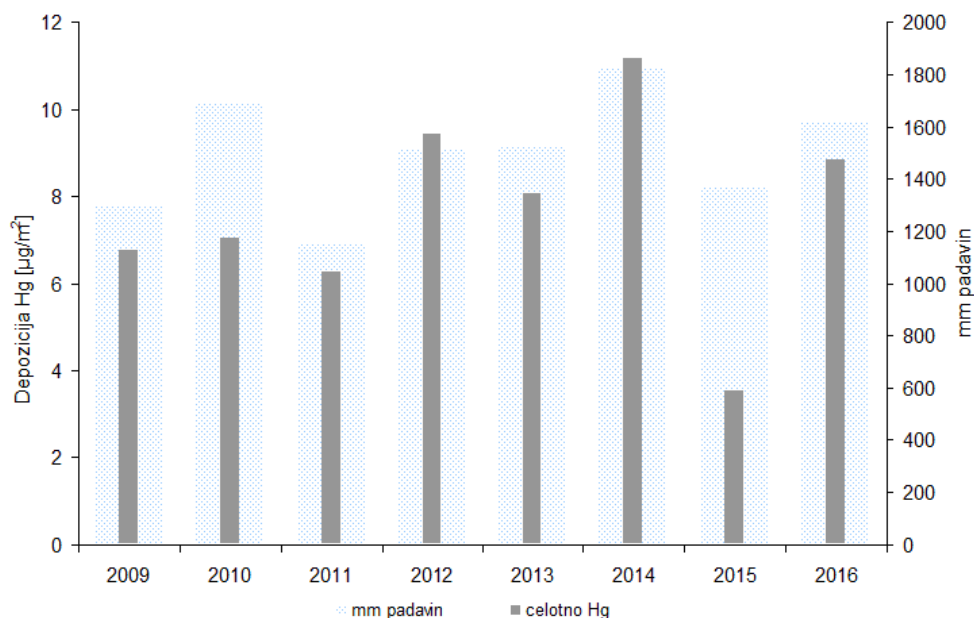
Ravni celotnega živega srebra v padavinah so se v letu 2016 gibale med 2,15 in 15,0 ng/L. Nivo zabeleženih ravni je primerljiv z vrednostmi, ki jih poročajo za neonesnažena področja drugod po svetu ter nekajkrat nižji od izmerjenih v padavinah na bolj onesnaženih področjih. Mokra depozicija živega srebra po mesecih za leto 2016 je prikazana na sliki 12.15.

Mokra depozicija celotnega živega srebra na merilnem mestu Iskrba je v letu 2016 znašala



Slika 12.15: Mokra depozicija celotnega Hg po mesecih za leto 2016. V mesecu decembru 2016 je bila količina padavin premajhna za določitev ravni Hg.

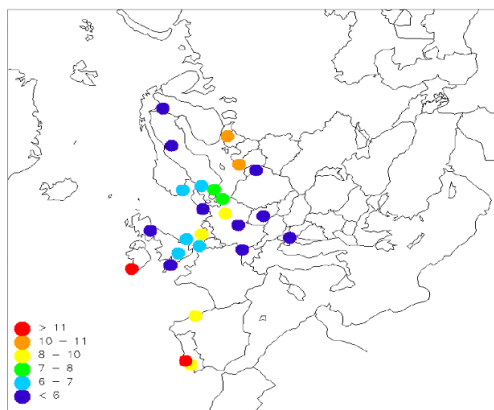
8,83 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ in je bila zaradi višje količine padavin višja kot v preteklem letu.



Slika 12.16: Mokra depozicija celotnega Hg po letih. Izvajalec meritev Hg zaradi razbite steklenice s padavinami za mesec maj 2015 ni izvedel, v mesecu avgustu 2011 pa izvajalec ni opravil analize v vseh zajetih vzorcih padavin. Ker izpadla količina na letnem nivoju predstavlja več kot 10 %, depozicije za leti 2011 in 2015 navajamo zgolj informativno.

12.3.1 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Slika 12.17 prikazuje geografsko porazdelitev onesnaženosti padavin z živim srebrom.



Slika 12.17: Geografska porazdelitev ravni živega srebra v padavinah na EMEP merilnih mestih v letu 2015.

12.4 Raven onesnaženosti padavin s policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki

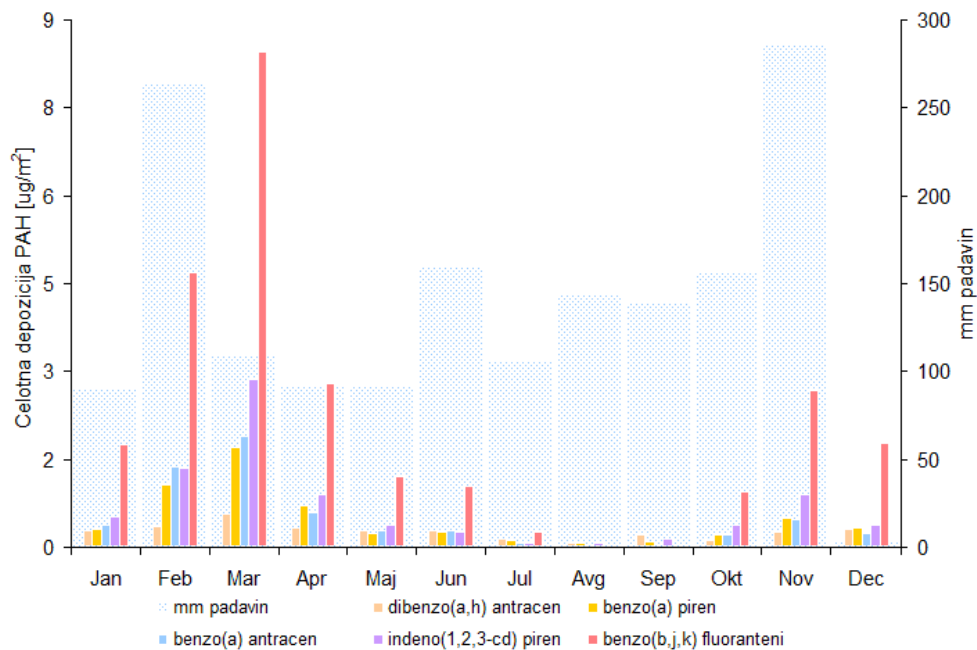
Tudi meritve policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) v padavinah izvajamo le na merilnem mestu Iskrba. Vzorčenje poteka v tedenskih intervalih s pomočjo t.i. *bulk* vzorčevalnika, ki je ves čas odprt in zajame tako mokri kot tudi suhi del padavin. Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje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

Mesečna porazdelitev celotnih depozicij posameznih PAH za leto 2016 je prikazana na sliki 12.18. Nekoliko višje celotne depozicije nekaterih PAH smo tudi v letu 2016 zabeležili predvsem v hladnejšem obdobju leta.

