



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

# Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2014





---

## Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2014

---

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Ljubljana, september 2015

Poročilo in podatki so zaščiteni po določilih avtorskega prava, tisk in uporaba podatkov sta dovoljena le v obliki izvlečkov z navedbo vira.

ISSN 1855-0827

Deskriptorji:

kakovost zraka, kakovost padavin, onesnaževala, izpusti, delci, ozon, dušikovi oksidi, ogljikov monoksid, benzen.

Descriptors:

air quality, precipitations quality, pollutants, emissions, particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, carbon monoxide, benzene.

Slika na naslovnici: Po sivem asfaltu, pod sivim nebom, naprej, proti svetlobi

Na avtocesti med Postojno in Ljubljano, nekje blizu Logatca

Avtor: Albert Kolar

**Izdajatelj:**

Ministrstvo za okolje in prostor  
Agencija Republike Slovenije za okolje  
Vojkova 1b, Ljubljana  
Spletni naslov: [www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si)  
E-naslov: [gp.arso@gov.si](mailto:gp.arso@gov.si)

**Direktor Urada za meteorologijo:**

dr. Klemen Bergant

**Generalni direktor Agencije Republike Slovenije za okolje:**

Joško Knez

**Pripravili in uredili:**

mag. Tanja Cegnar, Mateja Gjerek, Tanja Koleša, dr. Martina Logar, Marijana Murovec,  
Anton Planinšek, dr. Boštjan Paradiž, dr. Jana Faganeli Pucer, Bojan Rode, Marko Rus,  
dr. Janja Turšič, dr. Rahela Žabkar

**Avtorji iz Nacionalnega inštituta za javno zdravje:**

Peter Otorepec, dr. med., spec. higijene in MDPŠ  
Andrej Uršič, univ. dipl. biol.  
mag. Simona Uršič, dr. med., spec. higijene

**Priprava podatkov drugih merilnih mrež:**

Elektroinštitut Milan Vidmar pripravlja podatke: EIS TEŠ, EIS TET, MO Ljubljana,  
Lafarge cement, TE-TO Ljubljana, MO Celje  
Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano Maribor pripravlja podatke MO Maribor  
Salonit Anhovo pripravlja podatke za EIS Anhovo



# Kazalo

---

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka</b>	<b>7</b>
2.1	Meritve na stalnih merilnih mestih . . . . .	7
2.2	Modeliranje onesnaženosti zraka z modelom CAMx . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Delci PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub></b>	<b>19</b>
3.1	Izpusti primarnih delcev in predhodnikov . . . . .	20
3.2	Zahteve za kakovost zraka . . . . .	21
3.3	Ravni onesnaženosti . . . . .	22
3.4	Epizode čezmerne onesnaženosti . . . . .	31
3.5	Kemijska in elementna sestava delcev . . . . .	32
3.6	Preseganja mejnih vrednosti zaradi naravnih virov . . . . .	32
3.7	Ocena vplivov čezmerne onesnaženosti zraka z delci PM <sub>2,5</sub> na zdravje ljudi v Sloveniji	33
3.8	Primerjava ravni onesnaženosti z EU . . . . .	36
<b>4</b>	<b>Onesnaževala v delcih - benzo(a)piren in težke kovine</b>	<b>39</b>
4.1	Benzo(a)piren . . . . .	39
4.2	Težke kovine . . . . .	42
<b>5</b>	<b>Ozon</b>	<b>53</b>
5.1	Zahteve za kakovost zraka . . . . .	53
5.2	Ravni onesnaženosti . . . . .	54
5.3	Epizode čezmerne onesnaženosti . . . . .	62
5.4	Modeliranje in napovedovanje ravni ozona . . . . .	62
5.5	Primerjava ravni onesnaženosti z EU . . . . .	62
<b>6</b>	<b>Dušikovi oksidi</b>	<b>65</b>
6.1	Izpusti . . . . .	65
6.2	Zahteve za kakovost zraka . . . . .	66
6.3	Ravni onesnaženosti . . . . .	66
6.4	Primerjava ravni onesnaženosti z EU . . . . .	74

<b>7</b>	<b>Žveplov dioksid</b>	<b>77</b>
7.1	Izpusti . . . . .	77
7.2	Zahteve za kakovost zraka . . . . .	78
7.3	Ravni onesnaženosti . . . . .	78
7.4	Primerjava ravni onesnaženosti z EU . . . . .	85
<b>8</b>	<b>Ogljikov monoksid</b>	<b>87</b>
8.1	Izpusti . . . . .	87
8.2	Zahteve za kakovost zraka . . . . .	88
8.3	Ravni onesnaženosti . . . . .	88
8.4	Primerjava ravni onesnaženosti z EU . . . . .	89
<b>9</b>	<b>Benzen</b>	<b>91</b>
9.1	Izpusti . . . . .	91
9.2	Zahteve za kakovost zraka . . . . .	92
9.3	Ravni onesnaženosti . . . . .	92
<b>10</b>	<b>Živo srebro v zraku</b>	<b>97</b>
10.1	Izpusti . . . . .	97
10.2	Ravni onesnaženosti . . . . .	98
<b>11</b>	<b>Kakovost padavin</b>	<b>101</b>
11.1	Ravni onesnaženosti . . . . .	101
11.2	Primerjava ravni onesnaženosti z EU . . . . .	107
<b>12</b>	<b>Žveplove in dušikove spojine ter ostali anorganski ioni</b>	<b>109</b>
12.1	Ravni onesnaženosti . . . . .	109
12.2	Primerjava ravni onesnaženosti z EU . . . . .	112
<b>13</b>	<b>Meteorološke značilnosti leta 2014</b>	<b>113</b>
13.1	Vreme leta 2014 . . . . .	113
13.2	Značilnosti posameznih letnih časov . . . . .	114



# *Nagovor direktorja*

---

Spoštovani,

čezmerno onesnažen zrak je bil in je še vedno eden izmed najbolj perečih okoljskih problemov Slovenije. Večina našega ozemlja je slabo prevetrena, pogoste pa so tudi izrazite in dolgotrajne temperaturne inverzije. Zaradi neugodnih razmer za razredčevanje onesnaženosti lahko že nižje gostote izpustov povzročijo čezmerno onesnaženost zraka. Tudi zaradi tega je kakovost zraka v Sloveniji slabša kot marsikje v Evropi, za izboljšanje pa je potrebno intenzivnejše izvajanje ukrepov.

Lahko trdimo, da se kakovost zraka v Sloveniji izboljšuje. Nekdaj ekstremne ravni žveplovega dioksida so se zaradi uspešno izvedenih ukrepov v termoelektrarnah, industriji in na področju ogrevanja gospodinjstev tako zmanjšale, da so večkrat že blizu občutljivosti merilnikov, ki se uporabljajo v ta namen. Danes predstavljajo osrednji izziv varstva zraka čezmerne ravni delcev in ozona. Medtem ko je onesnaženost z ozonom v veliki meri posledica čezmejnega transporta onesnaženosti, so vzrok povišanim ravnem delcev predvsem lokalni izpusti. Rezultati meritev sicer kažejo trend zmanjševanja ravni delcev v Sloveniji, vendar še vedno ne dosegamo predpisanih standardov kakovosti zraka. Pri interpretaciji trendov je potrebno upoštevati, da smo imeli zadnjih nekaj let ugodne meteorološke razmere, ki so bistveno prispevale k nižjim ravnem delcev. Vsekakor je potrebno nadaljevati z že začeti ukrepi in doseči sprejemljivo kakovost zraka glede ravni delcev v zraku.

Slovenija je gozdnata država in les je eno izmed naših naravnih bogastev. Trajnostno gospodarjenje z gozdovi nam zagotavlja dovolj lesa za predelavo in tudi za njegovo energetska izrabo. Tradicionalno se les v Sloveniji energetska izrablja predvsem za ogrevanje gospodinjstev. Energetska izraba lesa ima pomemben ekonomski in socialen vidik, prispeva k večji energetska neodvisnosti države ter povečuje delež obnovljivih virov v energetska bilanci. Je tudi okoljsko pomembna, saj je les ogljično nevtralno gorivo in v veliki meri nadomešča fosilna goriva, ki so vir toplogrednih plinov. Za širšo javnost pa je verjetno manj poznan podatek iz državnih evidenc izpustov v zrak, ki jih pripravljamo na Agenciji za okolje. Te kažejo, da je kar dve tretjini vseh izpustov delcev PM<sub>10</sub> v Sloveniji posledica kurjenja lesa v povečini zastarelih kurilnih napravah gospodinjstev. Obvladovanje izpustov delcev, zaradi energetska izrabe lesa ob hkratnem upoštevanju ekonomskih, socialnih, energetska in drugih okoljska vidikov, je eden izmed osrednjih izzivov varstva zraka v Sloveniji.

Onesnažen zrak vpliva na zdravje in počutje ljudi bolj kot drugi okoljski vplivi, zato smo

v letošnjem poročilu s sodelovanjem strokovnjakov Nacionalnega inštituta za javno zdravje več poudarka namenili tem vidikom. Podatek, da bi lahko z zmanjšanjem ravni delcev v zraku na čezmerno onesnaženih območjih v Sloveniji podaljšali pričakovano življenjsko dobo za pol do enega leta, daje področju varstva zraka posebno težo.

Joško Knez  
Generalni direktor



## *Seznam kratic*

---

EU	Evropska unija
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
EEA	Evropska okoljska agencija
EIMV	Elektroinštitut Milan Vidmar
IJS	Institut Jožef Stefan
BF	Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani
EIS	Ekološki informacijski sistem
TE-TOL	Termoelektrarna Toplarna Ljubljana
TEB	Termoelektrarna Brestanica
TEŠ	Termoelektrarna Šoštanj
TET	Termoelektrarna Trbovlje
AMP	Avtomatska merilna postaja
DMKP	Državna merilna mreža za spremljanje kakovosti padavin
DMKZ	Državna merilna mreža za spremljanje kakovosti zunanjega zraka
EMEP	Evropski program za spremljanje in ocenjevanje v okviru Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja
WMO-GAW	Program Svetovne meteorološke organizacije za globalno spremljanje ozračja
NEC	Direktiva o nacionalnih zgornjih mejah emisij za nekatera onesnaževala zraka
WHO	Svetovna zdravstvena organizacija
US EPA	Agencija za okolje Združenih držav Amerike
AV	Alarmna vrednost
CV	Ciljna vrednost
MV	Mejna vrednost
OV	Opozorilna vrednost
EC/OC	Elementarni in organski ogljik
PM	Delci v zraku
PAH	Policiklični aromatski ogljikovodiki
BaP	Benzo(a)piren
KPI	Kazalnik povprečne izpostavljenosti



# *Povzetek*

---

Na Agenciji že več kot štiri desetletja upravljamo državno mrežo za spremljanje kakovosti zraka in padavin. Velik poudarek namenjamo obveščanju javnosti. Pripravljamo napovedi kakovosti zraka in izdajamo opozorila v primeru prevelike onesnaženosti. Rezultati meritev so objavljeni na svetovnem 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 so vključeni tudi podatki drugih institucij, ki spremljajo kakovost zraka v Sloveniji.

Kakovost zraka je eden izmed najpomembnejših vidikov stanja okolja. Onesnažen zrak vpliva na zdravje in počutje ljudi bolj kot drugi okoljski vplivi in velja za najpomembnejši zdravstveni problem povezan z onesnaževanjem okolja. V Sloveniji je bil v preteklosti z vidika kakovosti zraka največji problem žveplov dioksid, saj so ravni za več kot red velikosti presegle danes veljavne mejne vrednosti. Po izvedenih ukrepih v termoelektrarnah in industriji ter uvedbi goriv z nizko vsebnostjo žvepla, težav z žveplovim dioksidom nimamo več. Sedaj je v Sloveniji najbolj izražen problem onesnaženosti zraka zaradi čezmerne ravni delcev  $PM_{10}$  in ozona.

Slovenija se glede delcev uvršča med države Evropske unije z bolj onesnaženim zrakom in je v samem vrhu po izpustih delcev na prebivalca in tudi na enoto površine. Izpusti delcev v Sloveniji so predvsem rezultat močno razširjene uporabe lesa v zastarelih kurilnih napravah gospodinjstev. Visoke ravni delcev v zraku pa so tudi posledica neugodnih vremenskih razmer v slabo prevetrenih kotlinah in dolinah celinskega dela Slovenije, kjer lahko ob pogostih in izrazitih temperaturnih inverzijah že manjša gostota izpustov povzroči čezmerno onesnaženost zraka. Preseganja dnevni mejni vrednosti  $PM_{10}$  so praviloma omejena na hladni del leta, ko so meteorološke razmere za razredčevanje izpustov še posebej neugodne. Hkrati pa zrak pozimi 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 nizke zaradi boljše prevetrenosti, 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. Letna mejna vrednost za delce  $PM_{10}$  je bila po letu 2008 prekoračena le na merilnem mestu Ljubljana Center, ki je izpostavljeno izpustom prometa. V zadnjih petih letih je bilo dopustno število preseganj dnevne mejne vrednosti za delce  $PM_{10}$  preseženo vsaj enkrat na skoraj vseh stalnih merilnih mestih v urbanem okolju. Preseganj dopustnega števila dnevni mejni vrednosti nismo zabeležili na Primorskem, kjer je boljše prevetrenost kot v celinskem delu Slovenije, hkrati pa je potreba po ogrevanju manjša 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 merilnih mestih Velenje in Šoštanj. Tudi tam so meteorološke razmere neugodne, so pa zaradi razvitega sistema daljinskega ogrevanja iz TE Šoštanj, ki je nadomestil večino malih kurilnih naprav za ogrevanje stavb na tem območju, ravni delcev  $PM_{10}$  skladne s standardi kakovosti zraka.

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. Ocena vplivov na zdravje kaže, da bi se ob okvirni prepolovitvi ravni delcev v zraku na teh območjih, pričakovana življenjska doba prebivalstva podaljšala za pol do enega leta.

Leto 2014 je bilo bistveno manj onesnaženo z delci  $PM_{10}$  kot večina preteklih let. Dopustno število preseganj dnevne mejne vrednosti je bilo preseženo na merilnih mestih Ljubljana Center in Zagorje ter na dveh merilnih mestih v Celju. Za razliko od nekaterih prejšnjih let dopustno število preseganj dnevne mejne vrednosti ni bilo preseženo na merilnih mestih Hrastnik, Kranj, Ljubljana Bežigrad, Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Center, Murska Sobota Rakičan, Novo mesto in Žerjav. Na merilnih mestih Velenje, Nova Gorica, Koper in Iskrba tako v lanskem letu kakor v celotnem nizu meritev po letu 2007 ni bilo prekoračeno dopustno število preseganj dnevni mejnih vrednosti. Leto 2014 je prvo, ko od začetka meritev na nobenem merilnem mestu, tudi na postaji Ljubljana Center, ni bila presežena letna mejna vrednost za delce  $PM_{10}$ . Manjšo onesnaženost zraka v letu 2014 pripisujemo predvsem ugodnejšim vremenskim razmeram v tem letu.

Skladnost s standardi kakovosti zraka za delce  $PM_{2,5}$ , za katere je predpisana le letna mejna vrednost, je v specifičnih razmerah Slovenije lažje doseči. Pri nas se s povišanimi ravnmi 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 2014 na nobenem od štirih merilnih mest mejna vrednost za delce  $PM_{2,5}$  ni bila prekoračena.

Onesnaženost z ozonom ima v nasprotju z onesnaženostjo z delci izrazit regionalni značaj z velikim vplivom čezmejnega prenosa onesnaževal. Podatki meritev ravni ozona kažejo, da Slovenija sodi med bolj onesnažene države v Evropi. Dopustno število prekoračitev ciljne maksimalne 8 urne koncentracije za zaščito zdravja je bilo v zadnjih letih preseženo skoraj na vseh merilnih mestih. Izjema so le merilna mesta pod neposrednim vplivom izpustov prometa, kjer so ravni na omejenem območju nižje. Ravno tako so na reprezentativnih merilnih mestih presežene tudi ciljne vrednosti za zaščito vegetacije. Onesnaženost z ozonom je najvišja na Primorskem, ki je bolj pod vplivom čezmejnega transporta ozona in njegovih predhodnikov in ima bolj ugodne klimatske pogoje za tvorbo ozona z višjimi temperaturami in več sončnega obsevanja. V povprečju pa so v Sloveniji najvišje izmerjene ravni ozona na merilnem mestu na Krvavcu, kar je značilno za postaje v visokogorju.

V letu 2014 so bile ravni ozona nižje kot v preteklih letih. Kot v večini let alarmna urna vrednost ni bila presežena. V letu 2014 pa prvič od začetka rednih meritev ozona v Sloveniji ravni ozona niso presegle opozorilne vrednosti. Dopustno število prekoračitev 8-urne ciljne vrednosti je bilo izmerjeno le na Primorskem in višje ležečih merilnih mestih Krvavec, Kovk, Vnajnarje, Sveti Mohor

in Zavodnje. Nižje ravni ozona v letu 2014 so predvsem posledica za tvorbo ozona neugodnega poletja, ki je bilo hladnejše in bolj namočeno kot v zadnjih letih.

Onesnaženost zraka z dušikovim dioksidom je največja na merilnih mestih izpostavljenih cestnemu prometu, ki je največji vir dušikovih 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 2014, kot tudi v preteklih letih, ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Letna mejna vrednost ni bila prekoračena na nobenem merilnem mestu.

Po onesnaženosti zraka z benzo(a)pirenom je Slovenija nekoliko nad povprečjem držav Evropske Unije. Ravni so bistveno višje pozimi zaradi neugodnih meteoroloških pogojev in izpustov malih kurilnih naprav. Ravni benzo(a)pirena v urbanem okolju (merilni mesti Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor Center) sta bili v letu 2014 blizu ciljni vrednosti, medtem ko je bila raven na merilnem mestu Iskrba bistveno nižja.

V letu 2014 je bila na merilnih mestih v Sloveniji izmerjena le ena prekoračitev urne mejne vrednosti za žveplov dioksid, ki je bila zabeležena na merilnem mestu Gaji v Celju. 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, ogljikovega monoksida in težkih kovin so pod mejnimi oziroma ciljnim vrednostmi. Povprečna letna raven benzena na merilnem mestu mestnega ozadja Ljubljana Bežigrad in na prometnem merilnem mestu Maribor Center je v letu 2014, znašala manj kot tretjino mejne vrednosti. Najvišja izmerjena raven ogljikovega monoksida se na nobenem merilnem mestu ni niti približala mejni vrednosti. Izmerjene ravni arzena, kadmija, niklja in svinca v PM<sub>10</sub> so pod mejnimi oziroma ciljnim vrednostmi. Nekoliko povišane so le ravni svinca na merilnem mestu Žerjav v Mežiški dolini, kjer je okolje onesnaženo s svincem zaradi dolgoletnega pridobivanja in predelave te kovine. Na tem merilnem mestu je bila raven svinca v zraku v letu 2014 malo nad polovico mejne vrednosti.

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

Povzetek rezultatov meritev kakovosti na posameznih merilnih mestih v letu 2014, s poudarkom na skladnosti z mejnimi in ciljnim vrednostmi, je prikazan v tabeli 1. Tabela prikazuje tudi okvirne ravni kakovosti zraka. Pri tem so kot kriteriji izbrane mejne ali ciljne vrednosti ter spodnji in zgornji ocenjevalni pragovi. Spodnji in zgornji ocenjevalni pragovi se sicer uporabljajo pri večletni analizi onesnaženosti zraka z namenom določitve števila potrebnih merilnih mest. Posredno pa lahko ta dva pragova uporabimo za okvirne ocene onesnaženosti zraka.





## *Summary*

---

Air quality is an important indicator of the state of the environment. Moreover, air quality has more pronounced influence on the health and human well-being than any other environmental aspect. A few decades ago the main air quality issue in Slovenia were extreme sulphur dioxide levels. Due to the abatement measures in power plants and industry and after the introduction of low sulphur fuels, levels of sulphur dioxide dropped drastically. Nowadays, the most important air quality issues in Slovenia are elevated PM<sub>10</sub> and ozone levels.

Slovenia is one of the countries with the highest PM<sub>10</sub> levels in Europe. PM<sub>10</sub> emissions per capita and per land area are also among the highest in the European Union. High emissions are due to the widespread use of wood for domestic heating in technically outdated stoves and boilers. Low-wind conditions and pronounced long-lasting temperature inversions are frequent in the colder part of the year in basins and valleys across continental Slovenia. These unfavorable meteorological conditions significantly contribute to elevated PM<sub>10</sub> levels. In the last five years PM<sub>10</sub> levels at most urban monitoring stations exceeded the allowed number of exceedances in continental Slovenia. However, there were fewer exceedances in the Primorska region (Mediterranean part of Slovenia) where low wind and stable atmospheric conditions are much less frequent. Levels during winter are much higher than in the warmer part of the year also because of wood combustion in domestic heating appliances. After 2008 the yearly limit value for PM<sub>10</sub> was exceeded only at the monitoring site Ljubljana Centre that is under the direct influence of traffic. Due to lower PM levels in the warmer part of the year, the yearly limit value for PM<sub>2,5</sub> has never been exceeded at any of the monitoring sites.

The Slovenian government, in cooperation with the local communities, has prepared air quality plans as a response to the exceedances of the PM<sub>10</sub> daily limit value. Those plans were prepared for the municipalities of Celje, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto and for the municipalities in Zasavje region Hrastnik, Trbovlje and Zagorje. These plans focus mainly on the reduction of emissions due to residential heating and road transport. It was estimated that the reduction of PM levels to approximately half of the current values in those municipalities would result in the increase in population life expectancy ranging from half to nearly one year.

PM<sub>10</sub> levels in 2014 were lower than in the previous years. This is attributed mainly to favourable meteorological conditions. The number of days that exceeded the daily limit value was higher than the allowed 35 only at Ljubljana Centre, Zagorje and two monitoring sites in Celje. 2014 was the first year when the yearly limit value was not exceeded at any monitoring site. The yearly limit value for PM<sub>2,5</sub> was not exceeded either.

Ozone pollution is predominantly a regional issue. In Slovenia ozone pollution is characterized by pronounced influence of the trans-boundary pollution which classifies Slovenia as one of the most ozone affected countries in Europe. The maximum daily eight-hour mean value for the protection of human health was exceeded at most monitoring site. Lower concentrations were measured at the sites, which are under direct influence of traffic. The AOT40 value for vegetation protection was also exceeded at all representative monitoring sites. The highest concentrations were measured in Primorska region, which is significantly influenced by trans-boundary pollution. The highest yearly average concentrations were measured at high altitude monitoring sites (eg. Krvavec).

In 2014 ozone levels were lower than in the previous years. 2014 was the first year without exceedances of the information threshold since the beginning of measurements in Slovenia. The allowed number of the exceedances of the maximum daily eight-hour mean value was exceeded only in the Primorska region, which belongs to the Mediterranean part of Slovenia and at elevated monitoring sites.