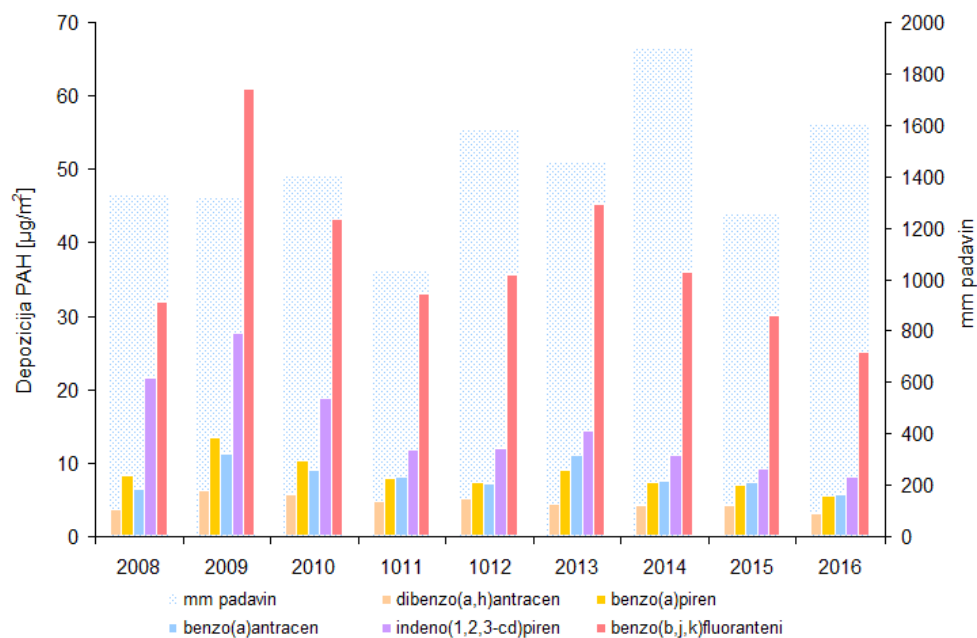
V tabeli 12.4 je prikazana celotna depozicija nekaterih PAH v letu 2016. Primerjava ravni PAH med posameznimi leti nakazuje, da le-te ostajajo na približno isti ravni. Podobno kot v preteklih letih smo tudi v letu 2016 zabeležili največjo celotno depozicijo vsote benzo(b,j,k)fluorantenov, dve tretjini nižja je bila celotna depozicija indeno(1,2,3-cd)pirena. 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 2016 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
5,89	5,64	25,7	3,26	8,22



Slika 12.18: Celotna depozicija nekaterih PAH po mesecih v letu 2016.



Slika 12.19: Celotne letne depozicije PAH od leta 2008 do leta 2016.

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.

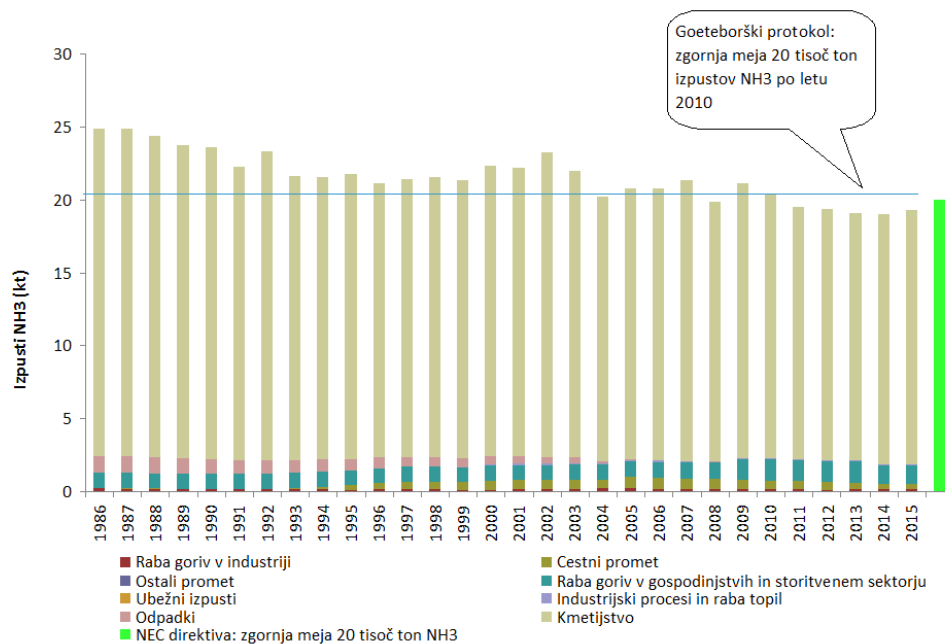
Vzorčenje izvajamo s pomočjo t.i. *filter pack* metode [35], z uporabo seta treh filtrov. Prvi filter zbira delce, ki vsebujejo sulfat, amonij in nitrat. Sledi mu alkalno (KOH) impregniran filter, na katerem se zbirajo HNO_3 , SO_2 , HNO_3 , HCl in druge kisle hlapne snovi. HNO_3 in SO_2 reagirata s 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.