Nitrogen dioxide levels are the highest at traffic monitoring sites because road transport is the main source of nitrogen oxides. Elevated nitrogen dioxide levels are an issue especially in large cities and agglomerations. With respect to nitrogen dioxide Slovenia is classified as one of the less polluted countries in Europe. In the last years the yearly limit value was exceeded only at the traffic monitoring site Ljubljana Center, while the daily limit value was not exceeded at any of the monitoring sites. 2014 was the first year without exceeded yearly limit value for nitrogen dioxide.

In Slovenia, the yearly benzo(a)pyrene levels are above the European average. In 2014 the average concentrations were close to the target value at the urban monitoring sites Ljubljana Biotehniška fakulteta and Maribor Center. As expected the yearly level at the remote station Iskrba was much lower.

In 2014 the hourly limit value for sulphur dioxide was exceeded only once at the station Gaji near Celje. The European legislation allows 24 exceedances of the hourly limit value per year. The yearly levels in Slovenia were substantially below the limit value at all stations.

Benzene, carbon monoxide and heavy metal concentrations were below their limit or target values at all monitoring sites in Slovenia. Average yearly benzene concentrations were lower than one third of the limit value at the urban background monitoring site Ljubljana Bežigrad and at the traffic monitoring site Maribor Center. The maximum concentration of carbon monoxide was far below the limit value. Yearly average concentrations of arsenic, cadmium, nickel and lead in PM<sub>10</sub> were much lower than their target or limit values, too. The only exception was the average concentration of lead in Žerjav which was about one third below the limit value. The surroundings of Žerjav is contaminated with lead because of the long lasting mining and processing of lead in the past.

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. The levels of precipitation pollution in Slovenia are lower than in most parts of Europe.

The outline of the pollution levels in 2014 is presented in table 1. The colors denote the pollution levels related to the limit or target values as well as the upper and the lower assessment thresholds.





# 1. *Uvod*

---

Ozračje je plast plinov, ki obdaja naš planet. Suhi del zraka sestavljajo predvsem dušik, ki ima 78 % volumski delež, kisik z 21 % deležem ter argon, ki ga je v ozračju v povprečju nekaj manj kot 1 %. Drugih plinov skupaj je v ozračju bistveno manj kot 1 %. Zrak vsebuje tudi do 4 % vodne pare, katere vsebnost je navadno večja v toplejših zračnih masah. V zraku se zadržujejo tudi delci, ki so lahko v trdnem ali tekočem stanju. Zrak omogoča dihanje ter fotosintezo kopenskim živalim in rastlinam. Onesnaževala zraka so tiste snovi, ki škodljivo vplivajo na človeka ali na okolje. Mednje sodijo plini kot so na primer dušikovi in žvepovi oksidi ter ozon. Med onesnaževala zraka uvrščamo tudi delce različne velikosti, sestave in agregatnega stanja, ki lebdijo v zraku.

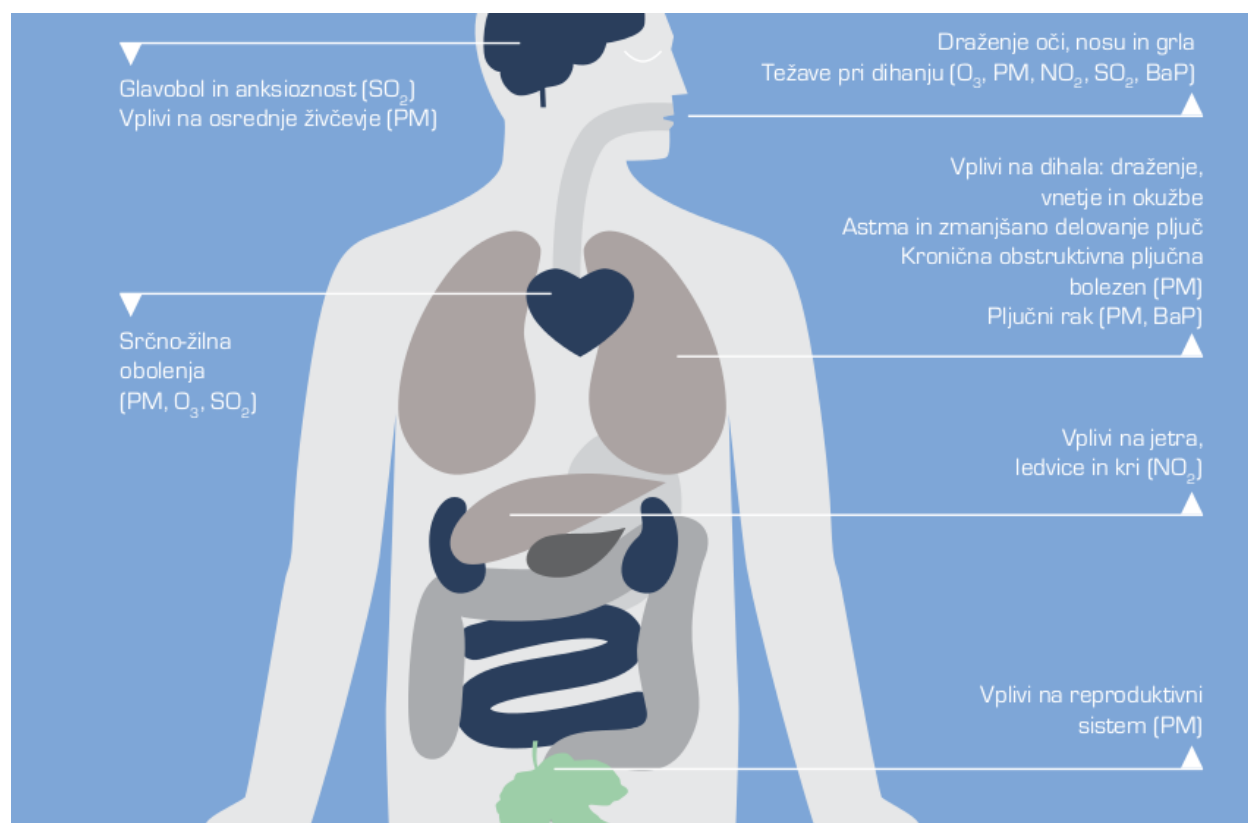
Onesnaženost zraka je predvsem posledica človekove dejavnosti, kakovost zraka pa lahko poslabšajo tudi naravni viri, kot so na primer izbruhi ognjenikov ali požari v naravi. Nekatera onesnaževala v zrak neposredno sproščajo viri onesnaževanja. Druga, tako imenovana sekundarna onesnaževala, kot na primer ozon, pa nastajajo v ozračju kot produkt zapletenih kemičnih procesov. Onesnaževala zraka lahko zaradi gibanja zračnih mas prepotujejo velike razdalje ter vplivajo na človeka in okolje daleč od mesta njihovega izpusta.

Kakovost zraka je eden izmed najpomembnejših vidikov stanja okolja. Škodljive snovi iz zraka predvsem preko dihalnih organov prehajajo v telo in na kompleksen način vplivajo na procese v človeku (slika 1.1, tabela 1.1). Onesnažen zrak vpliva na zdravje in počutje ljudi bolj kot drugi okoljski vplivi in velja za najpomembnejši zdravstveni problem povezan z onesnaževanjem okolja. Predstavlja tveganje za zdravje, ki se mu praktično ni možno izogniti. V Evropi je okoli 90 odstotkov mestnega prebivalstva izpostavljenega čezmernim vrednostim delcev, dušikovih oksidov, ozona in benzena v zunanjem zraku [1].

Po oceni Svetovne zdravstvene organizacije (WHO) je onesnažen zrak v Evropi v letu 2012 povzročil več kot 400.000 prezgodnjih smrti [2, 3]. Najpogostejši vzroki prezgodnje smrti, povezani z onesnaženostjo zraka, so bolezni srca in srčna kap (80 odstotkov primerov), sledijo bolezni pljuč in pljučni rak [2]. Poleg prezgodnjih smrti onesnažen zrak zvišuje pogostnost zbolevanja za številnimi boleznimi dihal, srčno-žilnimi boleznimi in pljučnim rakom. Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) je onesnažen zunanji zrak leta 2013 uvrstila med kancerogene dejavnike za ljudi. S povečano pojavnostjo raka je najtesneje povezana onesnaženost zraka z delci (PM). Izpostavljenost z delci onesnaženemu zraku povzroča nastanek pljučnega raka in je povezana s povečanim tveganjem za nastanek raka na mehurju [4].

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

[5]. Po podatkih WHO lahko izpostavljenost onesnaženemu zraku med nosečnostjo med drugim povzroči zmanjšano rast plodu, prezgodnje rojstvo in spontani abortus [6, 7]. Obstajajo indikacije, 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) [8]. Pomembno se je zavedati, da je delež ljudi, na katere ima onesnažen zrak manjše učinke, bistveno večji od deleža ljudi z močnim zdravstvenim odzivom na onesnažen zrak (slika 1.2).

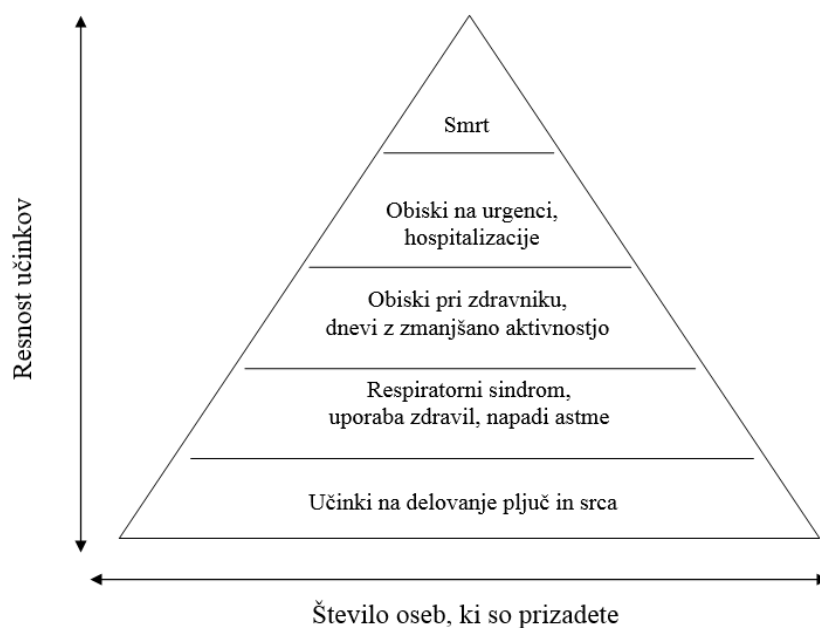


Slika 1.1: Vpliv onesnaževal na človeka [9].

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 62 % površine EU izpostavljene evtrofikaciji, vključno z 71 % ekosistemov na območjih Natura 2000. Onesnažen zrak zmanjšuje pridelke v kmetijstvu in škodljivo vpliva na gozdove, škoduje pa tudi zgradbam in drugim konstrukcijam.

Ekonomski vidik onesnaženosti zraka se zrcali v naraščajočih stroških medicinske oskrbe in zmanjšanju produktivnosti zaradi bolezni. 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 [10]. Kljub bistvenemu zmanjšanju onesnaženosti zraka v zadnjih 50 letih je izboljšanje kakovosti zraka še vedno eden izmed osrednjih ciljev okoljskih politik.

Onesnaženost zraka in podnebne spremembe sta različna, a povezana problema. Toplogredni



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

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 ošračju pa je le nekaj dni ali tednov. Kljub temu nekatera onesnaževala zraka vplivajo na podnebje, nekatera prispevajo k ohlajanju ozračja, druga pa povzročajo njegovo 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 pa tudi nasprotja med reševanjem teh dveh problemov, kot na primer uporaba lesa v energetske namene. Les je CO<sub>2</sub> nevtralno gorivo, povzroča pa lahko visoke izpuste delcev, še posebej ob uporabi v zastarelih malih kurilnih napravah v gospodinjstvih.

Onesnažen zrak ne pozna meja, zato je bilo področje varstva zraka ena izmed okoljskih politik, kjer so se najprej začeli procesi usklajevanja med državami članicami EU. Tako so standardi kakovosti zraka enotno urejeni za vse države članice EU. Določata jih sedaj veljavne Evropska Direktiva 2008/50/ES o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo [11] ter Direktiva 2004/107/ES o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih [12] v zunanjem zraku. Tako so določene 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 treba doseči v določenem roku, ko pa se ta doseže, se ne sme več preseči. Ciljna vrednost je raven, določena s ciljem izogniti se škodljivim učinkom na zdravje ljudi oziroma okolje, jih preprečiti ali zmanjšati in ki jo je treba, če je to mogoče, doseči v določenem času. V primeru neskladnosti z mejnimi vrednostmi morajo pristojne oblasti pripraviti in izvajati načrt za izboljšanje kakovost zraka. V primeru neskladnosti s ciljnimi vrednostmi pa so zahteve za urepanje blažje. Mejne in ciljne vrednosti so postavljene ob upoštevanju priporočil WHO, a so v nekaterih primerih nekoliko višje. Za varstvo rastlin so določene ciljne in 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 [13]. Pri preseženi alarmni vrednosti pa je tveganje za zdravje ljudi že tolikšno, da se zahteva takojšnje ukrepanje.

Zakonodaja predpisuje mejne vrednosti za delce PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub>, žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>), ogljikov monoksid (CO), dušikov dioksid (NO<sub>2</sub>) ter svinec (Pb) in benzen (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>). Ciljne vrednosti so predpisane za onesnaževala ozon (O<sub>3</sub>), arzen, kadmij, nikelj in benzo(a)piren. Kritične vrednosti so predpisane za dušikove okside in žveplov dioksid. Opozorilna vrednost je predpisana za ozon, alarmne vrednosti pa za dušikov dioksid, žveplov dioksid in ozon.

V primeru prekoračenih mejnih vrednosti direktiva [11] zahteva pripravo načrtov za izboljšanje kakovost zraka. Tako je za doseganje skladnosti z mejnimi vrednostmi za delce PM<sub>10</sub> Vlada Republike Slovenije v sodelovanju z lokalnimi skupnostmi pripravila Načrte za kakovost zunanjega zraka za mestne občine Celje [14], Kranj [15], Ljubljano [16], Maribor [17], Mursko Soboto [18], Novo mesto [19] ter Zasavske občine Hrastnik, Trbovlje in Zagorje [20]. 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 na nivoju EU določata tudi načine ocenjevanja kakovosti zraka za ugotavljanje skladnosti 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 [13], Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka [21] in Uredbo o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [22]. Ti uredbi in pravilnik so skupaj z drugimi predpisi s področja ocenjevanja in upravljanja s kakovostjo zraka zbrani na spletnem naslovu ministrstva pristojnega za okolje.

Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka določa, da v Sloveniji ocenjevanje kakovosti zraka zagotavlja Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). Na ARSO smo ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka v letu 2014 izvajali v skladu s Programom ocenjevanja kakovosti zunanjega zraka za obdobje 2012-2014, ki je dostopen na spletni strani ARSO.

Poleg meritev, namenjenih ugotavljanju skladnosti s standardi kakovosti zraka, ARSO izvaja tudi meritve programa EMEP, ki deluje v okviru Konvencije o prenosu onesnaženja na velike razdalje preko meja [23] 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 ARSO sproti objavlja na spletu. Izdaja 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 2014 in za ilustracijo trendov onesnaženosti zraka tudi rezultate meritev iz prejšnjih obdobj. Podajamo tudi podatke o izpustih onesnaževal iz državnih evidenc onesnaževal zraka, ki jih vodimo na ARSO. Pripravili smo



tudi primerjave izpustov onesnaževal zraka in kakovosti zraka v Sloveniji s stanjem v drugih državah EU. Osredotočili smo se predvsem na onesnaževala, ki imajo predpisane mejne ali ciljne vrednosti, vključili pa smo tudi rezultate spremljanja kakovosti padavin, ki prispevajo k vnosu škodljivih snovi v vode in tla. Pomembna novost letošnjega poročila je predstavitev kvantitativne ocene posledic za zdravje prebivalcev Slovenije zaradi povišanih ravni delcev v zraku, ki so jo pripravili sodelavci Nacionalnega inštituta za javno zdravje.

**Tabela 1.1:** Vplivi onesnaževal na zdravje [24].

<b>DELCI (PM)</b>
Rezultati epidemioloških raziskav kažejo, da ima največji vpliv na zdravje onesnaženost zraka z delci (PM). Študije kažejo na povezave med onesnaženostjo z delci PM <sub>2,5</sub> in smrtnostjo še daleč pod vrednostjo, ki jo kot priporočeno navaja WHO (10 µg/m <sup>3</sup> ). Poročilo WHO povezuje dolgotrajno izpostavljenost delcem PM <sub>2,5</sub> s prezgodnjimi smrtmi zaradi srčno-žilnih in pljučnih bolezni in povečano obolevnostjo npr. za boleznimi dihal pri otrocih.
<b>OZON (O<sub>3</sub>)</b>
Izpostavljenost ozonu lahko vpliva na pogostnost obolevanja za astmo, poslabša resnost bolezni in razvoj pljučnih funkcij. Vpliva lahko tudi na smrtnost. Zadnje epidemiološke raziskave nakazujejo, da je vpliv ozona na smrtnost večji kot je to veljalo do sedaj.
<b>DUŠIKOVI OKSIDI (NO<sub>x</sub>)</b>
Številne raziskave objavljene v zadnjem desetletju navajajo povezave med izpostavljenostjo dušikovim oksidom in smrtnostjo zaradi vseh vzrokov ter smrtnostjo zaradi srčno-žilnih bolezni in boleznimi dihal ter obolevnostjo dihal.
<b>POLICIKLIČNI AROMATSKI OGLJIKOVODIKI (PAH)</b>
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 smrtnostjo za kardiovaskularnimi boleznimi.
<b>ŽVEPLOVI OKSIDI (SO<sub>x</sub>)</b>
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.
<b>OGLJIKOV MONOKSID (CO)</b>
Izpostavljenost ogljikovemu monoksidu lahko vodi v boleznimi srca in poškodbe živčnega sistema. Povzroči lahko tudi glavobol, omotico in utrujenost.
<b>ARZEN (As)</b>
Anorganski arzen je za človeka rakotvoren. Pri vdihovanju lahko povzroča raka pljuč.
<b>KADMIJ (Cd)</b>
Kadmij in njegove spojine so kancerogene. Vdihovanje kadmija pri nekadilcih predstavlja le minimalni del celotne izpostavljenosti, njegova prisotnost v zraku pa je lahko pomembna zaradi posedanja na tla in s tem zaužitja s hrano.
<b>SVINEC (Pb)</b>
Svinec lahko prizadene skoraj vse organe in sisteme, še posebej pa to velja za živčni sistem in obtočila. Pri otrocih lahko vpliva na razvoj možganov, pri odraslih pa izpostavljenost svincu lahko povzroči povišan krvni tlak.
<b>ŽIVO SREBRO (Hg)</b>
Izpostavljenost živemu srebru lahko negativno vpliva na jetra, ledvice, prebavila in dihala. Škodljivo lahko vpliva tudi na centralni živčni sistem.
<b>NIKELJ (Ni)</b>
Nikelj in številne njegove spojine so kancerogene, ima pa tudi druge učinke na zdravje. Vpliva lahko npr. na delovanje žlez.
<b>BENZEN (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</b>
Benzen je rakotvorna snov, ki lahko povzroči levkemijo. Lahko škoduje plodu, vpliva na kri (povzroča slabokrvnost in pretirano krvavenje) in imunski sistem (zmanjšuje odpornost pred infekcijami).



## 2. Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka

---

Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka se lahko izvaja na osnovi rezultatov meritev na stalnih merilnih mestih, indikativnih meritev ali modeliranja kakovosti zraka ter objektivnih ocen. Za meritve na stalnih merilnih mestih so predpisane stroge zahteve za kakovost in razpoložljivost rezultatov meritev, indikativne meritve pa je mogoče izvajati s preprostejšimi metodami in/ali z manjšo časovno pokritostjo. Način ocenjevanja kakovosti zraka je odvisen od onesnaženosti posameznega območja. Uredba o kakovosti zunanjega zraka [13] za posamezno onesnaževalo določa spodnji in zgornji ocenjevalni prag. Če so ravni onesnaženosti posameznega onesnaževala pod spodnjim ocenjevalnim pragom, za ocenjevanje kakovosti zraka zadostujejo objektivne ocene ali modeliranje. Če so ravni onesnaženosti nad spodnjim ocenjevalnim pragom, so v posameznem območju ali aglomeraciji obvezne meritve na stalnih merilnih mestih. V primeru, da je onesnaženost zraka večja od zgornjega ocenjevalnega praga, so zahteve za najmanjše število 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 bila v letu 2014 po Uredbi o kakovosti zunanjega zraka za potrebe ocenjevanja kakovosti zraka razdeljena na štiri območja in dve aglomeraciji.

**Tabela 2.1:** Definicija območij in aglomeracij v Sloveniji.

Območje/aglomeracije	Združene statistične enote
SI1	Pomurska in Podravska brez območja mesta Maribor
SI2	Koroška, Savinjska, Zasavska in Spodnjesavska
SI3	Gorenjska, Osrednjeslovenska in Jugovzhodna Slovenija brez območja mesta Ljubljana
SI4	Goriška, Notranjsko-Kraška in Obalno-Kraška
SIL	Območje mesta Ljubljana
SIM	Območje mesta Maribor

V letu 2014 smo za ocenjevanje kakovosti zraka uporabljali meritve na stalnih merilnih mestih, ki smo jih za analize epizod onesnaženosti dopolnjevali z rezultati modeliranja kakovosti zraka.

### 2.1 Meritve na stalnih merilnih mestih

Meritve ravni onesnaževal na stalnih merilnih mestih so se v Sloveniji začele že leta 1968. Avtomatski merilniki onesnaženosti zraka so se začeli uvajati v okviru državne mreže ANAS (analitično-nadzorni alarmni sistem) v začetku sedemdesetih let. V prvem obdobju delovanja državne mreže je bil največji

poudarek namenjen meritvam ravni žveplovega dioksida. Kasneje se je merilna mreža počasi širila in nadgrajevala z meritvami večjega nabora onesnaževal.

Državno merilno mrežo za spremljanje kakovosti zunanjega zraka (DMKZ) upravlja ARSO. V letu 2014 jo je sestavljalo 18 merilnih mest, s katerimi zagotavljamo osnovne podatke o kakovosti zraka v Sloveniji. Poleg meritev v okviru DMKZ na stalnih merilnih mestih, potekajo meritve za spremljanje vpliva nekaterih večjih energetskih 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), cementarn Lafarge Cement in Salanit Anhovo ter mestnih občin Ljubljana, Maribor in Celje.