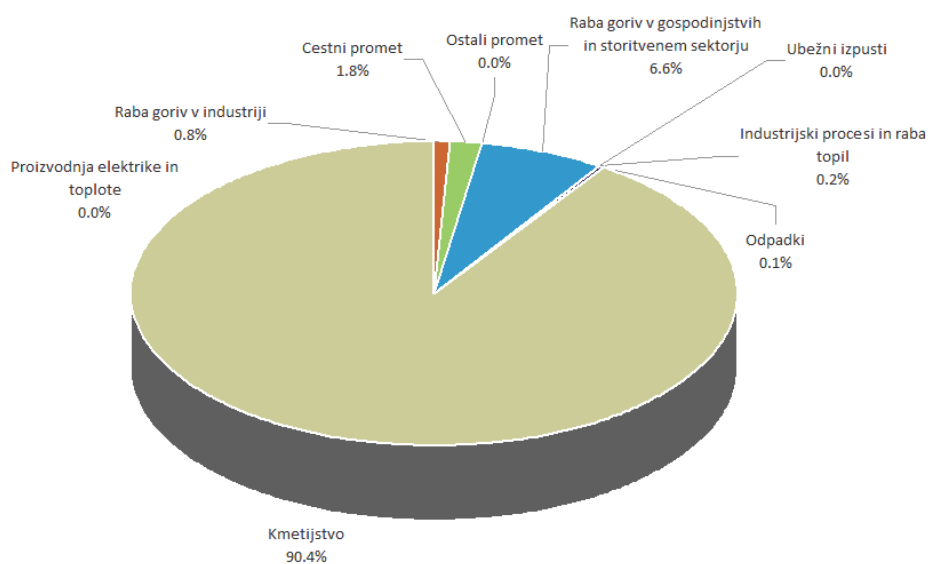
Višjo raven žveplovih in dušikovih spojin ter ostalih anorganskih ionov povežujemo predvsem z izpusti (kmetijstvo, raba goriv v gospodinjstvem in storitvenem sektorju, cestni promet, ...) ter s številom dni brez padavin.

13.1 Izpusti

Letni izpusti amoniaka so v letu 2015 v Sloveniji znašali 19.243 ton (slika 13.1) in so pod zgornjo mejo Goeteborškega protokola (20 tisoč ton izpustov NH_3 po letu 2010). Več kot 90 odstotkov izpustov amoniaka je prispevalo kmetijstvo (slika 13.2), sledi raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju s 6,6 odstotki in cestni promet z 1,8 odstotki. Ostali prispevki so zanemarljivi.



Slika 13.1: Izpusti NH₃ v Sloveniji po sektorjih za leto 2015.



Slika 13.2: Izpusti NH₃ v Sloveniji po sektorjih za leto 2015.

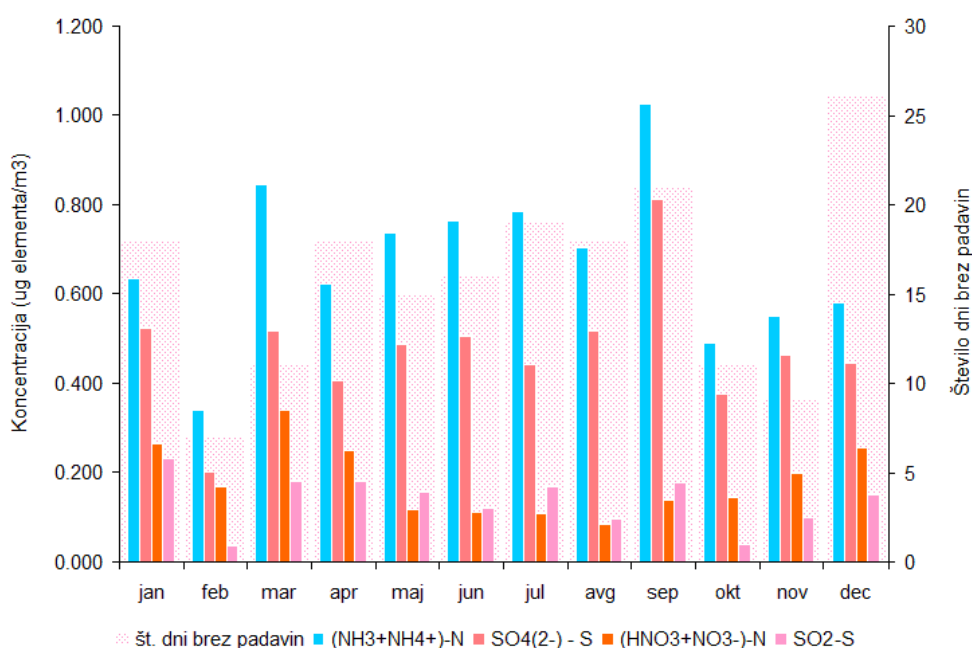
13.2 Ravni onesnaženosti

V tabeli 13.1 so podani rezultati meritev za celotno leto 2016 ter posebej za poletno in zimsko sezono. Povprečna mesečna raven žveplovih in dušikovih spojin ter nekaterih ionov v letu 2016 je prikazana na slikah 13.3 in 13.4.

Kot običajno, je bila tudi v letu 2016 raven dušika nitratnega izvora ($\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-$ -N), žvepla sulfatnega (SO_4^{2-} -S) izvora, žveplovega dioksida (SO_2 -S) in kalijevih ionov (K^+) ne glede na število dni brez padavin višja v zimski sezoni. Večje ravni teh onesnaževal v ozračju v zimski sezoni povezujemo predvsem s kurjenjem, v poletnem času pa z večjim številom dni brez padavin.

Raven dušika amoniakalnega ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$ -N) izvora je bila višja v času od marca do septembra. To povezujemo predvsem s povečanimi aktivnostmi v kmetijstvu (živinoreja in uporaba gnojil na osnovi amonija).

Kot posledica večjega števila dni brez padavin pa so bile ravni žveplovih in dušikovih spojin visoke tudi med majem in septembrom (slika 13.3). Višje ravni reduciranega dušika ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$)-N v zraku smo zabeležili od marca do septembra.



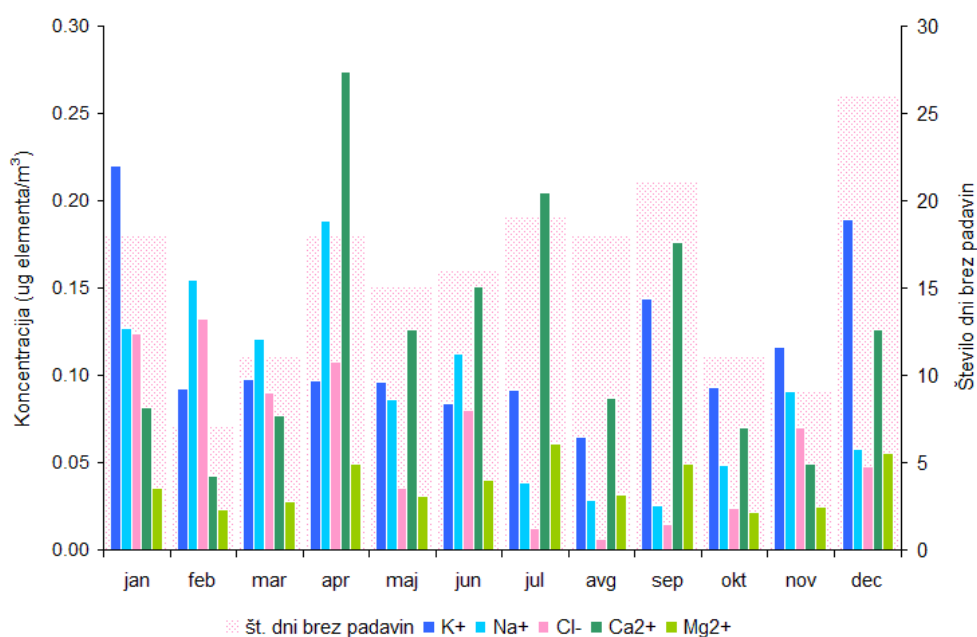
Slika 13.3: Mesečna raven oksidiranega žvepla SO_2 -S in SO_4^{2-} -S, oksidiranega dušika $\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-$ -N ter reduciranega dušika ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$)-N v zraku na Iskrbi za leto 2016.

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

Meritve ravni žveplovih in dušikovih spojin ter nekaterih kationov in anionov v zraku smo na merilnem mestu Iskrba pričeli izvajati leta 1997. Na sliki 13.5 so prikazane povprečne letne ravni

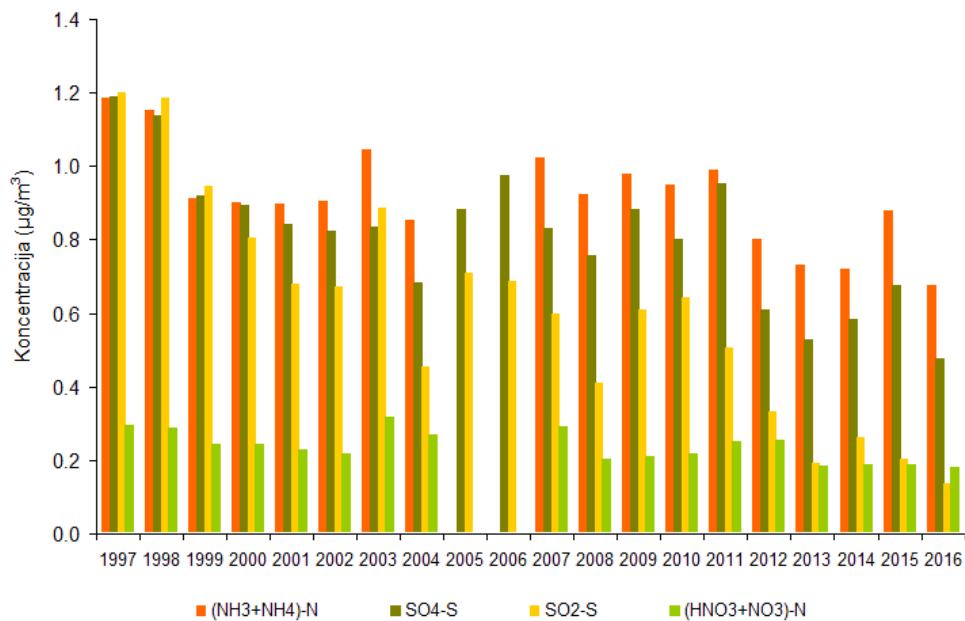
Tabela 13.1: Povprečna (C_p) in najvišja (C_{max}) izmerjena raven oksidiranega žvepla, oksidiranega dušika, reduciranega dušika in nekaterih anorganskih ionov v zraku ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na Iskrbi za nekurilno sezono, kurilno sezono ter za celo leto 2016.

		Poletna sezona	Zimska sezona	Letna vrednost
$\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	C_p	0,528	0,423	0,476
	C_{max}	2,37	2,27	2,37
$\text{SO}_2\text{-S}$	C_p	0,150	0,423	0,137
	C_{max}	1,27	2,09	2,09
$(\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-)\text{-N}$	C_p	0,134	0,229	0,182
	C_{max}	0,556	1,54	1,54
$(\text{NH}_3+\text{NH}_4^+)\text{-N}$	C_p	0,773	0,576	0,674
	C_{max}	2,26	2,78	2,78
Cl^-	C_p	0,042	0,081	0,062
	C_{max}	1,01	0,842	1,01
Ca^{2+}	C_p	0,169	0,075	0,122
	C_{max}	1,13	0,374	1,13
Mg^{2+}	C_p	0,044	0,031	0,037
	C_{max}	0,199	0,183	0,199
Na^+	C_p	0,078	0,099	0,089
	C_{max}	1,04	0,782	1,04
K^+	C_p	0,096	0,135	0,116
	C_{max}	0,720	0,536	0,720



Slika 13.4: Mesečna raven natrija, kalcija, klorida, magnezija in kalija v zraku na Iskrbi za leto 2016.

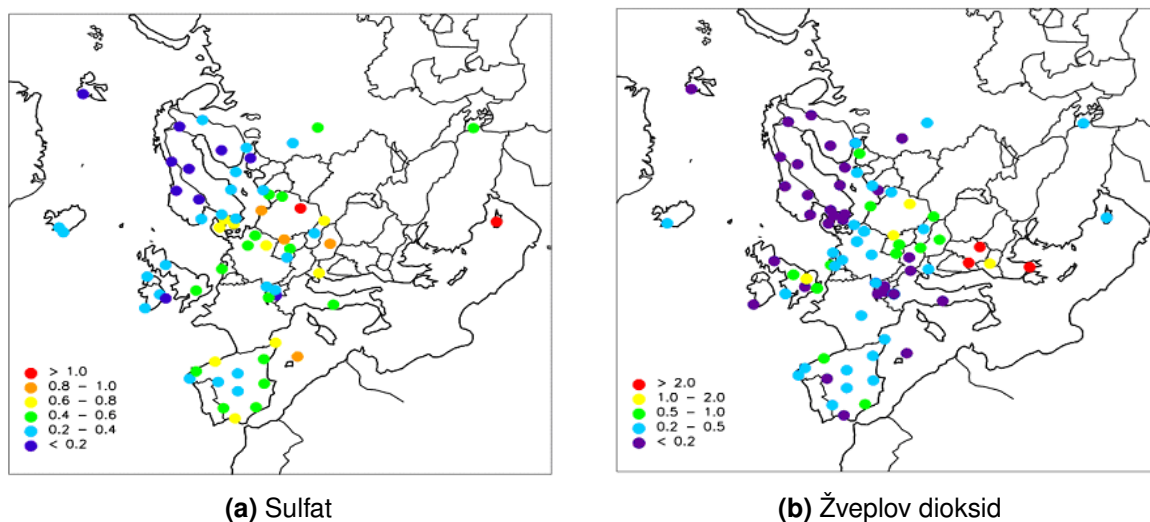
dušikovih in žveplovih spojin. Ravni žveplovih spojin kažejo trend upadanja, ki je bolj izrazit pri ravni žveplovega dioksida in nekoliko manj pri sulfatnih ionih (SO_4^{2-}). Ocenjujemo, da je ta trend verjetno posledica zmanjšane uporabe premoga ter uporabe premoga z nižjo vsebnostjo žvepla. Manjša medletna nihanja za ostale sestavine povezujemo s pogostostjo in količino padavin v posameznih letih.