Podatki o merilnih mestih, na katerih spremljamo ravni onesnaževal in meteorološke parametre, so podani v tabeli 2.2 in 2.5 in prikazani na sliki 2.1. Lokacije merilnih mest v okviru DMKZ so bile izbrane v skladu z določili Pravilnika o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka [21]. Za vsako merilno mesto je podana nadmorska višina, geografske koordinate, tip merilnega mesta, tip in značilnosti območja ter geografski opis (tabela 2.2). Pri tej določitvi so upoštevana določila Evropske okoljske agencije [25]. Merilna mreža kakovosti zraka DMKZ je bila v letu 2014 po številu postaj, njihovi lokaciji in naboru merjenih parametrov enaka kot v letu 2013.

Merilna mesta mestnega ozadja 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 v ozkem pasu ob prometnih cestah. Te lokacije so praviloma bolj obremenjene zaradi večje gostote izpustov iz prometa v neposredni bližini. 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 MS Rakičan uvrščamo v tip podeželskega/primestnega 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 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 prenosa onesnaževal. 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 prenos onesnaževal ter posledično zakisljevanje in evtrofikacijo. Merilno mesto Krvavec pa je del programa WMO-GAW. 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. Zahteva se uporaba standardiziranih referenčnih metod, ki jih navaja direktiva o kakovosti zraka [21]. Druge metode se lahko uporabljajo le, če je bila s preskusi 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 ena ura ali manj. Referenčna metoda za delce PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> 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 zbranih na filtrih, kjer

se v laboratoriju analizira njihova vsebnost v delcih. Meritve delcev  $PM_{10}$  na nekaterih postajah vzporedno z referenčno metodo izvajamo tudi z avtomatsko metodo. Avtomatska metoda je sicer manj točna, vendar so podatki na voljo v realnem času in z večjo časovno ločljivostjo. Podatke z avtomatskih merilnikov delcev  $PM_{10}$  DMKZ uporabljamo predvsem za obveščanje javnosti in analize obdobj s prekomerno onesnaženostjo in ne za določanje skladnosti z mejnimi vrednostmi. 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, so v letu 2014 potekale na štirih merilnih mestih, ki so enakomerno razporejena po Sloveniji. V tabeli 2.3 je podan opis teh merilnih mest. Merilna mesta so v podeželskem okolju (Iskrba, MS Rakičan, Rateče, Škocjan). Zaradi gradnje prizidka ARSO meritev na merilnem mestu Ljubljana Bežigrad v letu 2014 nismo izvajali.

ARSO ima status nacionalnega referenčnega laboratorija za področje kakovosti zunanjega zraka in sodeluje v evropskem združenju AQUILA – mreži nacionalnih referenčnih laboratorijev za kakovost zraka. Redno sodelujemo 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 [26]. Kemijske analize delcev in padavin, z izjemo določanja živega srebra, izvajamo v laboratoriju ARSO. Za meritve težkih kovin in policikličnih organskih ogljikovodikov v delcih, ki imajo predpisane ciljne vrednosti, je laboratorij akreditiran pri Slovenski akreditaciji. Poleg kemijskih analiz je laboratorij akreditiran tudi za meritve delcev  $PM_{10}$  in  $PM_{2,5}$ . Postopki, uporabljeni standardi in merilna oprema so navedeni v Poročilu o kakovosti zraka v Sloveniji v letu 2012 [26]. Obseg akreditacije Kemijsko analitskega laboratorija je naveden na spletnem mestu Slovenske akreditacije.

**Tabela 2.2:** Nadmorska višina (NV), Gauss-Kruegerjevi koordinati (GKK<sub>y</sub>, GKK<sub>x</sub>), tip merilnega mesta, tip območja in značilnosti območja za stalna merilna mesta kakovosti zraka v letu 2014.

Kraj	NV	GKK <sub>y</sub>	GKK <sub>x</sub>	Tip m.mesta	Tip območja	Značilnost območja
<b>DMKZ</b>						
Ljubljana Bežigrad	299	462673	102490	B	U	RC
Ljubljana BF	297	459457	100591	B	U	R
Maribor	270	550305	157414	T	U	RC
Maribor Vrbanski plato*	280	548451	158494	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
Murska Sobota 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
<b>OMS MO Ljubljana</b>						
Ljubljana Center	300	461919	101581	T	U	RC
<b>EIS-TEŠ</b>						
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
<b>EIS-TET</b>						
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
<b>Lafarge Cement</b>						
Zelena trava	467	502393	109693	I	R	A
<b>EIS-TEB</b>						
Sv.Mohor	390	537299	93935	B	R	A
<b>EIS-TE-TOL</b>						
Vnajnarje	630	474596	100884	I	R	A
<b>MO Celje</b>						
AMP Gaji	240	522888	122129	B	U	IC
<b>MO MARIBOR</b>						
Maribor Vrbanski plato	280	548452	158497	B	U	R
Maribor Pohorje	725	544682	148933	B	R	A
<b>EIS ANHOVO</b>						
Morsko	130	394670	104013	B	R	AI
Gorenje Polje	120	393887	103094	B	R	AI

Tip merilnega mesta: B=ozadnje (background), T=prometno (traffic), I=industrijsko

Tip območja: U=mestno (urban), S=predmestno (suburban), R=podeželjsko (rural), NC=nacionalno, REG=regionalno

Začilnosti območja: R=stanovanjsko (residential), C=poslovno (commercial), I=industrijsko, A=kmetijsko (agricultural), N=naravno

\* Z merilnim mestom ne upravlja ARSO

**Tabela 2.3:** Nadmorska višina in koordinate merilnih mest za meritve kakovosti padavin v DMKP.

DMKP			
Kraj	NV	GKK <sub>y</sub>	GKK <sub>x</sub>
Iskrba	540	489292	46323
MS Rakičan	188	591591	168196
Rateče	864	401574	151142
Škocjan	420	421891	58228

**Tabela 2.4:** Nabor meritev za ugotavljanje kakovosti padavin na merilnih mestih DMKP.

DMKP						
Kraj	Količina padavin	pH	Električna prevodnost	Osnovni kationi in anioni	Težke kovine	PAH
Iskrba	+	+	+	+	+	+
MS Rakičan	+	+	+	+		
Rateče	+	+	+	+		
Škocjan	+	+	+	+		
Ioni	Osnovni kationi in anioni: Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , NH <sup>4+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 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					

**Tabela 2.5:** Meritve onesnaževal in meteoroloških parametrov na stalnih merilnih mestih v letu 2014.

Kraj	žveplov dioksid SO <sub>2</sub>	ozon O <sub>3</sub>	dušikovi oksidi NO <sub>2</sub> NO <sub>x</sub>	delci PM <sub>10</sub>	delci PM <sub>2,5</sub>	ogljikov monoksid CO	lahko- hlapni ogljiko- vodiki	težke kovine in PAH v PM <sub>10</sub>	žveplove in dušikove spojine anorganski ioni	težke kovine in ioni v PM <sub>2,5</sub>	EC/ OC v PM <sub>2,5</sub>	živo srebro Hg	meto param.
DMKZ													
LJ Bežigrad	+	+	+	+		+	+						+
LJ Biotehniška fak.				+	+			+		+	+		
Maribor	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+
MB Vrbanski plato*					+					+	+		
Kranj				+									
Novo mesto				+									+
Celje	+	+	+	+									+
Trbovlje	+	+	+	+		+							+
Zagorje	+	+	+	+									+
Hrastnik	+	+		+									+
Nova Gorica		+	+	+									+
Koper		+		+									+
MS Rakičan		+	+	+									+
Žerjav				+				***					
Krvavec		+				+							+
Iskrba	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+
Otlica		+											+
Velenje*				+									
OMS MO LJUBLJANA													
Ljubljana 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 plato		+	+	+									+
MB Pohorje		+											
MO Celje													
AMP Gaji	+		+	+									
EIS ANHOVO													
Morsko				+									
Gorenje Polje				+									

PM<sub>10</sub>

PM<sub>2,5</sub>

PAH

Težke kovine

\*\*

\*

delci z aerodinamičnim premerom do 10 μm

delci z aerodinamičnim premerom do 2,5 μm

polciklični aromatski ogljikovodiki v delcih PM10

arzen, kadmij, nikelj in svinec v delcih PM10 in PM2.5

samo analiza težkih kovin

Z merilnim mestom ne upravlja ARSO

Meteorol. parametri:

temperatura zraka v okolici

hitrost vetra

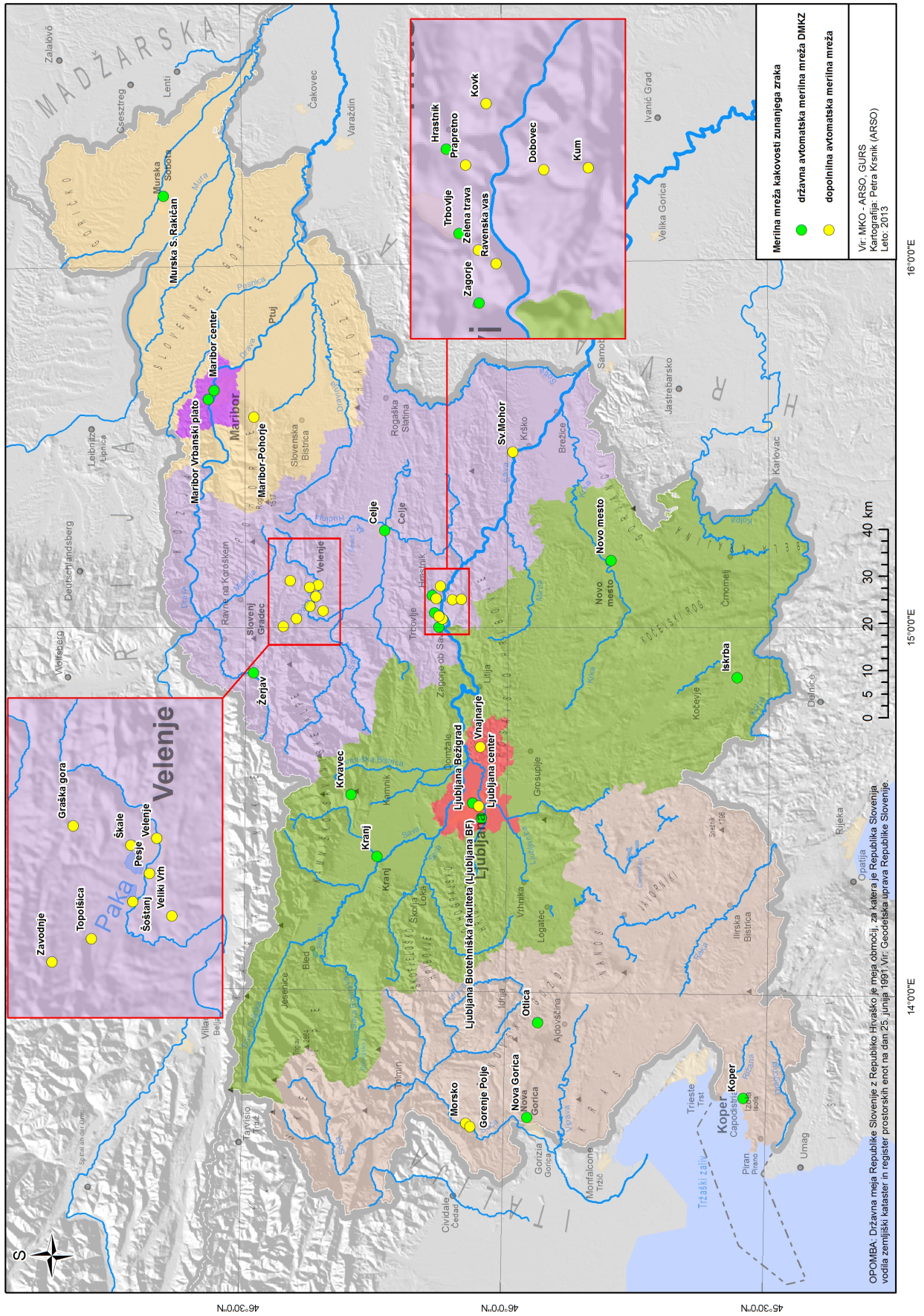
smer vetra

relativna vlažnost zraka

zračni tlak (se ne meri na Iskrbi)

globalno sončno sevanje





Slika 2.1: Merilna mreža kakovosti zunanjega zraka.

## 2.2 Modeliranje onesnaženosti zraka z modelom CAMx

Z disperzijskimi modeli opisujemo fizikalne in kemijske procese, ki vplivajo na raven onesnaževal v ozračju. Zapletenejši disperzijsko-fotokemični modeli, poleg prenosa in razredčevanja izpustov v zraku, upoštevajo tudi kemične pretvorbe snovi v ozračju, ki so bistvenega pomena za ravni nekaterih onesnaževal, na primer ozona. Za modeliranje kakovosti zraka potrebujemo podatke o izpustih in podatke o vetrovnem polju ter turbulenci v ozračju. Pri ocenjevanju kakovosti zraka modeliranje pomembno dopolnjujejo meritve. Z meritvami praviloma dobimo točkovne podatke o koncentracijah onesnaževal, medtem ko z modeliranjem lahko pridobimo podatke o prostorski porazdelitvi onesnaženosti. Poleg tega lahko z modeliranjem prepoznamo in ovrednotimo tudi prispevek izbranih virov k onesnaženosti zraka ali ovrednotimo vpliv scenarijev zmanjševanja izpustov.

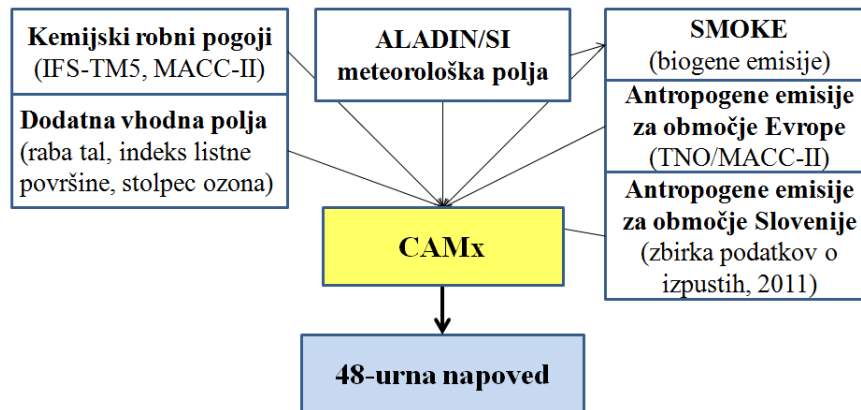
Za podporo napovedovanju koncentracij ozona in delcev na področju Slovenije ter za analizo vzrokov čezmerne onesnaženosti zraka je ARSO v sodelovanju s Fakulteto za matematiko in fiziko sestavila modelski sistem, v katerem je disperzijsko-fotokemični model CAMx (The Comprehensive Air quality Model with Extensions) sklopljen z operativnim meteorološkim modelom ALADIN/SI.

### 2.2.1 Modelski sistem ALADIN/SI-CAMx

Model CAMx je US Environmental Protection Agency – Agencija Združenih držav za varstvo okolja (US EPA) odobrila za modeliranje ozona in delcev v različni časovni in prostorski ločljivosti. Najpomembnejši vhodni podatki modela CAMx so meteorološka polja, ki jih v okviru modelskega sistema ALADIN/SI-CAMx dobimo iz operativnega meteorološkega modela ALADIN/SI. Gre za polja zračnega tlaka, temperature zraka, vetra, specifične vlage, oblačne vode, padavinske vode, snežne vode, količine padajočih ledenih kristalov, optične debeline oblakov, koeficienta vertikalne turbulentne difuzivnosti in temperature tal. Za zagon model CAMx potrebuje še nekatera druga vhodna polja, kot so podatki o izpustih, izbrane geografske spremenljivke (raba tal, indeks listne površine), skupna količina ozona v ozračju ter podrobne informacije o ravneh onesnaževal ob začetnem času računanja (rezultati predhodnih zagonov modela CAMx) in na robovih računskega območja (operativna polja globalnega modelskega sistema IFS-TM5). Izhodni podatki iz modela so polja ravni in depozicij za posamezna onesnaževala (NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> itd.). Poenostavljeno shemo modelskega sistema prikazuje slika 2.2.

### 2.2.2 Računsko območje

Izbira računskega območja ter prostorske in časovne ločljivosti modela CAMx je neposredno odvisna od nastavitve operativnega meteorološkega modela ALADIN/SI, hkrati pa je močno pogojena s časovno zahtevnostjo računskih procesov. V ta namen smo uporabili postopek gnezdenja, v katerem imamo dve računski območji. Zunanje računsko območje sestavlja 135x135 računskih celic z ločljivostjo 13,2 km. Horizontalna ločljivost notranjega (gnezdenega) računskega območja z 185x167 računskimi celicami je 4,4 km in je enaka ločljivosti operativnega modela ALADIN/SI. Modelske točke v notranjem računskem območju modela CAMx sovpadajo z modelskimi točkami konfiguracije modela ALADIN/SI, medtem ko v zunanjem računskem območju modela CAMx točke sovpadajo z



**Slika 2.2:** Struktura modelskega sistema ALADIN/SI- CAMx

vsako tretjo točko 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 primarnih onesnaževal in posledično tudi sekundarnih onesnaževal (npr. ozon) v Sloveniji. Modelski nivoji po vertikali se ujemaajo z računskimi nivoji v modelu ALADIN/SI, vendar za zagon uporabimo le 67 od skupno 87 nivojev v modelu ALADIN/SI. Razlog za to je zanemarljiv vpliv najvišjih plasti ozračja na izračun ravni onesnaževal pri tleh. Zaradi časovne zahtevnosti računskih procesov se modelski sistem ALADIN/SI-CAMx vsakodnevno zaganja na superračunalniški infrastrukturi. Za izvajanje delovnih procesov skrbijo zagonske skripte v skladu z zahtevami sistema za nadzor in kontrolo informacijskih procesov »Ecflo«. Posamezen operativni zagon (dvodnevna napoved) trenutno zasede 16 računskih vozlišč (=256 procesorjev), kar predstavlja 25% zmogljivosti superračunalnika.

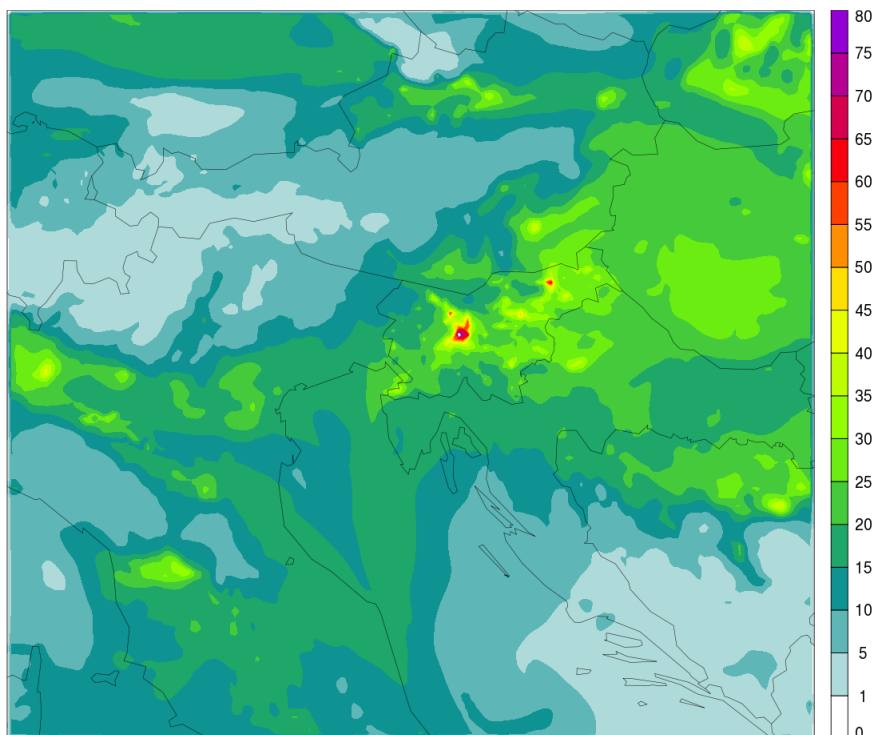
### 2.2.3 Izpusti

Poleg meteoroloških polj so izpusti najpomembnejši vhodni podatki modela CAMx. Glede na izvor jih delimo na antropogene in biogene, glede na način oddajanja onesnaževal v ozračje pa na točkovne in ploskovne izpuste. Polja antropogenih izpustov posameznih onesnaževal ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ , NMVOC,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{PM}_{10}$  in  $\text{PM}_{2,5}$ ) smo v okviru modelskega sistema ALADIN/SI-CAMx pripravili ločeno za območje Slovenije in za druge evropske države. Za območje Slovenije smo v izračunih antropogenih izpustov uporabili podatke o letnih vrednostih za leto 2011, pripravljenih na ARSO. Izpusti so za vsako celico modelskega območja podani po glavnih kategorijah. Tako je mogoče pri zagonih modela izklapljeti oziroma spreminjati izpuste na primer malih kurilnih naprav, cestnega motornega prometa, industrije, kmetijstva itd. Na ta način je mogoče ovrednotiti količinski prispevek posameznih virov k onesnaženosti zraka ali oceniti učinke ukrepov zmanjševanja izpustov.

### 2.2.4 Obravnava obdobja povišane onesnaženosti z delci

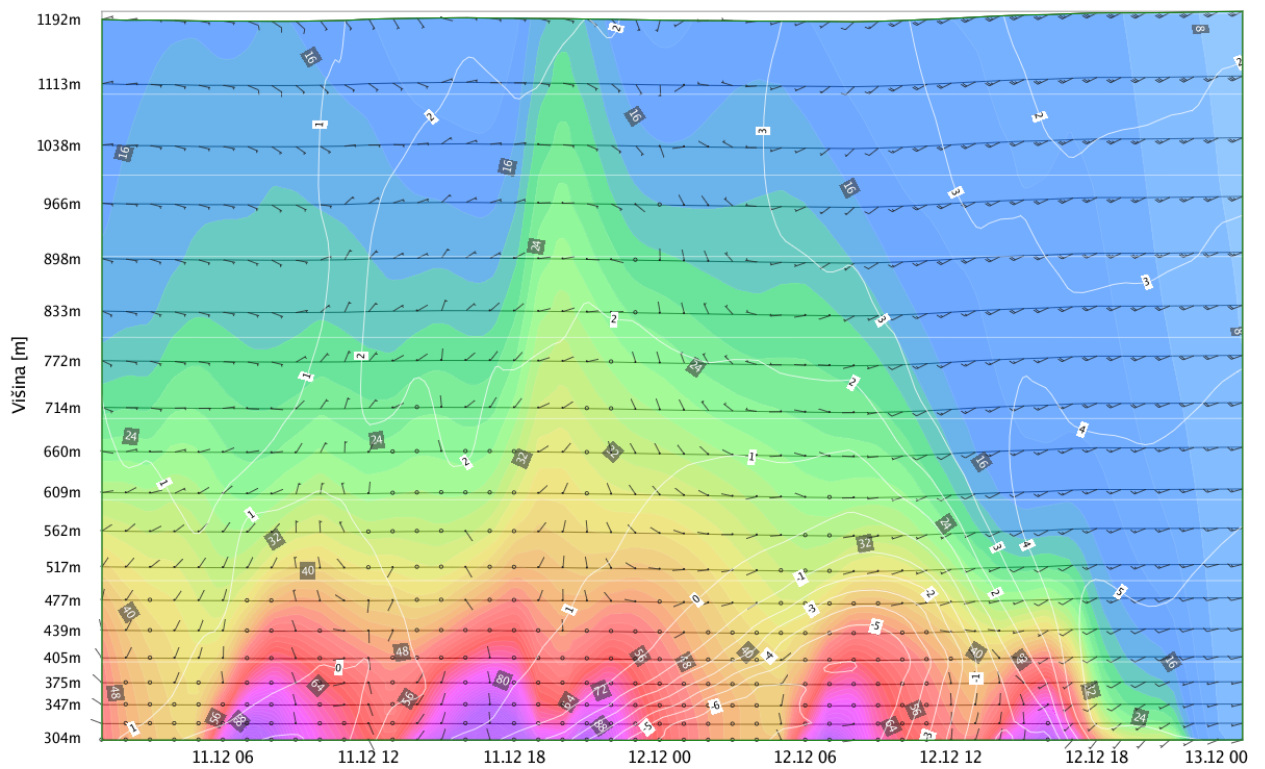
Povišane koncentracije delcev se večinoma pojavljajo pozimi, ko prevladujejo tipične anticiklonalne razmere s šibkimi vetrovi ter z izrazitimi plitvimi temperaturnimi obrati v prizemnih plasteh ozračja. Poleg tega v zimskem obdobju delujejo male kurilne naprave za ogrevanje gospodinjstev, ki so daleč največji vir izpustov delcev v Sloveniji. Najvišje urne koncentracije delcev v dnevu se pojavljajo

v jutranjih urah in zvečer, ko je prisoten temperaturni obrat, male kurilne naprave pa aktivne. Ta problem je prisoten predvsem v mestih, saj je tam (kljub ponekod razširjenemu daljinskemu ogrevanju) še vedno velika gostota malih kurilnih naprav. Primer polja izračunanih koncentracij delcev na območju Slovenije ter časovnega poteka vertikalnega preseka za izbrano zimsko obdobje (11.-13. december, 2014) je prikazan na slikah 2.3 in 2.4.



**Slika 2.3:** Povprečne urne koncentracije PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) modelskega sistema ALADIN/SI-CAMx na prvem modelskem nivoju v notranjem gnezdenem območju. Prikazane so koncentracije za 11. december 2014, med 12. in 13. uro.

V prognostičnem načinu delovanja se modelski sistem že uporablja za podporo pri napovedovanju ravni onesnaženosti zraka za obveščanje javnosti in za proženje kratkoročnih ukrepov, vsebovanih v načrtih za kakovost zraka. Poleg operativnih zagonov za 48-urno napoved onesnaženosti se izvajajo tudi simulacije ob izbranih vremenskih situacijah, ko so bile izmerjene povišane ravni ozona ali delcev. Poleg dnevnih napovedi se bodo s pomočjo simulacij izvajali tudi izračuni letnih ocen (2011-2014) koncentracij onesnaževal za območja, kjer ni meritev onesnaženosti zraka. Hkrati se bo na podlagi modelskih izračunov naredila ocena vpliva posameznih vrst izpustov ter izbranih scenarijev zmanjšanih izpustov na kakovost zraka.



**Slika 2.4:** Časovni razvoj vertikalnega preseka urnih koncentracij PM<sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) v Ljubljani. Prikazane so koncentracije, temperatura in veter za 11. in 12. december 2014.



### 3. Delci $PM_{10}$ in $PM_{2,5}$

---

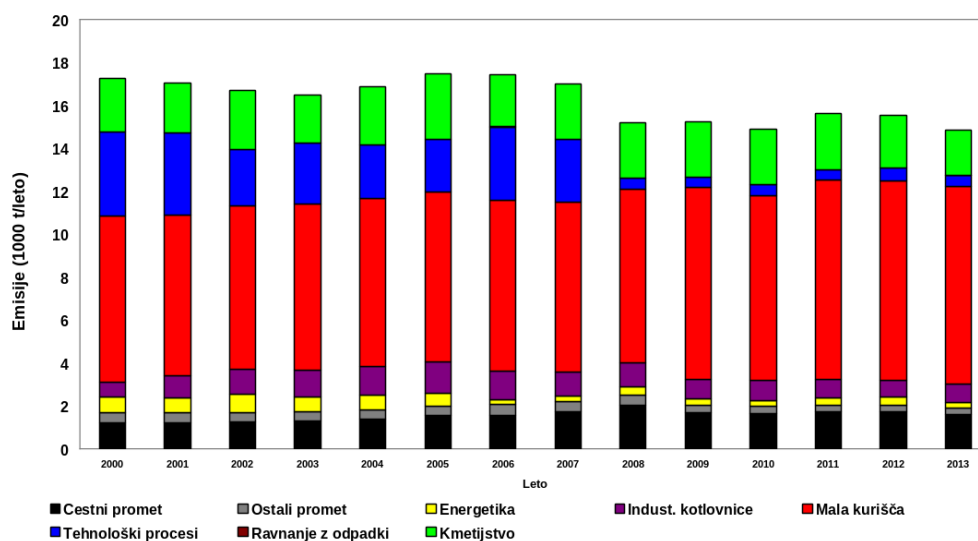
Izraz delci (angl. Particulate Matter – PM) se uporablja kot splošen pojem, ki obsega suspendirane delce (tekoče in trdne) v plinu.  $PM_{2,5}$  se nanaša na fine delce (fine particles), ki imajo aerodinamski premer manjši od  $2,5 \mu\text{m}$ .  $PM_{10}$  pa se nanaša na delce z aerodinamičnim premerom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

Glede na izvor lahko delce razdelimo na primarne in sekundarne. Primarne delce sproščajo v ozračje viri izpustov direktno, sekundarni delci pa nastajajo v ozračju z oksidacijo in pretvorbo primarnih plinastih izpustov. Najbolj pomembni plini, ki prispevajo k tvorbi delcev so  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$  in hlapne organske spojine. Imenujemo jih predhodniki delcev. Pri reakcijah med  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  in  $\text{NH}_3$  pride do nastanka spojin, ki vsebujejo sulfat, nitrat in amonij in s kondenzacijo tvorijo nove delce, ki jih imenujemo sekundarni anorganski aerosoli. Pri oksidaciji določenih 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 koncentracija glavnih predhodnikov, reaktivnost ozračja, ki je odvisna predvsem od koncentracije visoko reaktivnih spojin (ozon in hidroksilni radikali) in meteorološke spremenljivke (sončno sevanje, temperatura, relativna vlaga, oblačnost). Sekundarni anorganski in organski aerosoli, elementarni ogljik, dviganje usedlin s tal (resuspenzija) in morski aerosoli predstavljajo približno 70 % mase  $PM_{10}$  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, ki lahko vpliva na velike razdalje npr. puščavski prah, in cvetnega prahu. Antropogeni viri obsegajo zgorevanje goriv v termoenergetskih objektih in industriji, ogrevanje stanovanjskih in drugih stavb, kmetijstvo ter promet. 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 koncentracije pod sedanjimi zakonodajnimi mejnimi vrednostmi predstavljajo zdravstveno tveganje. Poročila Svetovne zdravstvene organizacije kažejo na to, da ne obstaja meja, pod katero ni pričakovati vplivov na zdravje. Do vplivov 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, globlje 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 onesnaženost z delci vpliva tudi na podnebje in ekosisteme. Delci v

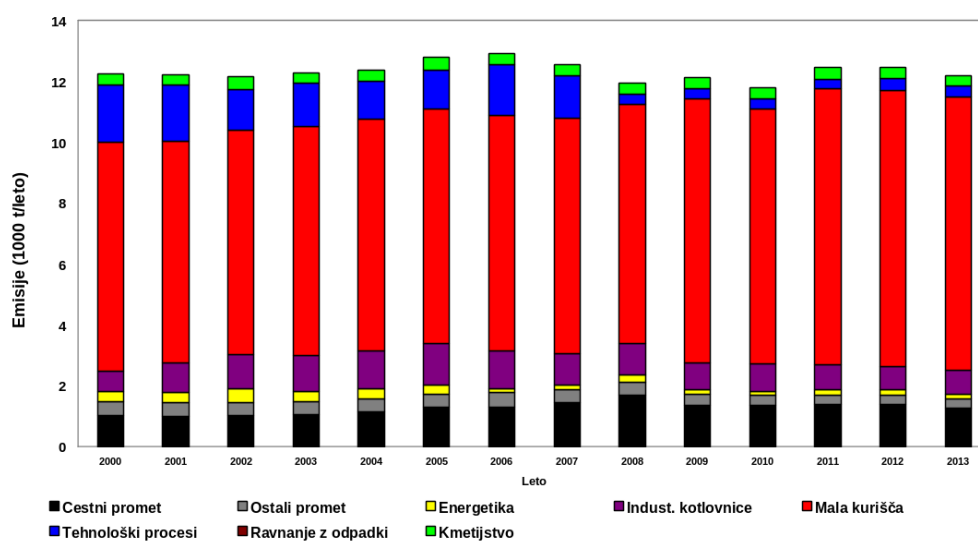
ozračju zmanjšajo vidnost, povzročajo škodo na objektih in vplivajo na padavinski režim. Delci tudi spreminjajo odbojnost zemlje za sončno svetlobo, kar vpliva na podnebne spremembe.

### 3.1 Izpusti primarnih delcev in predhodnikov

Letni izpusti PM<sub>10</sub> v Sloveniji so leta 2013 znašali 15 tisoč ton (slika 3.1). V primerjavi z letom 2000 (izhodiščno leto) so se zmanjšali za 14 %. Glavni vir delcev je zgorevanje goriv v gospodinjstvih in komercialnem sektorju, predvsem zaradi uporabe lesa v neučinkovitih starih kuriščih na trdna goriva ali v drugih napravah z neoptimalnim zgorevanjem lesne biomase. Mala kurišča so v letu 2013 prispevala kar 62 % k skupnim izpustom primarnih delcev manjših od 10 μm.



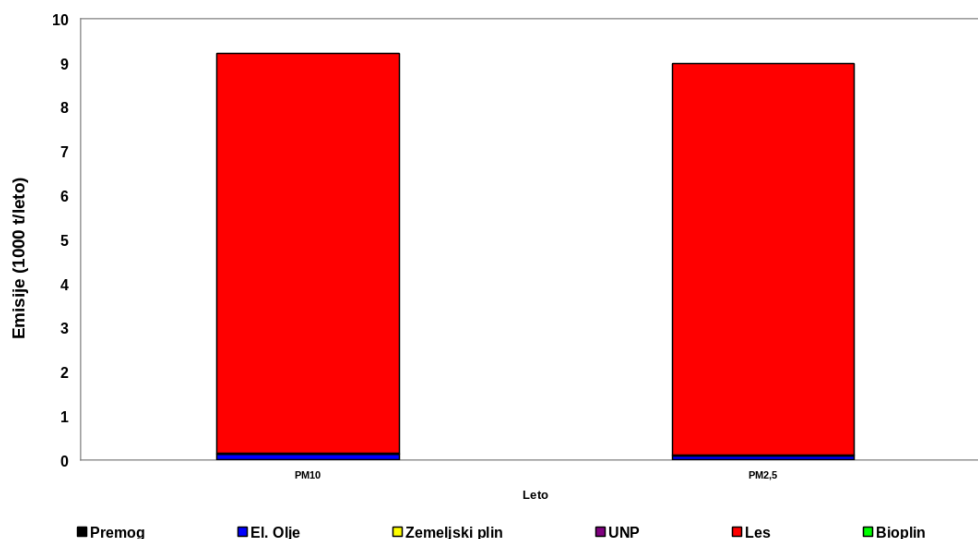
Slika 3.1: Letni izpusti delcev PM<sub>10</sub> po sektorjih v Sloveniji.



Slika 3.2: Letni izpusti delcev PM<sub>2.5</sub> po sektorjih v Sloveniji.

Letni izpusti PM<sub>2.5</sub> v Sloveniji so leta 2013 znašali 12 tisoč ton (slika 3.2). V primerjavi z letom





**Slika 3.3:** Izpustih delcev PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> iz malih kurišč, za leto 2013, glede na vrsto uporabljenega goriva.

2000 (izhodiščno leto) so se zmanjšali za 1 %. Daleč najpomembnejši vir delcev PM<sub>2,5</sub> so mala kurišča, ki prispevajo kar 74 % k skupnim izpustom primarnih delcev manjših od 2,5 μm, sledi cestni promet z 10 %. Delce v cestnem prometu sproščajo predvsem dizelski motorji, nastajajo pa tudi pri obrabi cest, gum in zavor. Delež izpustov na izpuhu predstavlja 70 % delcev PM<sub>2,5</sub> iz cestnega prometa, obraba gum in zavor prispevata 19 % in obraba cest 11 %. Najnovejše tehnologije v osebnih vozilih (EURO 5) uvajajo strožje standarde za izpuste delcev, saj predvidevajo za dizelska vozila kar 80 % zmanjšanje izpustov v primerjavi z vozili EURO 4. Zmanjšanja izpustov delcev iz prometa kljub strožjim standardom za izpuste pa ni zaznati tudi zaradi velike gostote prometa in večje porabe dizelskega goriva. Slika 3.3 izkazuje dominantno vlogo kurilnih naprav na les v skupnih izpustih malih kurilnih naprav.

## 3.2 Zahteve za kakovost zraka

Mejne vrednosti za delce so predpisane v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [13]. Prikazane so v tabeli 3.1. Za delce PM<sub>10</sub> sta predpisani dnevna in letna mejna vrednost. Dnevna mejna vrednost, ki znaša 50 μg/m<sup>3</sup>, ne sme biti presežena več kot 35-krat v koledarskem letu. Za delce PM<sub>2,5</sub> pa je predpisana letna mejna vrednost, ki je v letu 2014 znašala 26 μg/m<sup>3</sup> in ciljna vrednost, ki znaša 25 μg/m<sup>3</sup>.

**Tabela 3.1:** Mejne in ciljne vrednosti za PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub>.

Frakcija PM	Čas merjenja	Vrednost	Komentar
PM <sub>10</sub> , mejna vrednost	1 dan	50 µg/m <sup>3</sup>	Največ 35 preseganj v koledarskem letu
PM <sub>10</sub> , mejna vrednost	Koledarsko leto	40 µg/m <sup>3</sup>	Datum do katerega je treba doseči mejno vrednost je 1.1.2005.
PM <sub>2,5</sub> , cilja vrednost	Koledarsko leto	25 µg/m <sup>3</sup>	Datum do katerega je treba doseči ciljno vrednost je 1.1.2010.
PM <sub>2,5</sub> , mejna vrednost	Koledarsko leto	25 µg/m <sup>3</sup>	Datum do katerega je treba doseči mejno vrednost je 1.1.2015.
PM <sub>2,5</sub> , mejna vrednost <sup>(a)</sup>	Koledarsko leto	20 µg/m <sup>3</sup>	Datum do katerega je treba doseči mejno vrednost je 1.1.2020.
PM <sub>2,5</sub> , obveznost glede stopnje izpostavljenosti <sup>a</sup>	Triletno povprečje	20 µg/m <sup>3</sup>	2015
PM <sub>2,5</sub> , ciljno zmanjšanje izpostavljenosti	0-20 % zmanjšanje izpostavljenosti (odvisno od indeksa povprečne onesnaženosti v referenčnem letu)		

<sup>a</sup> Stopnja2-okvirna mejna vrednost, ki jo mora Komisija leta 2013 preveriti ob upoštevanju drugih informacij o učinkih ciljne vrednosti na zdravje in okolje, informacij o njeni tehnični izvedljivosti in informacij o izkušnjah z njo v državah članicah.

**Tabela 3.2:** Mejna vrednost z vključenim sprejemljivim preseganjem za delce PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Po letu 2015 je sprejemljivo preseganje 0 µg/m<sup>3</sup> in je tako mejna vrednost 25 µg/m<sup>3</sup>.

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

### 3.3 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih vrednosti delcev PM<sub>10</sub> v letu 2014 je prikazan v tabelah 3.3, 3.4, 3.5 in na slikah 3.4 in 3.6. V letu 2014 na nobenem mestu v okviru mreže DMKZ ni bila presežena letna mejna vrednost (tabela 3.3 in slika 3.4). Najvišji povprečni letni vrednosti sta bili izmerjeni v Zagorju in Celju. V okviru dopolnilne mreže prav tako na nobenem merilnem mestu ni bila presežena letna mejna vrednost. Najvišja povprečna letna vrednost je bila zabeležena na prometnem merilnem mestu Ljubljana Center. Dovoljeno število prekoračitev dnevne mejne vrednosti je bilo v mreži DMKZ preseženo v Zagorju in Celju. V dopolnilni mreži pa sta merilni mesti s preseženim dopustnim številom prekoračitev dnevne mejne vrednosti še Ljubljana Center in AMP Gaji pri Celju. Številom merilnih mest, kjer je prišlo do prevelikega števila preseganj, je manjše kot v letu 2013. Najvišja dnevna vrednost je bila v DMKZ v letu 2014 izmerjena v Novem mestu in je znašala 110 µg/m<sup>3</sup>.

Na vseh lokacijah so bile najvišje koncentracije izmerjene v zimskem obdobju, prav tako je tudi do preseganj dnevne mejne koncentracije prihajalo skoraj izključno v hladnejšem obdobju leta med januarjem in aprilom ter oktobrom in decembrom. Zimski maksimum je precej manj izražen na Obali in na Primorskem, saj tam ne prihaja pogosto do temperaturnih obratov in je prevetrenost boljša tudi v zimskem času. Hkrati je zaradi višjih temperatur na Obali in Primorskem tudi manjša potreba po ogrevanju. V zadnjem obdobju se izkazuje, da imajo na povišane koncentracije delcev znaten vpliv izpusti zaradi izgorevanja biomase v individualnih kuriščih. Kurjenje drv v zastarelih pečeh in kotlih tako predstavlja največji izpust delcev. Poleg tega pa 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.

Dnevni hodi koncentracij PM<sub>10</sub> v zimskem obdobju za merilna mesta Ljubljana – Bežigrad,

**Tabela 3.3:** Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečne letne ( $C_p$ ), maksimalne dnevne (max) koncentracije ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in število preseganj mejne vrednosti ( $>MV$ ) za delce  $\text{PM}_{10}$  na stalnih merilnih mestih v Sloveniji v letu 2014. Število preseganj, ki je večje od dopustnega, je označeno s krepko pisavo.

Merilno mesto	Leto		Dan	
	%pod	$C_p$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	max ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$>MV$
DMKZ				
Ljubljana Bežigrad	92	23	94	19
Maribor	100	27	95	25
Celje	99	28	97	<b>41</b>
MS Rakičan	98	25	91	33
Nova Gorica	95	21	84	19
Trbovlje	98	27	98	33
Zagorje	100	28	86	<b>38</b>
Hrastnik	99	21	63	10
Koper	100	19	87	16
Iskrba	95	11	50	0
Žerjav	95	21	54	3
LJ Biotehniška fakulteta	98	22	83	12
Kranj	99	22	69	12
Novo mesto	92	23	110	22
Velenje	98	20	87	15
Dopolnilna merilna mreža				
EIS Šoštanj				
Pesje	97	23	86	12
Škale	98	17	67	5
Šoštanj	99	13	47	0
EIS Trbovlje				
Prapretno	97	19	55	2
Kovk	98	12	48	0
Dobovec	93	11	48	0
OMS - MOL				
Ljubljana center	95	38	130	<b>55</b>
Lafarge cement				
Zelena trava	100	15	53	1
EIS TE-TOL				
Vnajnarje	94	18	46	0
MO Celje				
AMP Gaji	100	29	86	<b>41</b>
M0 Maribor				
Vrbanski plato	100	19		10
Salonit Anhovo				
Morsko	96	15	70	8
Gorenje polje	95	17	90	11

Zagorje, Maribor in Koper so prikazani na sliki 3.5. 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 pojavljati talni temperaturni obrat, ki močno omejuje prenos onesnaženega zraka v višje plasti ozračja. V tabeli 3.6 in 3.7 ter na slikah 3.7 in 3.8 so prikazani trendi v obdobju med 2002 in 2014. V tem obdobju je predvsem na urbanih lokacijah opazen trend zmanjševanja koncentracij. Ocenjujemo, da je to predvsem posledica zmanjševanja izpustov zaradi izgradenj čistilnih naprav na industrijskih objektih. V zadnjih zimah so k zmanjšanju koncentracij pripomogle tudi ugodne vremenske razmere. V ruralnem okolju trend zmanjševanja onesnaženja z delci ni tako izrazit. V tem okolju se v zadnjem obdobju za ogrevanje vse več uporablja lesna biomasa, kar prispeva k večjim izpustom. Podoben trend je opazen tudi v primeru števila dni

**Tabela 3.4:** Povprečne mesečne koncentracije PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>).

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	31	30	35	19	14	14*	14	12	16	27	28	29
Maribor	39	29	32	25	21	19	18	16	21	31	37	30
Celje	44	38	41	24	17	18	15	14	17	28	39	38
MS Rakičan	39	30	32	21	14	17	15	12	17	29	38	36
Nova Gorica	35	22	31	19	14	15	12	12	16	22	23	31
Trbovlje	35	32	42	29	18	19	15	13	16	27	37	34
Zagorje	39	36	42	25	18	18	17	16	20	28	41	39
Hrastnik	28	28	32	19	13	15	14	12	15	22	29	22
Koper	31	18	28	19	13	16	14	12	16	17	22	23
Iskrba	12	7	17	12	10	11	11	10	13	13	13	6
Žerjav	24	23	25	20	16	17	16	15	19	21	22	29
LJ Biotehniška fakulteta	27	27	34	20	16	18	16	13	18	23	28	26
Kranj	32	30	32	17	13	13	12	11	18	23	30	32
Novo mesto	40	35	34	20	12	13	14	12	15	24	32	13*
Velenje	27	25	32	19	13	15	13	12	14	21	25	18
Vrbanski plato	29	21	24	17	13	14	15	12	14	20	26	19
Vnajnarje	27	22	28	21	17	18	18	15	18	14	14	10
Pesje	27	22	31	22	16	21	20	19	20	29	28	19
Škale	22	19	23	18	14	15	13	12	14	18	19	14
Šoštanj	17	13	17	10	7	10	10	10	12	16	18	17
Prapretno	22	20	28	21	16	18	17	14	17	21	23	17
Kovk	13	12	21	14	8	12	10	10	11	14	13	7
Dobovec	7	8	18	14	9	11	9	7	10	12	11	6
LJ Center	54	51	51	34	26	28	30	27	31	37	44	45
AMP Gaji	36	45	43	25	18	21	20	19	20	30	37	37
Zelena trava	16	16	23	15	10	13	12	11	11	17	20	13