Slika 13.5: Letna raven oksidirane 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 2016 – 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 [34].



Slika 13.6: Geografska porazdelitev oksidirane žvepla ($\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$ in $\text{SO}_2\text{-S}$) v Evropi v letu 2015.

14. Meteorološke značilnosti leta 2016

14.1 Vreme leta 2016

Leta 2016 je bila povprečna letna temperatura nad povprečjem obdobja 1981–2010, odklon je bil večinoma med 0,5 in 1,5 °C. Podoben odklon je bil v letu 2016 izmerjen tudi za povprečno najnižjo in povprečno najvišjo dnevno temperaturo zraka.

Najvišji absolutni maksimum temperature v letu 2016 je bil izmerjen v Črnomlju, 35,0 °C. V Ljubljani je bila najvišja izmerjena temperatura 33,7 °C, v Ratečah 30,3 °C in na Kredarici 17,3 °C. V letu 2016 nismo imeli posebej obremenilnega vročinskega vala, poletno vročino je pogosto prekinila kratkotrajna osvežitev. Število vročih dni, ko temperatura doseže vsaj 30 °C, je bilo v letu 2016 podobno kot v preteklih letih. Največ takih dni je bilo zabeleženih v Biljah (55), v Ratečah sta bila izmerjena le dva vroča dneva. V Ratečah je bilo zabeleženih največ mrzlih dni (11), ko je bila najnižja izmerjena dnevna temperatura -10 °C ali manj. Najnižji absolutni minimum je bil izmerjen v Celju (-14,2 °C). V Ljubljani je bila najnižja izmerjena temperatura -8,2 °C, v Ratečah -13,2 °C, na Kredarici pa -19,5 °C. V preteklosti je bila izmerjena temperatura že večkrat občutno nižja.

Največ padavin je leta 2016 padlo v hribovitem svetu severozahodne Slovenije, ponekod je skupna količina padavin preseгла 2700 mm. Najmanj padavin, med 700 in 1200 mm, je padlo na Obali in vzhodnem delu Dolenjske, večjem delu Štajerske in v Prekmurju. V večjem delu Slovenije je bilo dolgoletno povprečje preseženo. Z redkimi pozitivnimi izjemami so bili odkloni med $\pm 10\%$.

Leta 2016 je bilo na skoraj polovici ozemlja manj sončnega vremena kot v dolgoletnem povprečju. Največji primanjkljaj je bil izmerjen v visokogorju, kjer so za običajno osončenostjo zaostajali za več kot desetino. Na Obali je sonce sijalo 2327 ur, kar je 2% manj kot običajno, v Prekmurju so s 1958 urami skoraj dosegli dolgoletno povprečje. Dolgoletno povprečje trajanja sončnega sevanja ni bilo nikjer preseženo za več kot desetino.

V Ratečah je leta 2016 sneg prekrival tla 74 dni z največjo debelino snežne odeje 68 cm. Na Obali snežne odeje ni bilo. V Ljubljani je sneg ležal 13 dni, največja debelina je bila 17 cm.

14.2 Značilnosti posameznih letnih časov

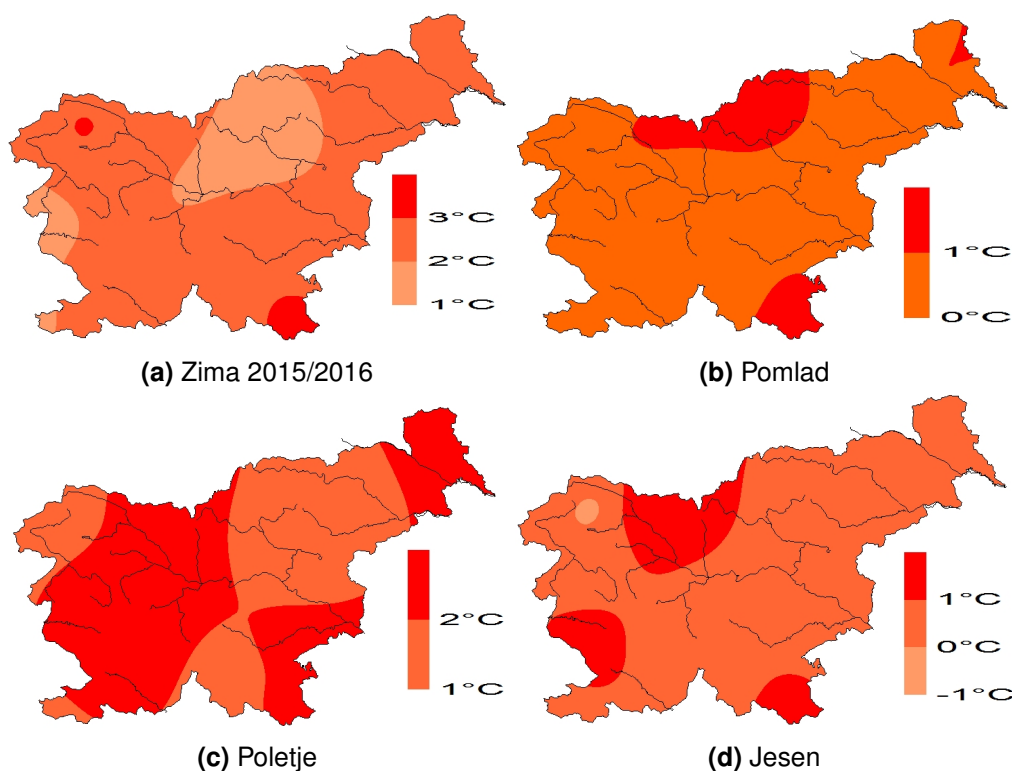
Za kakovost zraka so najbolj pomembni meteorološki pogoji v poletnem in zimskem času. V nadaljevanju povzemamo najpomembnejše značilnosti posameznih letnih časov v letu 2016. Odkloni povprečne temperature zraka, višine padavin in sončnega obsevanja so prikazani na slikah 14.1–14.3.