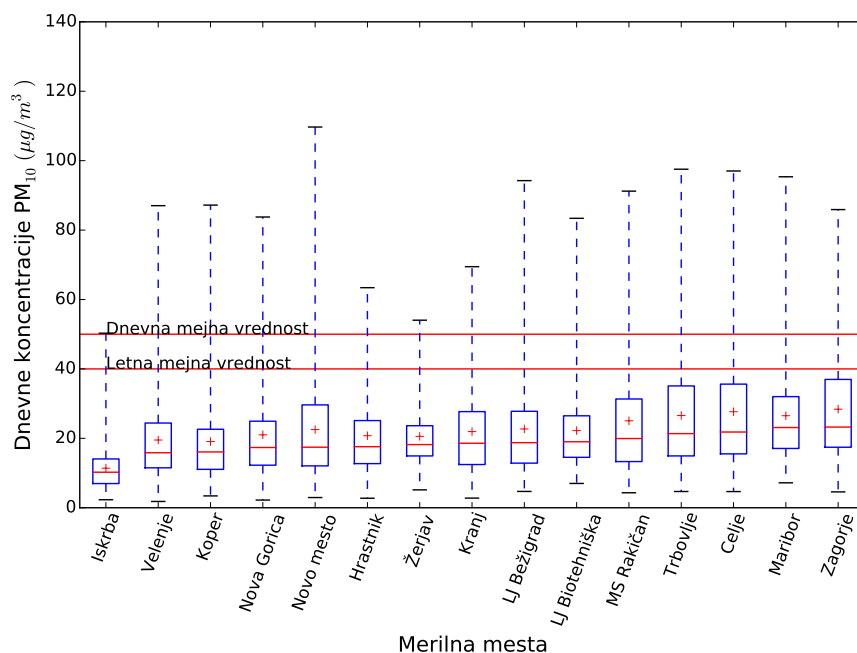
\* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

**Tabela 3.5:** Število preseganj dnevne mejne vrednosti PM<sub>10</sub> po mesecih v letu 2014.

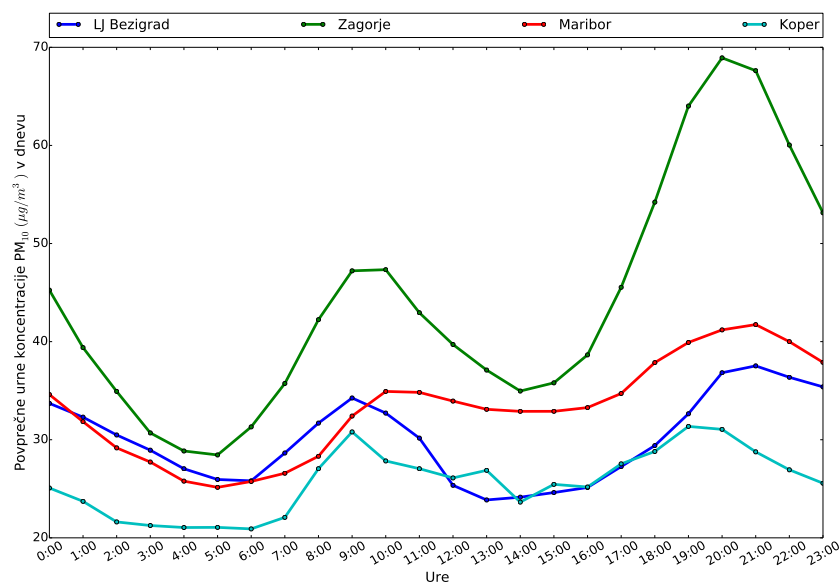
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	3	4	6	1	0	0	0	0	0	2	0	3
Maribor	6	3	2	1	0	0	0	0	0	3	7	3
Celje	10	6	8	1	0	0	0	0	0	2	7	7
MS Rakičan	8	3	2	1	0	0	0	0	0	3	8	8
Nova Gorica	5	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	7
Trbovlje	5	2	8	2	0	0	0	0	0	2	7	7
Zagorje	5	5	10	0	0	0	0	0	0	2	8	8
Hrastnik	4	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Koper	6	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Iskrba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Žerjav	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
LJ Biotehniška fakulteta	3	2	4	0	0	0	0	0	0	1	0	2
Kranj	5	0	2	0	0	0	0	0	0	1	2	2
Novo mesto	7	5	4	0	0	0	0	0	0	2	4	0*
Velenje	5	3	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Vrbanski plato	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
Vnajnarje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pesje	5	1	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Škale	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Šoštanj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prapretno	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kovk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dobovec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LJ Center	8	9	14	3	0	0	0	0	0	4	9	8
AMP Gaji	5	8	9	3	0	0	1	0	1	2	5	7
Zelena trava	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

s preseženo mejno koncentracijo, ki je prikazan na sliki 3.8. V prikazu za ruralno okolje izstopa lokacija Žerjav, ki zaradi bližnje industrije ni tipična ruralna lokacija. Meritve na tej lokaciji so se pričele v letu 2010.

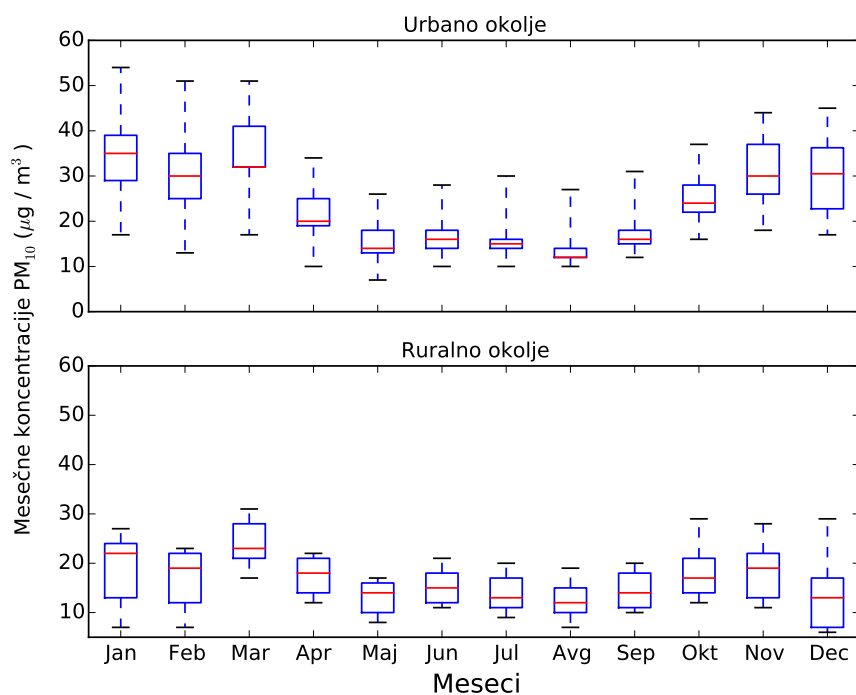


**Slika 3.4:** Porazdelitev dnevnih vrednosti  $PM_{10}$  v letu 2014 za merilna mesta DMKZ. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. S + označujemo povprečno letno koncentracijo.



**Slika 3.5:** Povprečni dnevni potek koncentracij  $PM_{10}$  na izbranih merilnih mestih v hladni polovici leta 2014 (januar do marec in oktober do december).

Koncentracije delcev  $PM_{2,5}$  spremljamo na štirih merilnih mestih – Maribor Center, Maribor Vrbanski plato, Ljubljana Biotehniška fakulteta in Iskrba. Pregled izmerjenih vrednosti za delce  $PM_{2,5}$  je prikazan v tabeli 3.8 ter na slikah 3.9, 3.10. Tako mejna kot ciljna vrednost v letu 2014 nista bili preseženi. Podobno kot za delce  $PM_{10}$  so bile višje koncentracije izmerjene v hladnejšem obdobju leta. Letni potek koncentracij je na merilnem mestu Iskrba precej manj izrazit, saj tam ni lokalnih izpustov. Letni trendi koncentracij delcev  $PM_{2,5}$ , ki so prikazani na sliki 3.11, kažejo



**Slika 3.6:** Porazdelitev povprečnih mesečnih koncentracij PM<sub>10</sub> na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2014. Prikazano je najnižje in najvišje mesečno povprečje na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana.

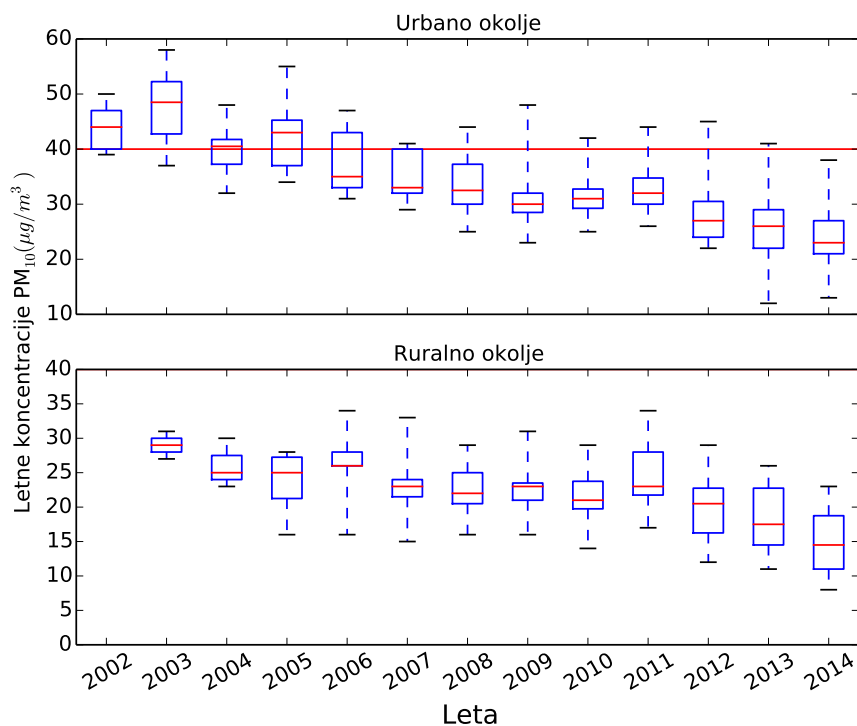
**Tabela 3.6:** Povprečne letne koncentracije PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>). Vrednosti, ki presegajo letno mejno vrednost so napisane s krepko pisavo.

Merilno mesto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
LJ Bežigrad	<b>42</b>	<b>46</b>	<b>41</b>	37	33	32	30	29	30	32	26	24	23
LJ Biotehniška fak.	/	/	/	/	/	/	/	26	27	30	27	26	22
LJ center	/	/	/	/	/	/	<b>44</b>	<b>48</b>	<b>42</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>41</b>	38
Maribor	<b>50</b>	<b>58</b>	<b>48</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	40	34	30	33	34	30	30	27
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	32	30	26	25	22
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	31	32	28	27	23
Celje	<b>46</b>	<b>53</b>	41	<b>43</b>	35	32	30	31	32	35	31	29	28
Trbovlje	<b>47</b>	<b>52</b>	40	<b>55</b>	40	37	38	33	34	35	32	30	27
Zagorje	<b>47</b>	<b>51</b>	<b>44</b>	<b>52</b>	<b>46</b>	<b>41</b>	<b>44</b>	36	36	37	32	29	28
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	27	30	24	23	21
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	22	21	20
MS Rakičan	40	<b>43</b>	32	37	34	30	30	29	30	33	29	28	25
Nova Gorica	39	37	35	34	32	33	31	28	29	27	24	22	21
Koper	/	/	/	/	31	29	25	23	25	27	24	20	19
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	26	34	29	26	21
Iskrba	/	/	/	16	16	15	16	16	14	17	15	13	11
Morsko	/	/	/	/	/	23	22	20	19	21	20	16	8
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	24	26	23	20	23	21	18	11
MB Tabor	40	<b>42</b>	38	<b>43</b>	<b>47</b>	40	35	30	31	/	/	/	/
MB Vrbanški pl.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	24	20	19
Vnajnarje	/	/	/	/	26	22	/	23	20	26	23	24	18
Pesje	/	31	25	27	28	21	20	22	22	22	20	23	23
Škale	/	27	23	23	26	24	22	24	23	23	22	17	17
Prapretno	/	/	30	28	34	33	29	31	29	34	28	22	19
AMP Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	29
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15	14	12
Dobovc	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	11	11
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	13

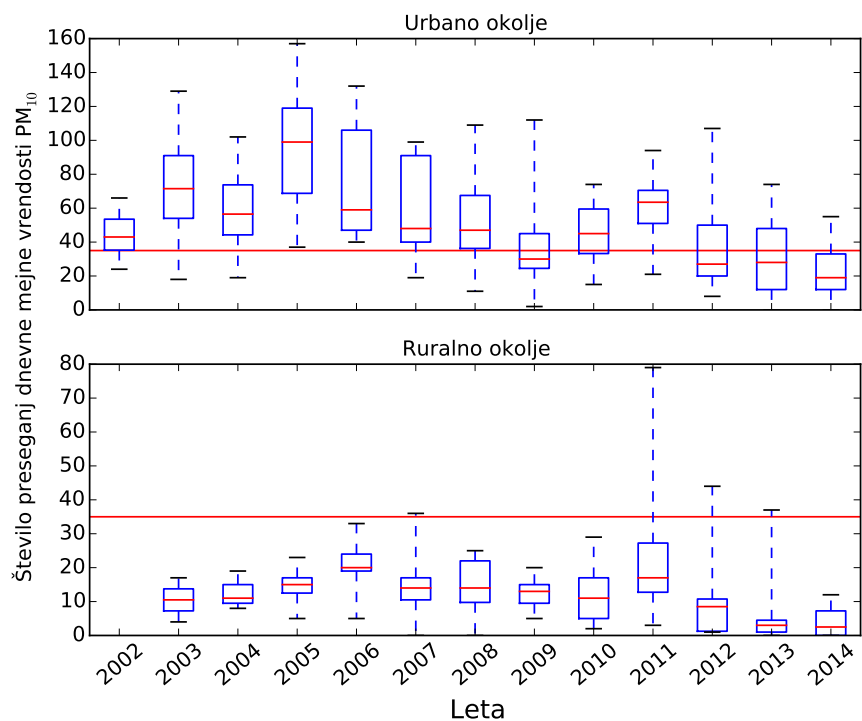
da nivoji onesnaženosti ostajajo na približno istem nivoju. Ugotavljamo, da so v Sloveniji na vseh merilnih mestih, kjer spremljamo koncentracije PM<sub>2,5</sub>, letne ravni pod mejno vrednostjo, ki stopi v veljavo s 1.1.2015.

**Tabela 3.7:** Letno število preseganj dnevne mejne vrednosti PM<sub>10</sub>. 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
LJ Bežigrad	<b>36</b>	<b>64</b>	<b>71</b>	<b>70</b>	<b>47</b>	<b>46</b>	<b>36</b>	30	<b>43</b>	<b>63</b>	27	22	19
LJ Biotehniška fak.	/	/	/	/	/	/	/	25	32	<b>51</b>	21	24	12
LJ center	/	/	/	/	/	/	<b>101</b>	<b>112</b>	<b>74</b>	<b>94</b>	<b>107</b>	<b>74</b>	<b>55</b>
Maribor	<b>66</b>	<b>129</b>	<b>102</b>	<b>101</b>	<b>108</b>	<b>91</b>	<b>54</b>	35	<b>47</b>	<b>64</b>	<b>34</b>	<b>36</b>	25
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	<b>37</b>	<b>55</b>	27	28	12
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	<b>60</b>	<b>69</b>	<b>45</b>	<b>49</b>	22
Celje	<b>58</b>	<b>100</b>	<b>62</b>	<b>97</b>	<b>59</b>	<b>48</b>	<b>37</b>	<b>42</b>	<b>58</b>	<b>73</b>	<b>55</b>	<b>51</b>	<b>41</b>
Trbovlje	<b>52</b>	<b>88</b>	<b>48</b>	<b>157</b>	<b>86</b>	<b>81</b>	<b>72</b>	<b>48</b>	<b>64</b>	<b>68</b>	<b>65</b>	<b>50</b>	33
Zagorje	<b>48</b>	<b>79</b>	<b>82</b>	<b>143</b>	<b>106</b>	<b>99</b>	<b>109</b>	<b>56</b>	<b>68</b>	<b>75</b>	<b>62</b>	<b>48</b>	<b>38</b>
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	30	<b>51</b>	17	15	10
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	8	15
MS Rakičan	33	<b>58</b>	19	<b>65</b>	<b>54</b>	<b>37</b>	<b>42</b>	30	<b>52</b>	<b>71</b>	<b>44</b>	<b>38</b>	33
Nova Gorica	24	18	33	<b>37</b>	<b>47</b>	<b>40</b>	33	24	25	28	19	12	19
Koper	/	/	/	/	<b>40</b>	19	11	2	15	21	23	10	16
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	29	<b>79</b>	<b>44</b>	<b>37</b>	3
Iskrba	/	/	/	5	5	0	0	5	5	3	1	0	0
Morsko	/	/	/	/	/	18	16	14	5	13	10	3	8
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	16	24	16	13	18	11	5	11
MB Tabor	<b>38</b>	<b>42</b>	<b>51</b>	<b>111</b>	<b>132</b>	<b>94</b>	<b>52</b>	24	<b>38</b>	/	/	/	/
MB Vrbanški plato	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25	8	7	10
Vnajnarje	/	/	/	/	20	10	/	7	2	12	8	3	0
Pesje	/	17	11	23	24	14	9	12	10	16	2	6	12
Škale	/	4	8	15	19	11	12	13	12	20	9	0	5
Prapretno	/	/	19	15	33	<b>36</b>	25	20	29	<b>49</b>	25	3	2
AMP Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	<b>41</b>
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0
Dobovc	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0



**Slika 3.7:** Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij PM<sub>10</sub> na merilnih mestih urbanega in ruralnega okolja. Prikazano je najnižje in najvišje letno povprečje na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana.

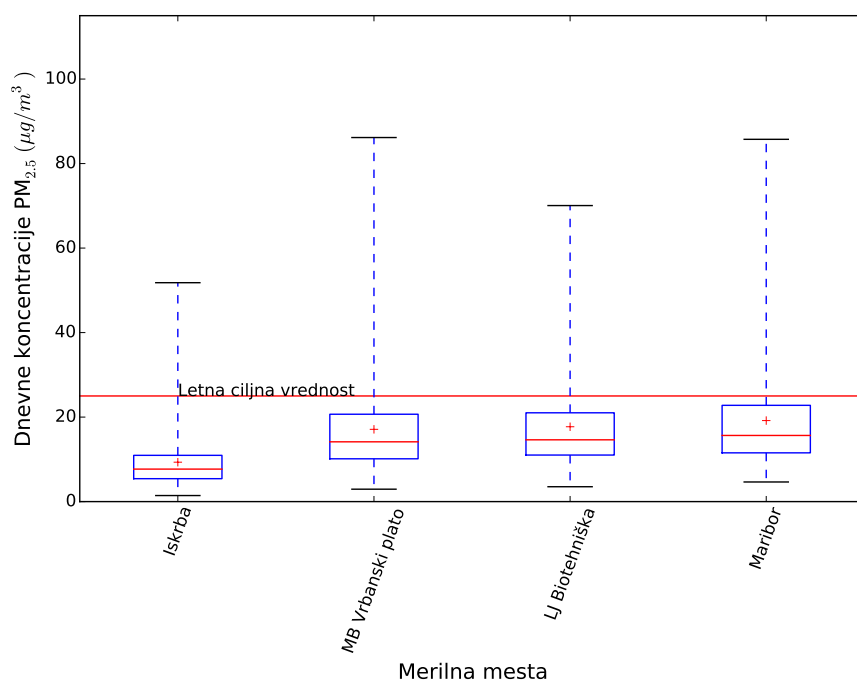


**Slika 3.8:** Porazdelitev števila preseganj  $PM_{10}$  po letih. Prikazano je najnižje in najvišje število preseganj na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana.

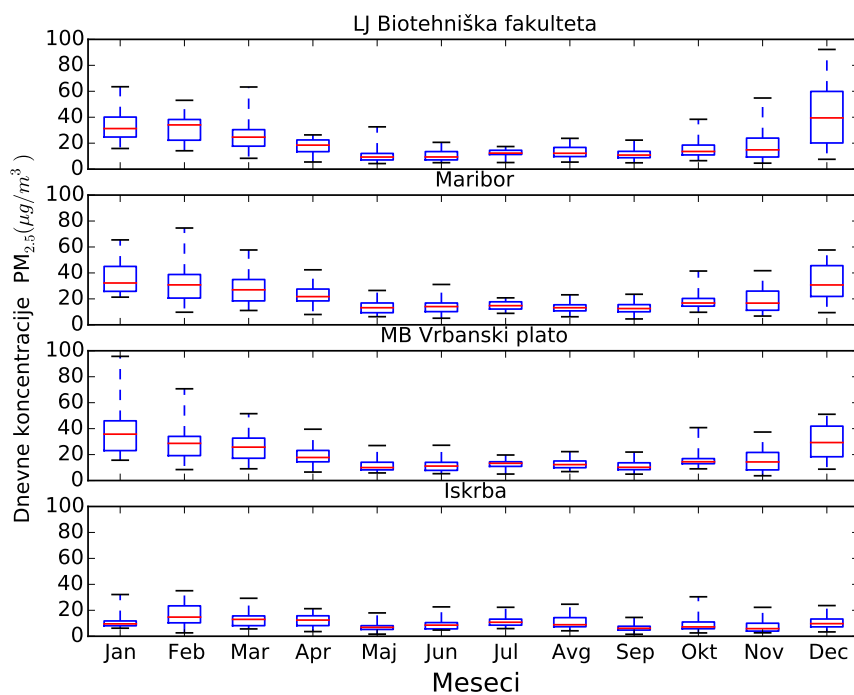
**Tabela 3.8:** Razpoložljivost podatkov (% pod) povprečne letne koncentracije ( $C_p$ ) in najvišje dnevne koncentracije ( $C_{max}$ )  $PM_{2,5}$  na merilnih mestih v letu 2014.

Merilno mesto	% pod	$C_p$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$C_{max}$
Maribor	100	19	86
Iskrba	96	9	52
Ljubljana Biotehniška fakulteta	98	18	70
Maribor Vrbski plato	98	17	86

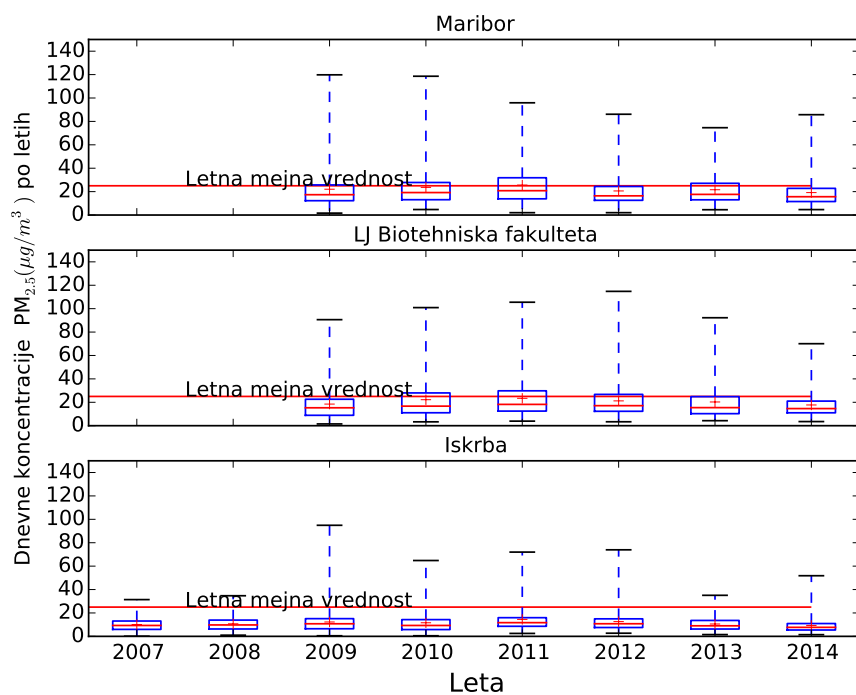




**Slika 3.9:** Porazdelitev dnevnih vrednosti  $PM_{2,5}$  na merilnih mestih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana. S + je označena povprečna letna koncentracija, ki jo lahko primerjamo z letno mejno vrednostjo.



**Slika 3.10:** Porazdelitev dnevnih vrednosti  $PM_{2,5}$  na izbranih merilnih mestih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana.



**Slika 3.11:** Porazdelitev dnevnih vrednosti  $PM_{2,5}$  na izbranih merilnih mestih po letih. Letna mejna vrednost začne veljati januarja 2015. Med leti 2008 in 2015 se sprejemljivo preseganje mejne vrednosti zmanjšuje, kot je podano v tabeli 3.2. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana. S + je označena povprečna letna koncentracija.

### 3.4 Epizode čezmerne onesnaženosti

V letu 2014 je bilo število preseganj mejne dnevne vrednosti na vseh merilnih mestih z izjemo Primorske bistveno manjše kot v prejšnjih letih. K temu so največ prispevale ugodne meteorološke razmere, saj je bilo večinoma toplo, z malo temperaturnimi obrati in veliko padavinami.

Največji delež h koncentraciji delcev v naseljih v dolinah in kotlinah prispevajo individualna kurišča. V prvih štirih mesecih leta 2014 je bilo toplo, povprečne mesečne temperature so bile nekaj stopinj nad dolgoletnim povprečjem in posledica tega je, da je bila potreba po ogrevanju manjša, kar posledično pomeni tudi manjše izpuste delcev. V toplih mesecih od maja do septembra, ko so koncentracije delcev pod mejnimi vrednostmi, so se povprečne mesečne temperature gibale okoli povprečja, zadnji trije meseci leta pa so bili spet toplejši od povprečja. Padavin je bilo v vseh obdobjih več od dolgoletnega povprečja. Kadar so naši kraji v območju visokega zračnega tlaka, nastanejo pri tleh temperaturni obrati, ki preprečujejo vertikalno izmenjavo zraka, veter pri tleh pa je šibek. Takrat se v plasti do okoli 300 m nad tlemi zadrži večina izpustov, ki se sproščajo pri tleh in zato se pojavijo previsoke koncentracije delcev in tudi drugih onesnaževal. Teh situacij je bilo v hladni polovici leta 2014 manj kot običajno.

Visoke koncentracije delcev PM<sub>10</sub> so bile izmerjene v obdobju od 26. januarja do 6. februarja. V tem obdobju je bilo nad večjim delom Evrope območje nizkega zračnega tlaka. Z vzhodnim oziroma severovzhodnim vetrom je dotekal k nam v nižjih plasteh ozračja hladnejši zrak. Po nižinah je padlo nekaj snega, ponekod je bil tudi žled. Konec januarja je nastal temperaturni obrat, nad približno 1200 m se je ozračje ogrelo nad ledišče. Dnevne koncentracije delcev PM<sub>10</sub> so v tem obdobju presegle mejno dnevno vrednost na vseh merilnih mestih DMKZ, razen na Iskrbi, v Žerjavu ter na Primorskem. Najvišja dnevna koncentracija 110 µg/m<sup>3</sup> je bila v tem obdobju izmerjena v Novem mestu.

Povišane koncentracije PM<sub>10</sub> so se pojavile še v sredini marca, ko je nad našimi kraji prevladovalo območje visokega zračnega tlaka, ki je 15. marca prehodno nekoliko oslabilo zaradi prehoda oslabiljene fronte. Po nižinah je bil bolj ali manj izražen temperaturni obrat in zato so se v obdobju od 11. do 18. marca pojavile povišane vrednosti delcev, ki so na vseh merilnih mestih DMKZ, razen na Iskrbi in v Žerjavu, presegle mejno dnevno vrednost.

V poletnih mesecih je bila kot običajno onesnaženost zraka z delci nizka in nikjer ni prišlo do preseganj mejne dnevne vrednosti.

Oktobra so koncentracije delcev PM<sub>10</sub> presegle dnevno mejno vrednost na večini merilnih mest med 29. in 31. oktobrom, ko so se zaradi nižjih temperatur povečali izpusti zaradi ogrevanja. Novembra je bila dnevna mejna vrednost prekoračena v dveh krajših obdobjih brez padavin na osmih merilnih mestih DMKZ. Najvišje koncentracije delcev PM<sub>10</sub> so bile na večini merilnih mest izmerjene med 26. in 28. novembrom, ko je nad zahodno Evropo in nad zahodnim Sredozemljem nastalo ciklonsko območje, ki je vplivalo tudi na vreme pri nas. Z jugozahodnimi vetrovi je v višinah dotekal toplejši zrak, v nižjih plasteh ozračja pa je ostajal hladen zrak.

Dnevne koncentracije delcev PM<sub>10</sub> so decembra 2014 prekoračile dnevno mejno vrednost na vseh mestnih merilnih mestih, ki delujejo v sklopu DMKZ, razen v Velenju. Večina preseganj se je pojavila med 10. in 17. decembrom, ostala pa v obdobjih med 23. in 25. ter 29. in 30. decembrom. Največkrat, osemkrat, je bila v tem obdobju mejna dnevna vrednost presežena na merilnih mestih

Murska Sobota Rakičan in Zagorje, ki sta pod vplivom individualnih kurišč in prometa.

### 3.5 Kemijska in elementna sestava delcev

V Evropi v povprečju približno eno tretjino mase delcev PM<sub>10</sub> in polovico mase delcev PM<sub>2,5</sub> v zraku predstavljajo vsota anorganskih ionov amonija, nitrata in sulfata (sekundarni anorganski aerosoli). Te spojine so posledica kemijskih reakcij v ozračju, ki vključujejo plinske predhodnike – NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> in SO<sub>x</sub>. Druga glavna komponenta delcev so organske snovi, ki predstavljajo približno 30 % mase PM<sub>2,5</sub> in 20 % mase PM<sub>10</sub> ([24]). V delcih PM<sub>2,5</sub> smo na štirih merilnih mestih – Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Center, Maribor Vrbanski 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 3.9. Koncentracije sekundarnih anorganskih aerosolov so bile v poletnih mesecih na vseh lokacijah primerljive, v zimskem obdobju pa so bile na merilnem mestu Iskrba približno za faktor 2 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, pozimi pa je prispevek zaradi lokalnih antropogenih izpustov (ogrevanje, promet) manj pomemben kot v urbanem okolju. Koncentracije elementarnega ogljika so bile na vseh lokacijah približno za faktor dva višje v zimskem obdobju.

**Tabela 3.9:** Sestava delcev PM<sub>2,5</sub> na lokacijah Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Center, Maribor Vrbanski Plato in Iskrba.

		oktober - marec	april - september
LJ Biotehniška fakulteta	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [µg/m <sup>3</sup> ]	6,5	2,6
	Organski ogljik [µgC/m <sup>3</sup> ]	6,9	3,4
	Elementarni ogljik [µgC/m <sup>3</sup> ]	1,7	0,71
Maribor	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [µg/m <sup>3</sup> ]	7,0	2,7
	Organski ogljik [µgC/m <sup>3</sup> ]	7,2	3,6
	Elementarni ogljik [µgC/m <sup>3</sup> ]	2,4	1,4
MB Vrbanski plato	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [µg/m <sup>3</sup> ]	6,5	2,8
	Organski ogljik [µgC/m <sup>3</sup> ]	7,1	3,4
	Elementarni ogljik [µgC/m <sup>3</sup> ]	1,3	0,46
Iskrba	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [µg/m <sup>3</sup> ]	3,5	2,4
	Organski ogljik [µgC/m <sup>3</sup> ]	3,3	2,4
	Elementarni ogljik [µgC/m <sup>3</sup> ]	0,34	0,14

### 3.6 Preseganja mejnih vrednosti zaradi naravnih virov

V letu 2014 smo s pomočjo modela BSC-DREAM8b določili pet epizod saharskega prahu:

- od 18. do 20. januarja
- od 16. do 21. februarja
- od 31. marca do 4. aprila
- od 21. do 27. maja

- od 4. do 15. novembra

Epizode smo potrdili s pomočjo drugih prognostičnih modelov za saharski prah in izračuna poti zračnih mas s pomočjo trajektorij v točko. Dodatno preverjanje smo naredili s pomočjo rezultatov kemijske analize delcev. V primeru epizod saharskega prahu smo izmerili povišane koncentracije železa, aluminija ter v manjši meri tudi kalcija, magnezija in stroncija. V dneh z vplivom saharskega prahu je le 1. aprila in 23. maja prišlo do preseganja dnevne mejne vrednosti. Nad zahodno Evropo je bilo v tem času ciklonsko območje, dolina s hladnim zrakom je segala v zahodno Sredozemlje. Z jugozahodnim vetrom je dotekal zrak iznad severne Afrike, zato je prineslo nad naše kraje tudi veliko saharskega peska. Za ta dva dneva smo s pomočjo izmerjene vrednosti delcev na merilnem mestu Iskrba določili pribitek zaradi saharskega prahu. Ugotovili smo, da z odštetjem ocenjenega prispevka zaradi saharskega prahu dnevna mejna vrednost v mreži DMKZ ni več presežena 1. aprila na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad, Murska Sobota, Celje, Nova Gorica in Koper, 23. maja pa le na merilnem mestu Žerjav.

Saharski prah je naravnega izvora in nanj nimamo vpliva. V skladu z Uredbo o kakovosti zunanega zraka [13] izmerjenih preseganj dnevne mejne vrednosti 1. aprila 2014 in 23. maja 2014 nismo upoštevali pri ugotavljanju skladnosti s standardi kakovosti zraka. Poročilo o vplivu saharskega prahu na koncentracije delcev je dostopno na spletni strani ARSO.

### 3.7 Ocena vplivov čezmerne onesnaženosti zraka z delci $PM_{2,5}$ na zdravje ljudi v Sloveniji

Pri oceni posledic čezmerne onesnaženosti zraka z delci  $PM_{2,5}$  za zdravje ljudi so se na Nacionalnem inštitutu za javno zdravje osredotočili na vpliv dolgotrajne izpostavljenosti onesnaženosti zraka na celotno umrljivost in umrljivost zaradi srčno žilnih bolezni. Za izdelavo ocene je bilo uporabljeno orodje - matematični model, ki je bil izdelan v okviru evropskega raziskovalnega projekta APHECOM [27]. Model na osnovi rezultatov meritev ravni onesnaženosti zraka, podatkov o celotni umrljivosti in umrljivosti zaradi srčno žilnih bolezni ter z epidemiološkimi raziskavami pridobljenih podatkov o stopnji relativnega tveganja za umrljivost zaradi izpostavljenosti onesnaženemu zraku izračuna specifično stopnjo umrljivosti za obravnavano območje onesnaženosti. V izračunih za oceno posledic prekomerne onesnaženosti zraka z delci  $PM_{2,5}$  za zdravje ljudi so bili za vsako občino v obravnavi uporabljeni naslednji podatki za leto 2012:

- Podatki o številu prebivalcev v starostnih skupinah 30-34, ..., 80-84, 85 in več.
- Podatki ARSO o dnevni povprečni onesnaženosti zraka z delci  $PM_{10}$ , ki so bili s pomočjo privzetega korekcijskega faktorja 0,7 za vsak dan posebej pretvorjeni v stopnjo onesnaženosti z delci  $PM_{2,5}$ .
- Podatki o umrljivosti in umrljivosti za srčno-žilnimi boleznimi v starostnih skupinah 30-34, ..., 80-84, 85 in več.

V letu 2012 je v slovenskih krajih s sprejetimi Odloki o načrtu za kakovost zraka živelo skupaj več kot 594.000 ljudi, kar je skoraj 30 odstotkov vsega prebivalstva Slovenije. Med njimi je

bilo 69 odstotkov prebivalcev starejših od 30 let. Število izpostavljenih v posamezni občini je sorazmerno skupnemu številu prebivalcev posamezne občine. Tako je čezmerno onesnaženemu zraku izpostavljenih največ prebivalcev občine Ljubljana, sledijo Maribor, Kranj, Celje in tako naprej do občine Hrastnik, ki ima med občinami s čezmerno onesnaženim zrakom najmanjše število prebivalcev.

V izračune in prikaz so bila vključena tudi mesta Nova Gorica, Koper in Velenje, v katerih prav tako potekajo meritve onesnaženosti zraka, vendar zrak z delci ni čezmerno onesnažen.

Iz podatkov je razvidno, da je bila v letu 2012 najvišja povprečna dnevna koncentracija delcev PM<sub>2,5</sub> v zraku v Zagorju s povprečno dnevno koncentracijo 23 µg/m<sup>3</sup>, sledita Celje in Trbovlje z 22 µg/m<sup>3</sup> ter nato Maribor, Murska Sobota in Novo mesto z 20 µg/m<sup>3</sup>. Najnižja povprečna dnevna koncentracija PM<sub>2,5</sub> v zraku je bila izmerjena v Novi Gorici in Hrastniku (17 µg/m<sup>3</sup>). Vsi podatki, ki jih prikazuje tabela 3.10, so rezultat modela APHEIS.

**Tabela 3.10:** Pričakovane spremembe v celotni umrljivosti za starost 30 let in več ter pričakovano podaljšanje življenjske dobe v nekaterih slovenskih občinah, če bi se onesnaženost zraka z delci PM<sub>2,5</sub> zmanjšala za 5 oziroma na 10 µg/m<sup>3</sup>.

Merilo mesto	Dejansko št.smrti v letu 2012	Celotna umrljivost letu 2012 pri obstoječem onesnaženju [%]	Pričakovane spremembe, če bi bilo onesnaženje s PM <sub>2,5</sub> nižje za 5 µg/m <sup>3</sup>		Pričakovane spremembe, če bi onesnaženost zraka s PM <sub>2,5</sub> znašala 10 µg/m <sup>3</sup>	
			Zmanjšanje celotne umrljivosti [%]	Podaljšanje življenjske dobe (leta)	Zmanjšanje celotne umrljivosti [%]	Podaljšanje življenjske dobe (leta)
Celje	440	12,9	3	0,3	6,6	0,8
Kranj	415	11,2	2,9	0,3	4,6	0,6
Ljubljana	2255	11,9	2,9	0,4	4,7	0,6
Maribor	1227	15,6	2,9	0,3	5,9	0,7
Murska Sobota	217	15,6	2,8	0,3	5,5	0,6
Nova Gorica	337	14,8	3	0,3	4,2	0,5
Novo mesto	320	13,4	2,8	0,3	5,6	0,6
Hrastnik	102	14,6	2,9	0,4	3,9	0,5
Trbovlje	183	15,1	2,7	0,3	7,1	0,8
Zagorje	190	16,5	2,6	0,3	6,8	0,9
Koper	399	12,5	2,8	0,3	3,8	0,3
Velenje	245	11,9	2,9	0,2	3,3	0,2

Celotna umrljivost za starost 30 let in več v slovenskih občinah s čezmerno onesnaženim zrakom z delci PM<sub>10</sub> je bila v letu 2012 najvišja v Zagorju (16,5 promila), sledijo Murska Sobota, Maribor in Trbovlje, kjer je celotna umrljivost preseгла 15 promilov. Najmanjša celotna umrljivost v starostni skupini nad 30 let je bila v Kranju in Ljubljani in sicer 11,2 oziroma 11,9 promila (tabela 3.10).

Z izračunom s pomočjo matematičnega modela za ocenjevanje posledic dolgotrajne izpostavljenosti zraku onesnaženem z delci [7] smo ocenili, kolikšno bi bilo pričakovano zmanjšanje celotne umrljivosti in umrljivosti zaradi srčno žilnih bolezni ter kolikšno bi bilo podaljšanje pričakovane življenjske dobe za dva različna scenarija:

- zmanjšanje obstoječe povprečne dnevne koncentracije delcev PM<sub>2,5</sub> za 5 µg/m<sup>3</sup>,
- zmanjšanje obstoječe povprečne dnevne koncentracije delcev PM<sub>2,5</sub> na 10 µg/m<sup>3</sup>.

Ob predpostavki, da bi se v občinah s prekomerno onesnaženim zrakom sedanja onesnaženost zraka z delci  $PM_{2,5}$  zmanjšala za  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , bi se celotna umrljivost v teh občinah zmanjšala za približno tri odstotke, pričakovana življenjska doba pa bi se podaljšala približno za štiri mesece (tabela 3.10).

Ob predpostavki, da bi se v občinah s prekomerno onesnaženim zrakom sedanja onesnaženost zraka z delci  $PM_{2,5}$  zmanjšala na  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , bi se celotna umrljivost brez zunanjih vzrokov smrti v teh občinah zmanjšala tudi za več kot sedem odstotkov (Trbovlje). Za Zagorje, Celje, Maribor, Mursko Soboto in Novo mesto se ocena zmanjšanja celotne umrljivosti giblje med 6,8 in 5,5 odstotki, v Kranju, Ljubljani, Novi Gorici in Hrastniku pa med 4,7 in 3,9 odstotka (tabela 3.10). Pričakovana življenjska doba bi se ob tolikšnem zmanjšanju onesnaženosti zraka v večini krajev podaljšala najmanj za pol leta ali več, npr. v Zagorju skoraj za eno leto (tabela 3.10).

**Tabela 3.11:** Pričakovane spremembe v umrljivosti zaradi srčno žilnih bolezni za starost 30 let in več ter pričakovano podaljšanje življenjske dobe v nekaterih slovenskih občinah, če bi se onesnaženost zraka z delci  $PM_{2,5}$  zmanjšala za 5 oziroma na  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

	Dejansko št. smrti zaradi srčno-žilnih bolezni v letu 2012	Celotna umrljivost letu 2012 zaradi srčno-žilnih bolezni pri obstoječem onesnaženju [%]	Pričakovano zmanjšanje umrljivosti zaradi srčno žilnih bolezni [%]	
			Pričakovane spremembe, če bi bilo onesnaženje s $PM_{2,5}$ nižje za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Pričakovane spremembe, če bi onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ znašala $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Celje	171	5	5,3	12,3
Kranj	149	4	5,4	8,7
Ljubljana	816	4,3	5,5	8,8
Maribor	504	6,4	5,6	11,1
Murska Sobota	88	6,3	5,7	10,2
Nova Gorica	135	5,9	5,2	7,4
Novo mesto	118	4,9	5,9	11
Hrastnik	26	3,7	3,8	7,7
Trbovlje	62	5,1	4,8	12,9
Zagorje	71	6,2	5,6	12,7
Koper	157	4,9	5,7	7,0
Velenje	93	4,5	5,4	6,5

Umrljivost zaradi srčno žilnih bolezni v starostnih skupinah nad 30 let v slovenskih občinah s prekomerno onesnaženim zrakom z delci  $PM_{10}$  je bila v letu 2012 najvišja v Mariboru, Murski Soboti in Zagorju, kjer je presegla vrednost 6 promilov. Sledijo Nova Gorica, Trbovlje in Celje z umrljivostjo višjo od 5 promilov ter Novo mesto, Koper, Velenje, Ljubljana in Kranj z umrljivostjo višjo od 4 promilov. Najmanjša umrljivost zaradi srčno žilnih bolezni v starostni skupini nad 30 let je bila v letu 2012 v Hrastniku, 3,7 promila (tabela 3.11). Pričakovan učinek zmanjšanja onesnaženosti zraka z delci  $PM_{2,5}$  za  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na umrljivost zaradi srčno žilnih bolezni bi bil še bolj izrazit kot pri celotni umrljivosti brez zunanjih vzrokov smrti, saj se pričakovano zmanjšanje umrljivosti giblje med 3,8 in 5,9 odstotka (tabela 3.11). Ta učinek bi bil še mnogo večji, če bi se onesnaženost z delci  $PM_{2,5}$  zmanjšala na  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V tem primeru lahko pričakujemo, da bi se umrljivost zaradi srčno žilnih bolezni v Celju, Trbovljah in Zagorju zmanjšala za več kot 12 odstotkov, v Mariboru in Novem mestu za okrog 11 odstotkov, v Murski soboti za okrog 10, v Kranju in Ljubljani za skoraj

9, v Novi Gorici in Hrastniku za okrog 7,5 odstotka, najmanj pa v Kopru in Velenju, za 7 oz. 6,5 odstotka (tabela 3.11).