Povprečna temperatura v **zimi 2015/2016** je vsaj za 1 °C presegla dolgoletno povprečje. Večina Slovenije je bila 2 do 3 °C toplejša kot običajno, največji presežek nad dolgoletnim povprečjem pa je bil izmerjen v visokogorju in v Beli krajini. Tudi povprečna zimska jutranja temperatura je bila nadpovprečno visoka, večina odklonov je bila med 1,6 in 3,0 °C. Podobno so bili precej toplejši tudi popoldnevi, z večino odklonov med 1,5 in 3,4 °C.

Pozimi je povsod padlo več kot 100 mm padavin. Najmanj, od 100 do 300 mm, so namerili na Obali, v Ljubljani, na Koroškem, v delu Dolenjske in Bele krajine, večjem delu Štajerske in Prekmurju. V večjem delu/ Posočja in Kamniški Bistrici so padavine presegle 500 mm. V delu Posočja so namerili celo nad 700 mm. Dolgoletno povprečje padavin je bilo preseženo povsod, najmanjši presežek so imeli v Ljubljani in večjem delu Dravskega polja, kjer je padlo do 115 % dolgoletnega povprečja. Največji presežek, nad 45 %, so izmerili na Zgornjem Jezerskem in v Velikih Dolencih.

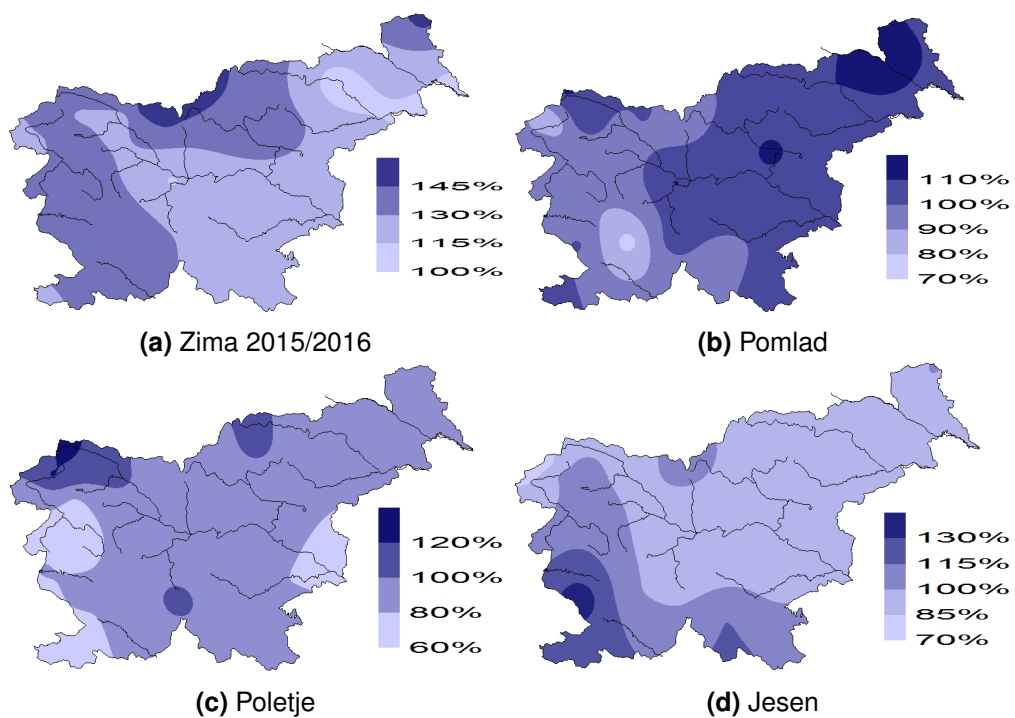
Dobra polovica Slovenije je bila slabše osončena v primerjavi z dolgoletnim povprečjem. Največji primanjkljaj sončnega vremena je bil na Obali, kjer so z 254 urami dosegli le 76 % dolgoletnega povprečja. Predvsem na Notranjskem in Štajerskem ter manjšem delu Gorenjske je bilo več sončnega vremena kot običajno. Najbolj v Sv. Florjanu, kjer je presežek dosegel 17 %.

Snežna odeja je v zimi 2015/16 obležala manj dni kot v dolgoletnem povprečju. V Ljubljani so zabeležili 11 dni s snežno odejo. V Ratečah, kjer pozimi sneg praviloma prekriva tla skoraj vse dni, je tokrat ležal le 44 dni.