### 3.8 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

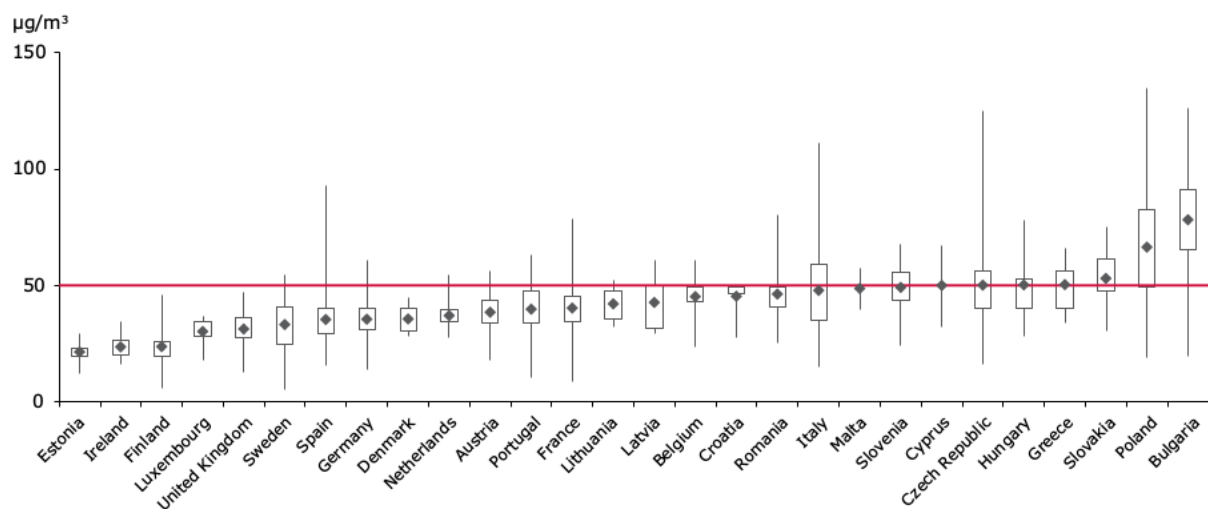
Za primerjavo med državami skupne količine izpustov niso primerne, ker jih v veliki meri določa velikost države. V ta namen so bolj uporabni specifični izpusti preračunani na prebivalca ali površino ozemlja. Izpusti na prebivalca podajajo vpogled v družbeno-ekonomske razmere in specifične nacionalne okoliščine ter posredno nakazujejo tudi potencial za njihovo zmanjševanje. Za raven onesnaženosti zraka pa so pomembni izpusti preračunani na površino ozemlja - povprečna krajevna gostota izpustov.

Pri delcih Slovenija sodi med države EU z največjimi specifičnimi izpusti. Po izpustih delcev  $PM_{10}$  na prebivalca je bila v letu 2013, za katerega so na voljo zadnji podatki o izpustih držav (EMEP), Slovenija na petem mestu za Estonijo, Finsko, Latvijo in Romunijo. Pri izpustih delcev  $PM_{2,5}$  na prebivalca je Slovenija na četrtem mestu v EU. 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 z veliko gostoto prebivalstva, kar 3,5 krat večjo kot Slovenija. Pred Slovenijo sta tudi Poljska in Danska. Pri izpustih delcev  $PM_{2,5}$  na enoto površine pa je Slovenija na drugem mestu, za Belgijo. V primerjavah nismo upoštevali Malte in Luksemburga, ker rezultati za ti dve državi zaradi njune majhnosti in izračuna izpustov v prometu na osnovi prodanih količin goriva niso primerljivi.

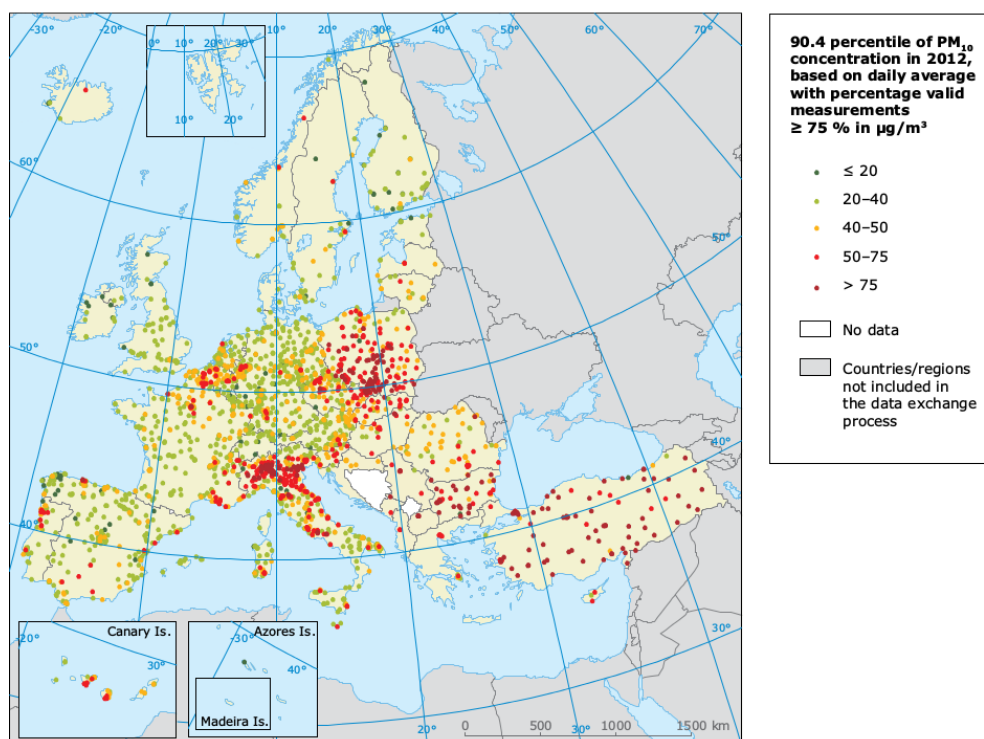
Visoki specifični izpusti delcev  $PM_{10}$  in  $PM_{2,5}$  v Sloveniji so predvsem posledica velikega deleža ogrevanja gospodinjstev z lesom v zastarelih kurilnih napravah. Za njihov vpliv na kakovost zraka je pomembno tudi, da se izpusti zaradi ogrevanja stavb sproščajo v hladni polovici leta, ko so v Sloveniji še posebej neugodne razmere za razredčevanje izpustov.

V EU je čezmerna onesnaženost zraka z delci eden izmed najbolj izpostavljenih okoljskih problemov. V letu 2012, za katerega so na razpolago zadnji rezultati primerjalnih obdelav Evropske okoljske agencije, le v petih državah na nobenem merilnem mestu niso zabeležili večjega števila preseganj dnevne mejne vrednosti, kot je to dopustno. Slovenija sodi med države z višjo onesnaženostjo z delci  $PM_{10}$ . Z vidika doseganja skladnosti z dnevnimi mejnimi vrednostmi delcev  $PM_{10}$  je Slovenija med državami Evropske unije v letu 2012 osma najbolj onesnažena (slika 3.14). Najboljša kakovost zraka glede na skladnost z dnevnimi mejnimi vrednostmi za delce  $PM_{10}$  pa je v dobro prevetrenih, redko naseljenih severnih državah - v Estoniji, na Finskem in na Irskem, čeprav so v teh državah specifični izpusti na prebivalca med najvišjimi. Z vidika ravni onesnaženosti z delci  $PM_{2,5}$  je Slovenija na desetem mestu (slika 3.14). Za delce  $PM_{2,5}$  je določena le letna mejna vrednost, ki jo je v specifičnih okoliščinah Slovenije lažje doseči. V Sloveniji se s povišanimi ravnmi delcev srečujemo predvsem v hladni polovici leta, letno povprečje pa zniža z delci manj onesnažen zrak v topli polovici leta. Primerjalno visoke ravni delcev 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.

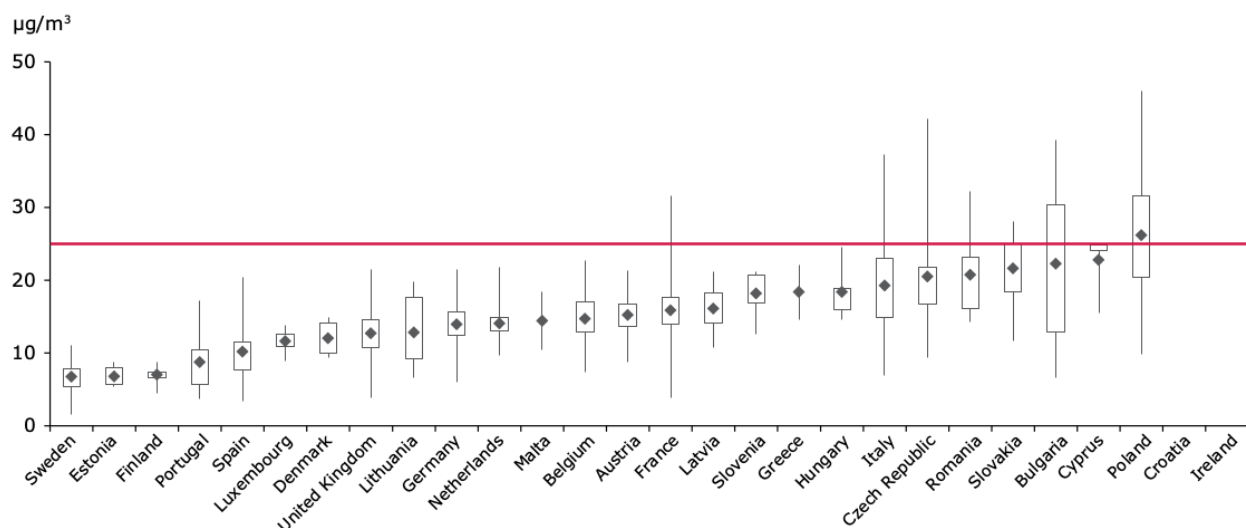




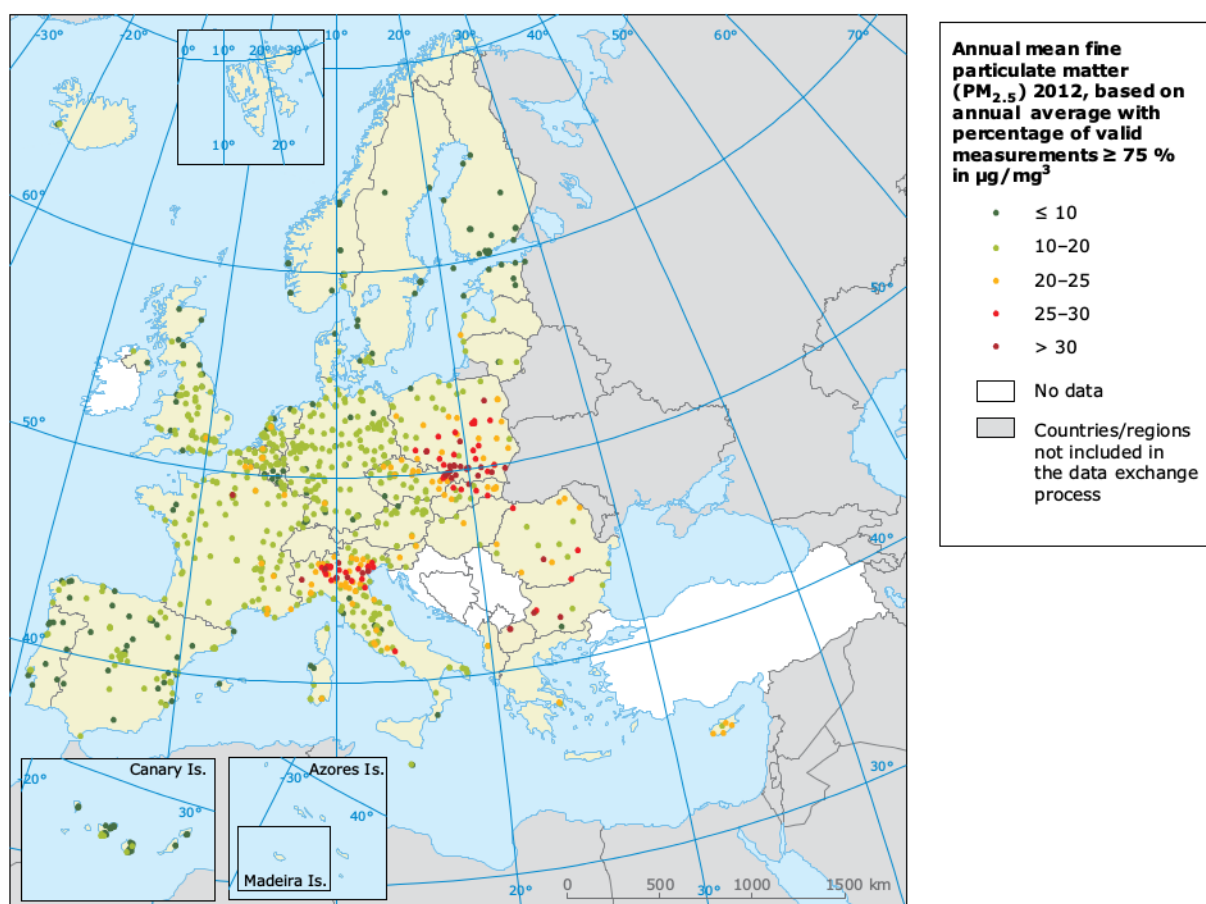
**Slika 3.12:** Primerjava ravni onesaženosti zraka z delci  $PM_{10}$  v Evropski Uniji v letu 2012 [24]. Graf prikazuje 90.41 percentil dnevnih vrednosti  $PM_{10}$ , ki sovpada s 36. najvišjo vrednostjo izmerjeno na posameznem merilnem mestu držav EU v primerjavi z mejno vrednostjo  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (rdeča črta). Prikazane so najnižja in najvišja vrednost (36. najvišja vrednost za merilno mesto), oba kvartila in povprečna 36. najvišja vrednost za posamezno državo.



**Slika 3.13:** Onesnaženost Evropske unije z delci  $PM_{10}$  [24]. S pikami so označena poročana merilna mesta v EU, z barvo pa razred v katerega se uvrščajo glede na povprečno letno koncentracijo  $PM_{10}$ .



**Slika 3.14:** Primerjava ravni onesaženosti zraka z delci  $PM_{2,5}$  v Evropski Uniji v letu 2012 [24]. Graf prikazuje 90.41 percentil dnevnih vrednosti  $PM_{10}$ , ki sovpada 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). Prikazane so najnižja in najvišja vrednost (36. najvišja vrednost za merilno mesto), oba kvartila in povprečna 36. najvišja vrednost za posamezno državo.



**Slika 3.15:** Onesnaženost Evropske unije z delci  $PM_{2,5}$  [24]. S pikami so označena poročana merilna mesta v EU, z barvo pa razred v katerega se uvrščajo glede na povprečno letno koncentracijo  $PM_{2,5}$ .

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

---

### 4.1 Benzo(a)piren

Benzo(a)piren je policiklična aromatska spojina s petimi obroči. Nastaja pri nepopolnem zgorevanju različnih 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 energetska 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.

#### 4.1.1 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 [22]. Prikazana je v tabeli (4.1).

**Tabela 4.1:** Ciljna vrednost za benzo(a)piren.

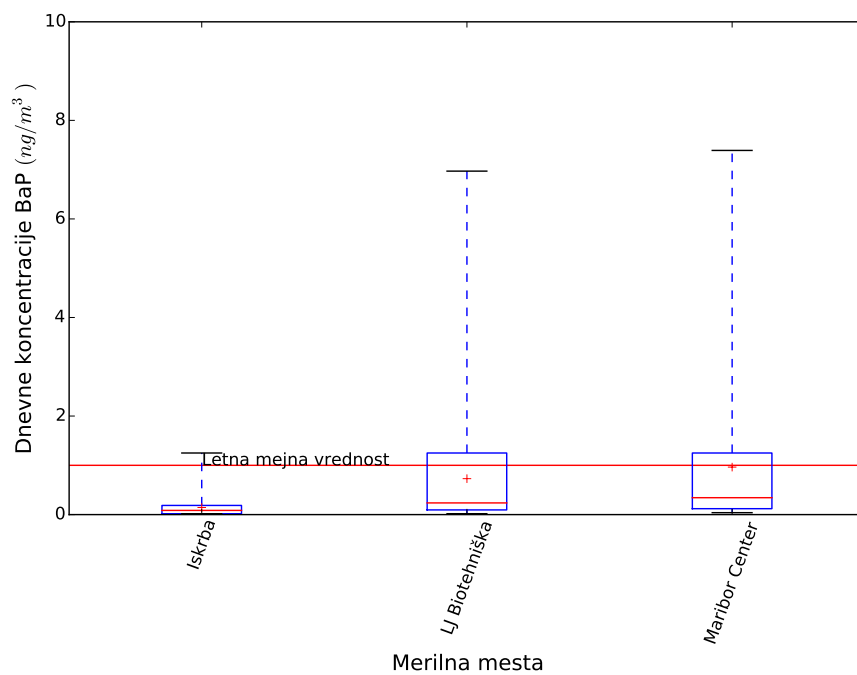
onesnaževalo	cilj	čas povprečenja	vrednost
Benzo(a)piren	ciljna vrednost zdravje	eno leto	1 ng/m <sup>3</sup>

#### 4.1.2 Ravni onesanženosti

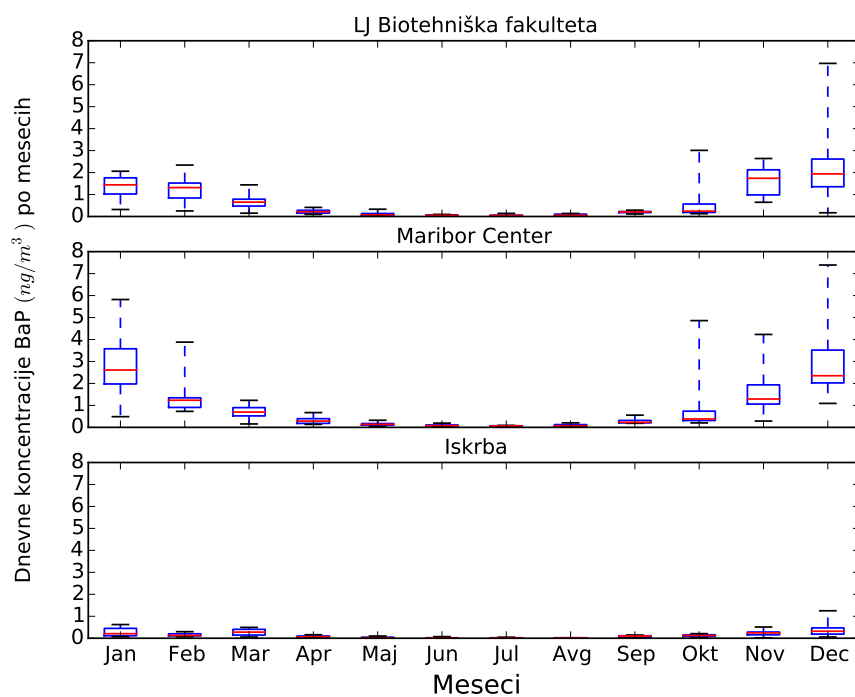
Pregled izmerjenih vrednosti benzo(a)pirena v letu 2014 je prikazan v tabeli 4.2 ter slikah 4.1 in 4.2. Meritve smo izvajali na treh merilnih mestih – Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Center in Iskrba. Na merilnem mestu Maribor Center je bila izmerjena letna vrednost blizu ciljni vrednosti. Na Iskrbi je bila letna vrednost po pričakovanjih najnižja in je znašala le desetino ciljne vrednosti. Na merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor Center je velika razlika med najvišjo izmerjeno vrednostjo in mediano (slika 4.1). Ocenjujemo, da so te vrednosti posledica izjemnih dogodkov povezanih z dejavnostjo v okolici merilnega mesta. Letni poteki koncentracij benzo(a)pirena (slika 4.2) kažejo, da so najvišje koncentracije izmerjene v hladnejšem obdobju leta. Takrat so izpusti večji, dodatno pa so za hladno obdobje leta značilni tudi neugodni meteorološki pogoji. Poleti so koncentracije na vseh lokacijah znatno nižje. Primerjava koncentracij benzo(a)pirena v obdobju od 2009 do 2014 kaže, da onesnaženost ostaja približno na istem nivoju (slika 4.3).

**Tabela 4.2:** Letna razpoložljivost z dnevnimi podatki (% pod) in povprečna letna koncentracija ( $C_p$ ) benzo(a)pirena.

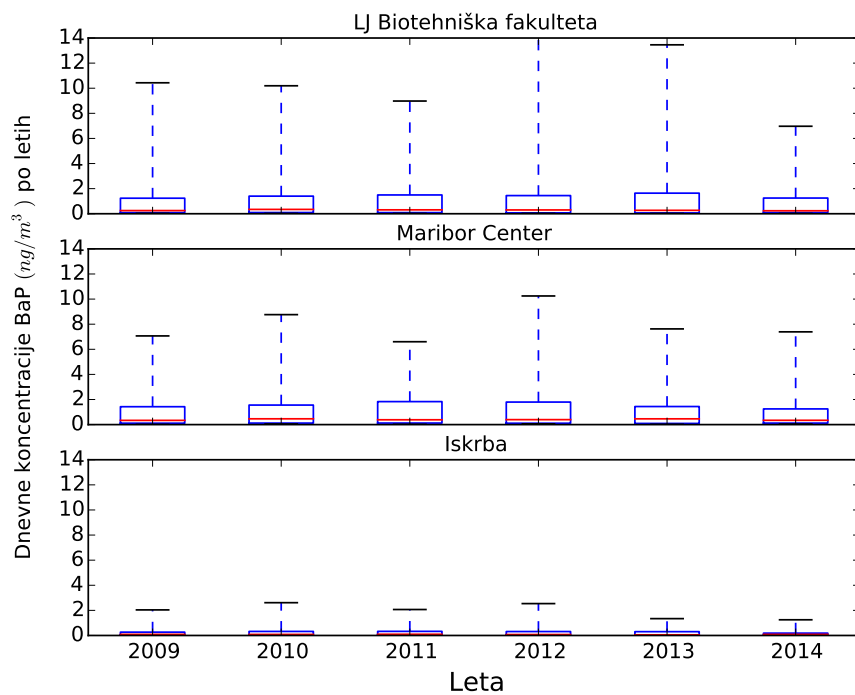
	% pod.	$C_p$ (ng/m <sup>3</sup> )
LJ Biotehniška	50	0,73
Maribor center	50	0,96
Iskrba	49	0,14



**Slika 4.1:** Dnevne koncentracije benzo(a)pirena na merilnih mestih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja letna koncentracija, oba kvartila in mediana. Križci označujejo povprečno letno koncentracijo.