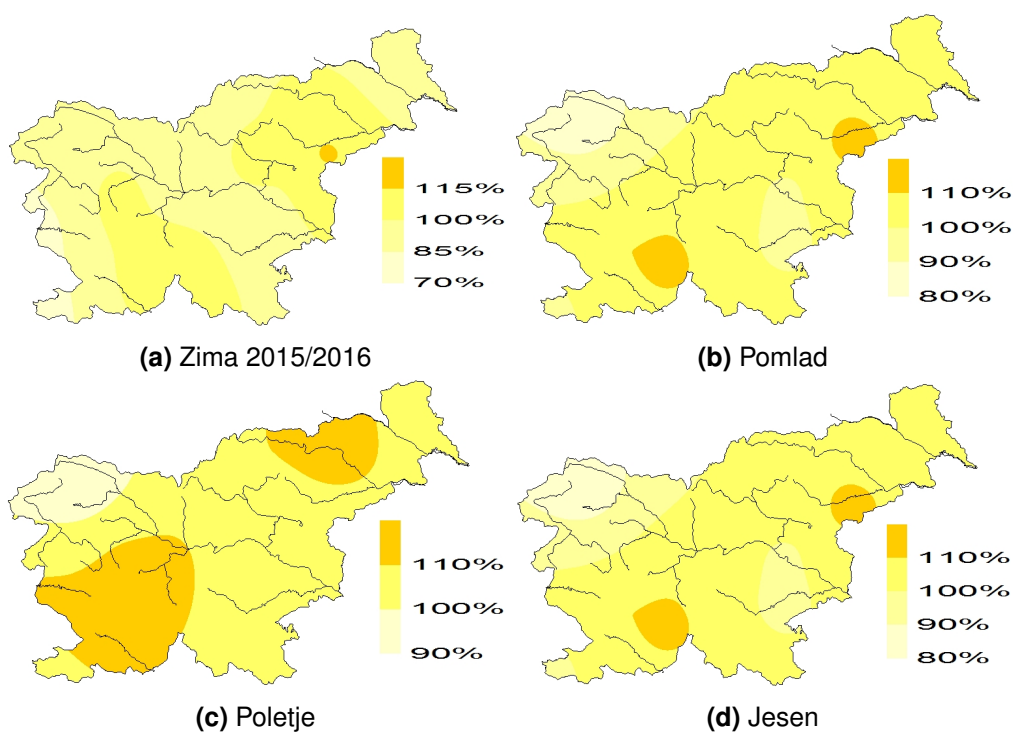


Slika 14.1: Odklon povprečne temperature zraka od povprečja 1981–2010 po posameznih sezonah, za leto 2016.

Pomlad 2016 je bila toplejša od dolgoletnega povprečja, v pretežnem delu države odklon ni presegel 1 °C. Odklon povprečne jutranje temperature je bil pozitiven, večinoma se je gibal med 0,3



Slika 14.2: Odklon višine padavin od povprečja 1981–2010 po posameznih sezonah, za leto 2016.



Slika 14.3: Odklon sončnega obsevanja od povprečja 1981–2010 po posameznih sezonah, za leto 2016.

in 1,3 °C. Odklon povprečne najvišje dnevne temperature je bil pozitiven in je po nižinah dosegel vsaj 0,2 °C.

Število hladnih dni je bilo pod dolgoletnim povprečjem. Na Obali, Goriškem in Krasu hladnih dni to pomlad ni bilo. V Črnomlju je najvišja dnevna temperatura v dveh dnevih dosegla ali preseгла 30 °C, v Novem mestu pa je bil en tak dan. Drugod niso poročali o tako visoki temperaturi zraka.

Spomladi 2016 je bilo največ padavin v delu Julijcev, kjer je padlo nad 500 mm. Na Obali in v večjem delu Štajerske in v Prekmurju je padlo do 250 mm, v Murski Soboti pa 198 mm. Dobra polovica države je namerila več padavin kot v dolgoletnem povprečju. V pretežnem delu države odklon ni presegl $\pm 10\%$.

Sončnega vremena je bilo več kot v dolgoletnem povprečju le na Koroškem in na severu Štajerske, a tudi tam so dolgoletno povprečje presegl le za nekaj odstotkov. Najbolj je sončnega vremena primanjkovalo na severozahodu Slovenije in v delu Posavja, kjer je sonce sijalo od 80 do 90 % časa v primerjavi s povprečjem primerjalnega obdobja. Pretežni del države je za dolgoletnim povprečjem zaostajal za manj kot desetino.

V Ratečah je snežna odeja tla prekrivala 34 dni, njena največja debelina v pomladnih mesecih pa je bila 68 cm. Tudi marsikje drugod po nižinah so spomladi imeli snežno odejo.

Povprečna **poletna** temperatura zraka je preseгла dolgoletno povprečje, odklon pa nikjer ni presegl 2 °C. Rekordno vroče ostaja leto 2003. Dolgoletno povprečje je preseгла tudi povprečna najnižja dnevna temperatura, z odklonom večinoma med 0,4 in 1,4 °C. Odklon povprečne najvišje dnevne temperature je bil večinoma med 0,7 in 1,2 °C. Temperatura v poletju 2016 ni dosegla rekordno visokih vrednosti. Med večjimi kraji je bil absolutni temperaturni maksimum poletja 2016 najvišji v Črnomlju, kjer je znašal 35,0 °C.

Največ padavin so namerili v delu Julijcev, kjer so presegle 640 mm. Najmanj dežja je bilo na jugozahodu države, na Krško-Brežiškem polju in delu Štajerske ter v Prekmurju, namerili so le od 160 do 280 mm. Le v manjšem delu države je bilo padavin več kot v dolgoletnem povprečju. O največjem presežku so poročali v Ratečah, tam je padlo 566 mm, kar je 30 % več od dolgoletnega povprečja. Med 60 in 80 % dolgoletnega povprečja padavin je bilo na Obali, velika večina Slovenije pa je poročala o padavinah med 80 in 100 % dolgoletnega povprečja.

Sončnega vremena je v primerjavi z dolgoletnim povprečjem najbolj primanjkovalo v visokogorju. Večina Slovenije je bila nekoliko bolje osončena kot v dolgoletnem povprečju. Največ sončnega vremena je bilo na Obali. Največji pozitiven odklon od povprečja je bil z 807 urami izmerjen v Postojni, kjer so dolgoletno povprečje presegl za 8 %.

Jesen je zaznamovalo neobičajno toplo obdobje v prvih dveh tretjinah septembra, daljše je bilo tudi hladno obdobje v prvi polovici oktobra. Izstopata tudi hladno obdobje v prvi polovici novembra in toplo obdobje v drugi polovici novembra. Povprečna temperatura je bila pod dolgoletnim povprečjem le v visokogorju, večina krajev je imela odklon do 1 °C. Odklon povprečne najnižje temperature je bil v pretežnem delu države pozitiven in ni presegl 1,5 °C. Večina odklonov povprečne jesenske najvišje dnevne temperature je bila med 0,7 °C in 1,5 °C.

Jeseni 2016 je bilo največ padavin zabeleženih v delu Julijskih Alp, kjer je količina preseгла 750 mm, na posameznih manjših območjih celo 950 mm. V Prekmurju, na Štajerskem in v delu Dolenjske je padlo le od 150 do 350 mm. Več kot polovica Slovenije je dobila manj padavin kot v

dolgoletnem povprečju, največji primanjkljaj padavin je bil na skrajnem zahodu Trente, kjer niso dosegli 85 % dolgoletnega povprečja. Največji presežek v primerjavi z dolgoletnim povprečjem je bil izmerjen na Krasu, odklon je dosegel 40 %.

Jeseni 2016 je bilo v večjem delu Slovenije bolj sončno kot običajno. Za nekaj več kot desetino so običajno osončenost presegli v manjšem delu Notranjske in južne Štajerske. Sončnega vremena je v primerjavi z običajno osončenostjo primanjkovalo na severozahodu Slovenije, na Obali in v delu Dolenjske. Največji primanjkljaj so imeli v visokogorju.

Povprečna **decembrska** temperatura je na severozahodu države in v gorah presegla dolgoletno povprečje. V nižinskem svetu pretežnega dela Slovenije je bil december hladnejši kot običajno, saj se je v območju visokega zračnega tlaka po nižinah nabiral hladen zrak. Večina temperaturnih odklonov je bila v nižinskem svetu med -2 in 0 °C.

V veliki večini Slovenije je december 2016 minil brez omembe vrednih padavin. Tudi primerjava z dolgoletnim povprečjem kaže na skoraj povsem suh december. Le na severovzhodu Slovenije so presegli 5 %, največ v Lendavi, kjer so padavine dosegle 18 % dolgoletnega povprečja.

Sončnega vremena je bilo povsod vsaj 40 % več kot običajno, med kraje s presežkom do 70 % se uvrščajo severovzhod in severozahod države, Goriška ter Obala. Najbolj so dolgoletno povprečje presegli na delu Notranjske, kjer je sonce sijalo celo več kot 230 % toliko časa kot v dolgoletnem povprečju. V Ljubljani je bil to najbolj sončen december od sredine minulega stoletja.

Snežna odeja je bila v gorah skromna, na Kredarici je bila najdebelejša v začetku meseca s 120 cm. Ker je december večinoma minil brez padavin, je bilo krajev s snežno odejo malo.

Literatura

- [1] *Air quality in Europe-2016 report*, European Environment Agency, 2016.
- [2] *Commission Staff Working Document Accompanying the Communication on a revised EU Strategy on Air Pollution Proposal for a revision of Directive 2001/81/EC on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants Proposal for a legislative instrument on control of emissions from Medium Combustion Plants - Impact Assessment*, vol. SWD 531, European Commission, Brussels, 2013.
- [3] WHO, "World health organization: Outdoor air pollution causes cancer." <http://www.cancer.org/cancer/news/news/world-health-organization-outdoor-air-pollution-causes-cancer>.
- [4] *Environment and human health*, European Environment Agency, 2013.
- [5] M. E. Goldstone *et al.*, "Review of evidence on health aspects of air pollution-revihaap project," 2015.
- [6] W. H. Organization *et al.*, "Effects of air pollution on children's health and development: a review of the evidence," 2005.
- [7] M. Chiusolo, E. Cadum, M. Stafoggia, C. Galassi, G. Berti, A. Faustini, L. Bisanti, M. Angela Vigotti, M. Patrizia Dessì, A. Cernigliaro, *et al.*, "Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality and susceptibility factors in 10 Italian cities: the epi-air study," *Environmental health perspectives*, vol. 119, no. 9, p. 1233, 2011.
- [8] *EEA Signali 2013 - Kakšen zrak dihamo*, European Environment Agency, 2013.
- [9] W. H. Organization *et al.*, "Developing national action plans on transport," *Geneva, Switzerland: WHO*, 2014.
- [10] M. Tainio, A. de Nazelle, T. Gömtschi, S. Kahlmeier, D. Rojas-Rueda, M. Nieuwenhuijsen, T. de Sá, P. Kelly, and J. Woodcock, "Can air pollution negate the health benefits of cycling and walking?," *Preventive Medicine*, vol. 87, pp. 233–236, 2016.
- [11] N. Mueller, D. Rojas-Rueda, T. Cole-Hunter, A. de Nazelle, E. Dons, R. Gerike, T. Götschi, L. Panis, S. Kahlmeier, and M. Nieuwenhuijsen, "Health impact assessment of active transportation: A systematic review," *Preventive Medicine*, vol. 76, pp. 103–114, 2015.

- [12] Z. Andersen, A. Nazelle, M. Mendez, J. Garcia-Aymerich, O. Hertel, A. Tjønneland, K. Overvad, O. Raaschou-Nielsen, and M. Nieuwenhuijsen, "A study of the combined effects of physical activity and air pollution on mortality in elderly urban residents: the danish diet, cancer, and health cohort," *Preventive Medicine*, vol. 123, pp. 557–563, 2015.
- [13] *Direktiva 2001/81/ES Evropskega parlamenta o nacionalnih zgornjih mejah emisij za nekatere onesnaževala zraka (NEC)*, Uradni list Evropske unije, 2001.
- [14] *Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in sveta o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo*. Uradni list Evropske unije. L152.
- [15] *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.
- [16] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Celje*. Uradni list RS. 108/13.
- [17] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Kranj*. Uradni list RS. 108/13.
- [18] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Ljubljana*. Uradni list RS. 24/14.
- [19] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor*. Uradni list RS. 108/13.
- [20] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Murska Sobota*. Uradni list RS. 88/13.
- [21] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Novo Mesto*. Uradni list RS. 108/13.
- [22] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Zasavja*. Uradni list RS. 108/13.
- [23] *Uredba o kakovosti zunanjega zraka*. Uradni list RS. 9/11,8/15.
- [24] *Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka*. Uradni list RS. 55/11,6/15.
- [25] *Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku*. Uradni list RS. 39/06.
- [26] *Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja*, UNECE, 1979.
- [27] *Air quality in Europe-2014 report*, European Environment Agency, 2014.
- [28] *Air quality in Europe-2015 report*, European Environment Agency, 2015.
- [29] *Kakovost zraka v Slovenije v letu 2012*, ARSO, 2013.
- [30] 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.

- [31] P. B. N. Wenche Aas and K. A. Phaffhuber, "Heavy metals and pop measurements, 2015," *EMEP/CCC-Report 3/2017*, no. 3, 2015.
- [32] M. Pidwirny, "Acid Precipitation," *Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition*, 2006.
- [33] *Manual for the GAW Precipitation Chemistry Programme. Guidelines, Data Quality Objectives and Standard Operating Procedures*, no. 160, WMO, 2004.
- [34] A.-G. Hjellbrekke, "Data report 2015 particulate matter, carbonaceous and inorganic compounds," *EMEP/CCC-Report 1/2017*, no. 1, 2015.
- [35] 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