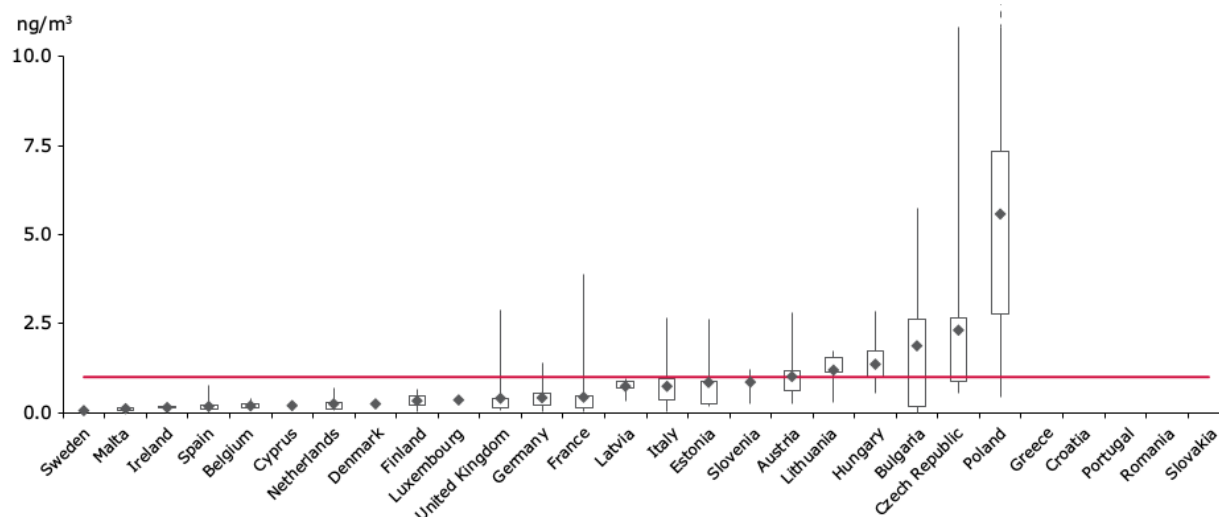
**Slika 4.2:** Porazdelitev dnevni koncentracij benzo(a)pirena na različnih postajah po mesecih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana za posamezen mesec.



**Slika 4.3:** Porazdelitev dnevni koncentracij benzo(a)pirena na različnih postajah po letih. Za vsako leto so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

### 4.1.3 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Slovenija se po onesnaženosti z benzo(a)pirenom uvršča v zgornjo polovico držav. Koncentracije benzo(a)pirena so najvišje na Poljskem, v Bolgariji in na Češkem, kar je v veliki meri posledica uporabe trdih goriv za ogrevanje. Ravni onesnaženosti presegajo letno ciljno vrednost v večini držav EU (slika 4.4)



**Slika 4.4:** Skladnost z letnimi ciljnim vrednostmi za BaP v državah EU v letu 2011 [24]. Graf predstavlja povprečno vrednost BaP na merilnih mestih v državah EU v primerjavi z mejno vrednostjo (rdeča črta). Prikazane so maksimalna in minimalna vrednost, oba kvarila in srednja vrednost za posamezne države.

## 4.2 Težke kovine

Izpusti arzena (As), kadmija (Cd), svinca (Pb) in niklja so posledica aktivnosti več industrijskih dejavnosti in zgorevanja premoga. Čeprav so v ozračju njihove ravni nizke, pa prispevajo k depoziciji in zato ponekod povišani vsebnosti tako v zemlji in sedimentih kot tudi v organizmih. Težke kovine v okolju ostajajo, nekatere se v živih organizmih akumulirajo in tako lahko 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 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. Neznemarljiv vir pa predstavlja tudi gnojenje, tako z mineralnimi kot organskimi gnojili. Nevaren je predvsem kostem in ledvicam, poveča pa se tudi tveganje za pljučnega raka.

Antropogeni viri svinca 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

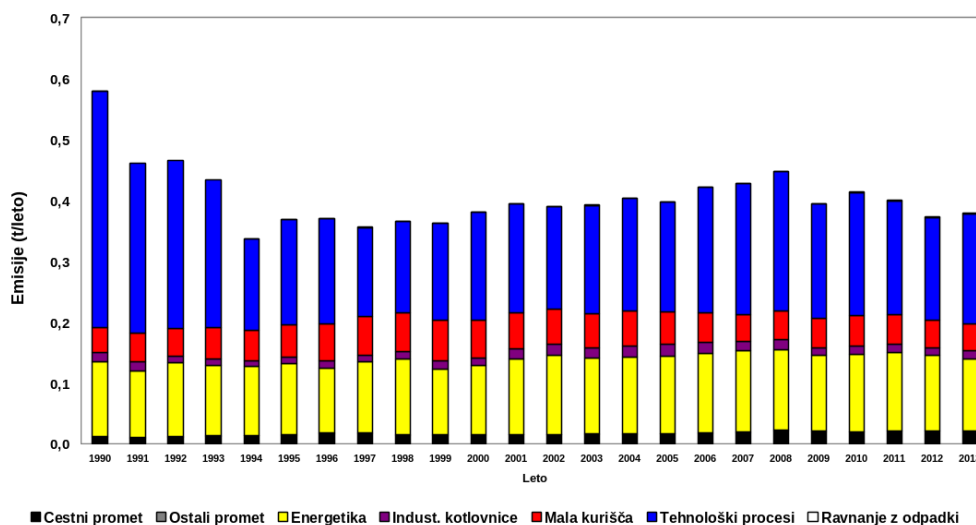
vpliv na možgane. Poleg možganov in živčevja se kopiči tudi v ledvicah, jetrih in kosteh.

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, v višjih koncentracijah 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.

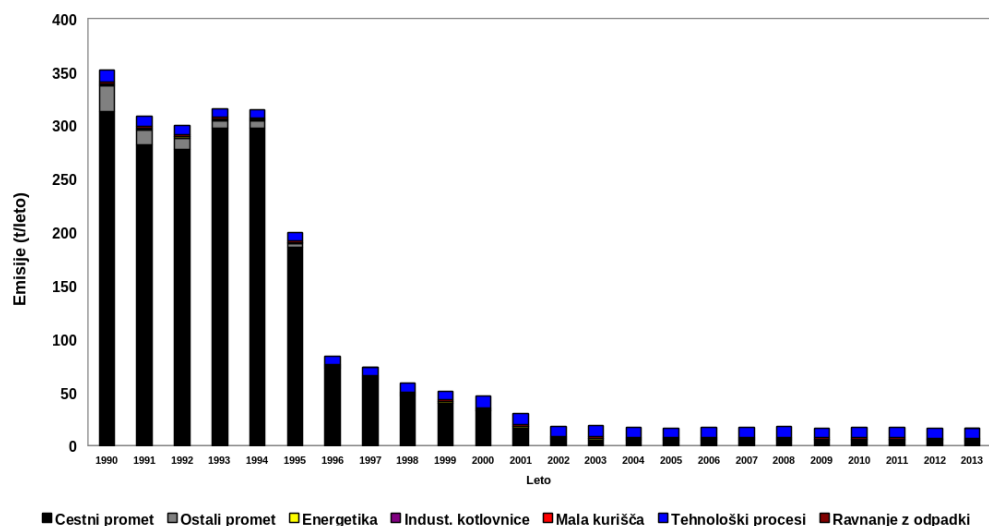
#### 4.2.1 Izpusti

Letni izpusti kadmija (Cd) v Sloveniji so leta 2013 znašali 0,38 ton. V primerjavi z letom 1990 (izhodiščno leto) so se zmanjšali za 35 %. Največji delež k skupnim izpustom Cd v letu 2013 so prispevali tehnološki procesi (45 %). Letni izpusti svinca v Sloveniji so leta 2013 znašali 16 ton. V primerjavi z letom 1990 (izhodiščno leto) so se zmanjšali za 95 %.

Največji delež k skupnim izpustom svinca v letu 2013 so prispevali tehnološki procesi (58 %). Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [23]. Skupne državne vrednosti izpustov kadmija in svinca ne smejo presegati vrednosti iz izhodiščnega leta 1990.



Slika 4.5: Letni izpusti kadmija po sektorjih v Sloveniji.



Slika 4.6: Letni izpusti svineca po sektorjih v Sloveniji.

#### 4.2.2 Zahteve za kakovost zraka

Ciljne vrednosti za težke kovine so predpisane v Uredbi o arzenu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [22]. Prikazane so v tabeli 4.3.

Tabela 4.3: Mejna vrednost za svinec in ciljne vrednosti za arzen, kadmij, nikelj, svinec.

Onesnaževalo	Cilj	Čas povprečenja	Ciljna vrednost
Arzen	zdravje	eno leto	6 ng/m <sup>3</sup>
Kadmij	zdravje	eno leto	5 ng/m <sup>3</sup>
Nikelj	zdravje	eno leto	20 ng/m <sup>3</sup>
Svinec	zdravje	eno leto	500 ng/m <sup>3</sup>

#### 4.2.3 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih povprečnih dnevni vrednosti težkih kovin v letu 2014 je prikazan v tabeli 4.4 in na slikah 4.7 do 4.10. Meritve svineca, kadmija, arzena in niklja smo izvajali na štirih merilnih mestih – Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Center, Žerjav in Iskrba. Letne cilje vrednosti niso bile presežene na nobenem merilnem mestu. Najvišje koncentracije svineca, kadmija in arzena so bile izmerjene v Žerjavu, najvišje koncentracije niklja pa na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta. Na vseh lokacijah opažamo, da najvišje izmerjene vrednosti precej odstopajo od povprečnih vrednosti in median. Te vrednosti so posledica izjemnih dogodkov povezanih z dejavnostjo v okolici merilnih mest.

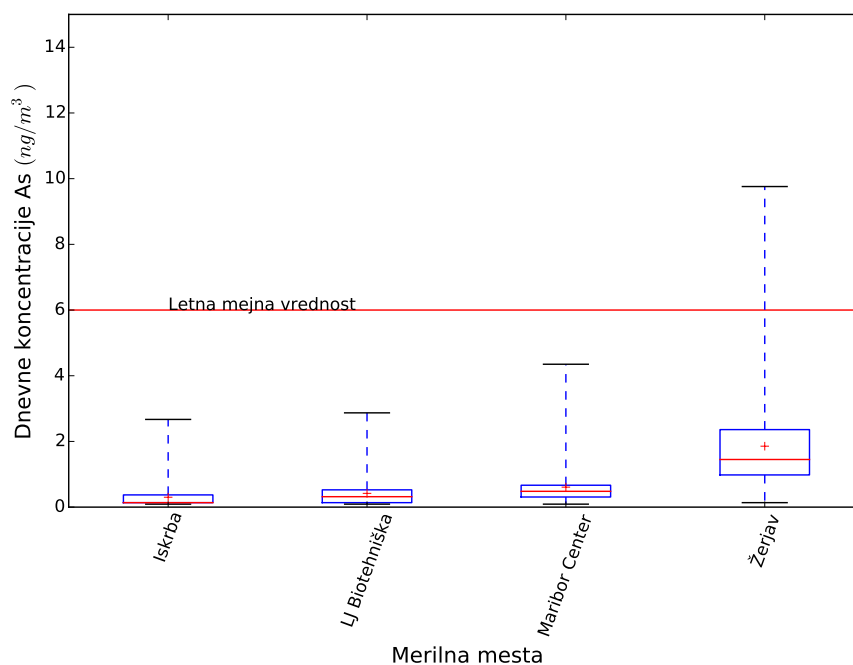
Letni poteki koncentracij težkih kovin kažejo, da so koncentracije najvišje v hladnejšem obdobju leta (glej slike 4.11 do 4.14). Takrat so izpusti večji, dodatno pa so za hladno obdobje leta značilni tudi neugodni meteorološki pogoji za razredčevanje izpustov. Zimski maksimumi so manj izraziti na merilnem mestu Žerjav, kjer so povišani nivoji svineca povezani z delovanjem okoliške industrije. Obenem ni mogoče izključiti resuspenzije svineca iz kontaminirane zemlje. Primerjava koncentracij težkih kovin v obdobju od 2009 do 2014 kaže, da razen svineca na merilnem mestu



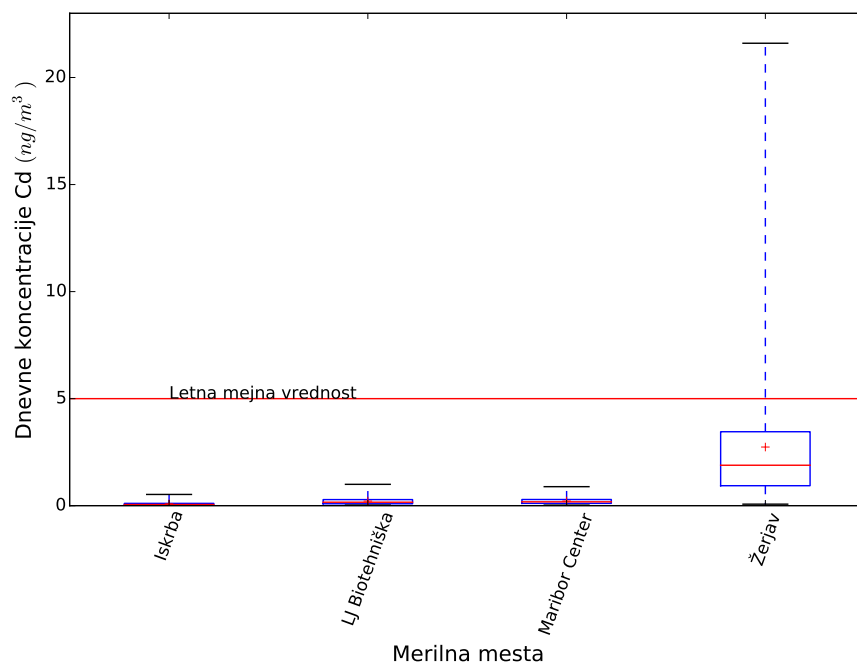
Maribor Center obremenjenost ostaja približno na istem nivoju (glej slike 4.15 do 4.18). Povprečna letna koncentracija svinca je bila v letu 2014 v Mariboru petkrat višja kot v preteklem letu, razlog je v nekaj zelo visokih dnevni koncentracijah, ki so bile izmerjene tekom celega leta. Najvišja dnevna koncentracija svinca je v letu 2014 znašala  $289 \text{ ng/m}^3$ , kar je mnogo več kot v prejšnjih letih ( $2013\text{-}37 \text{ ng/m}^3$ ,  $2012\text{-}31 \text{ ng/m}^3$ ,  $2011\text{-}58 \text{ ng/m}^3$ ). Razloga za občasne visoke koncentracije svinca v Mariboru nismo uspeli določiti.

**Tabela 4.4:** Letna pokritost s podatki (% pod) in povprečne koncentracije težkih kovin ( $C_p$ ) v letu 2014.

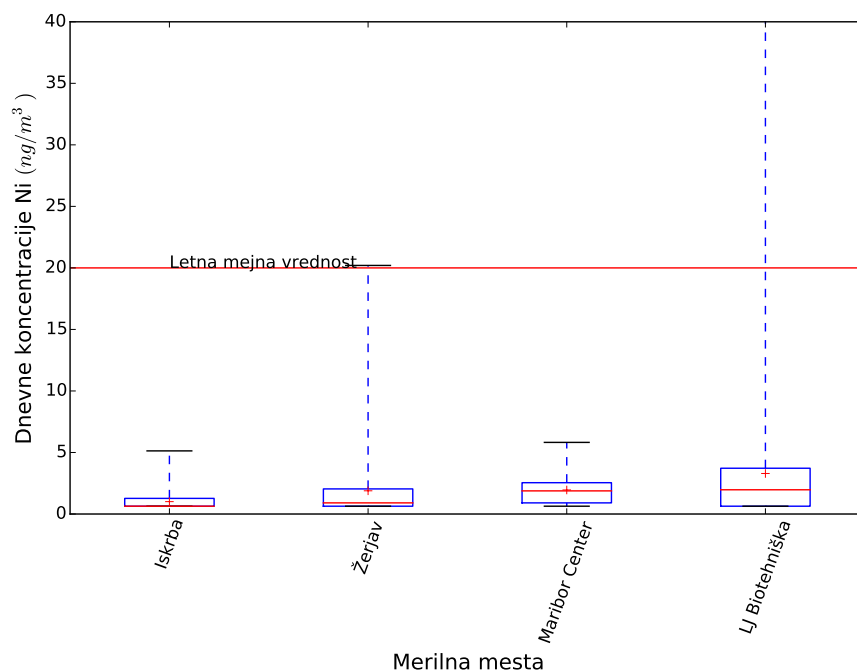
kraj	% pod	Arzen ( $\text{ng/m}^3$ )	Nikelj ( $\text{ng/m}^3$ )	Kadmij ( $\text{ng/m}^3$ )	Svinec ( $\text{ng/m}^3$ )
		$C_p$	$C_p$	$C_p$	$C_p$
LJ Biotehniška fak.	49	0,42	3,29	0,22	5,6
Maribor Center	50	0,61	1,95	0,22	25
Iskrba	49	0,30	1,01	0,09	2,3
Žerjav	49	1,86	1,89	2,74	329



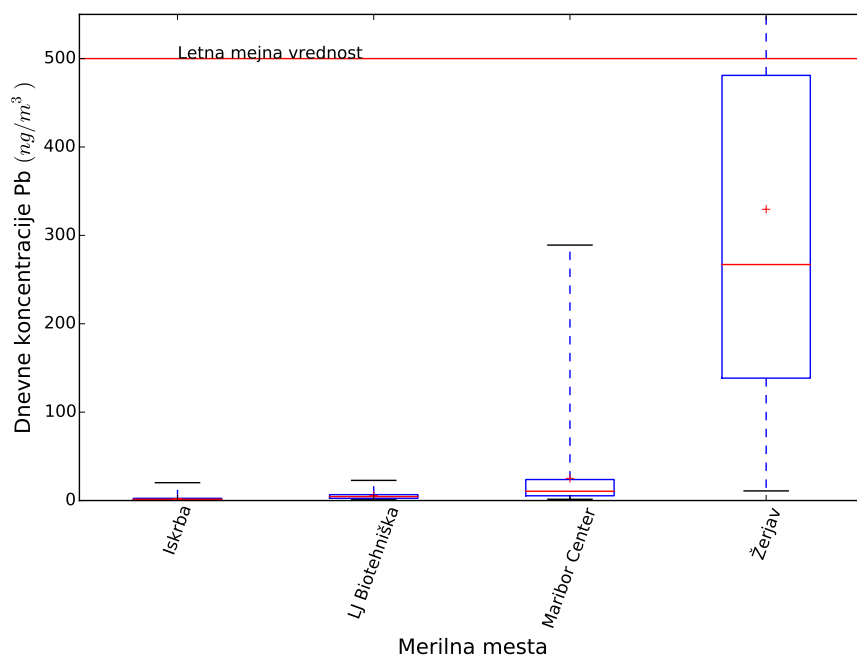
**Slika 4.7:** Porazdelitev dnevni koncentracij arzena na štirih merilnih mestih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno koncentracijo.



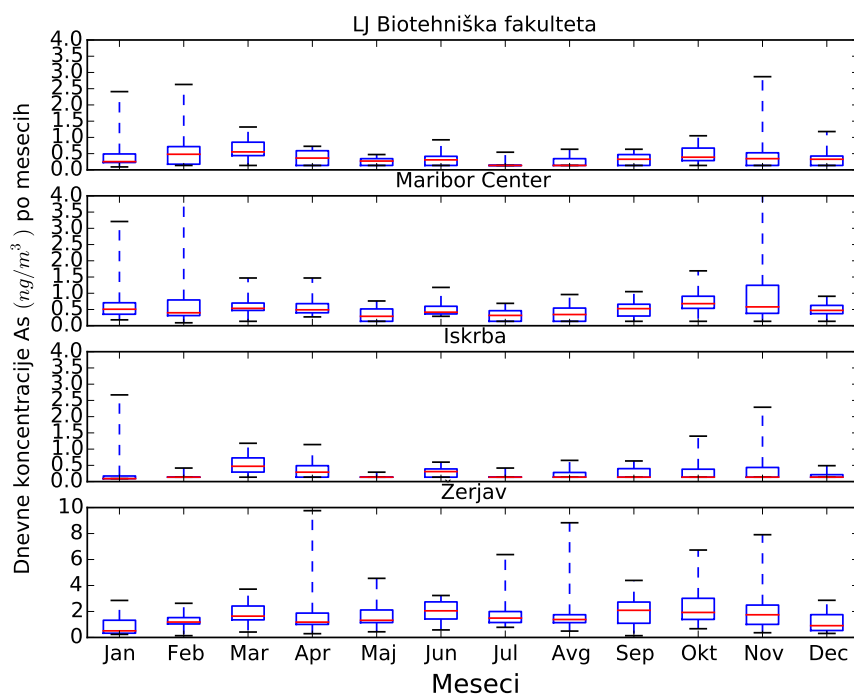
**Slika 4.8:** Porazdelitev dnevni koncentracij kadmija na štirih merilnih mestih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno koncentracijo.



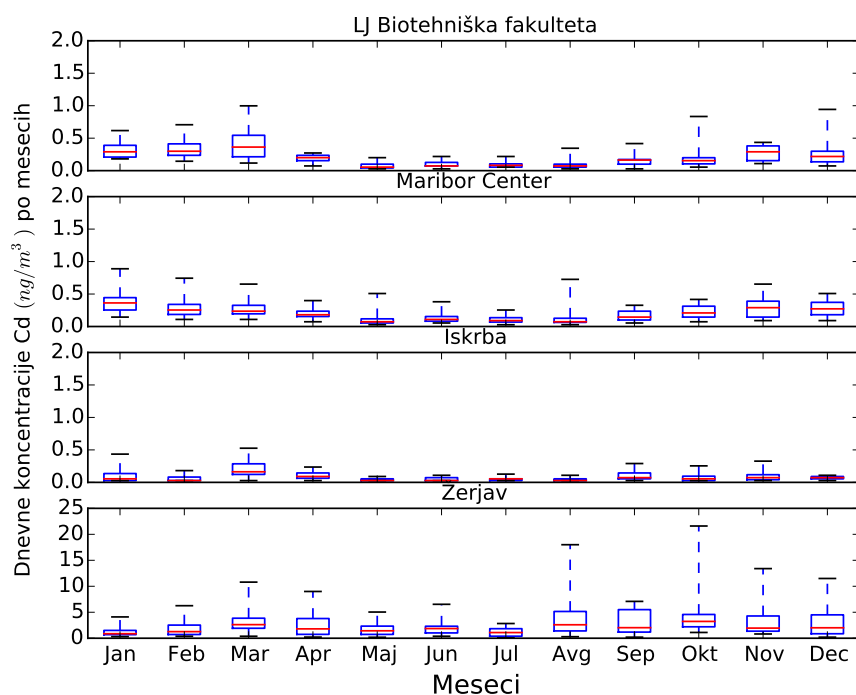
**Slika 4.9:** Porazdelitev dnevni koncentracij nikelj na štirih merilnih mestih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno koncentracijo.



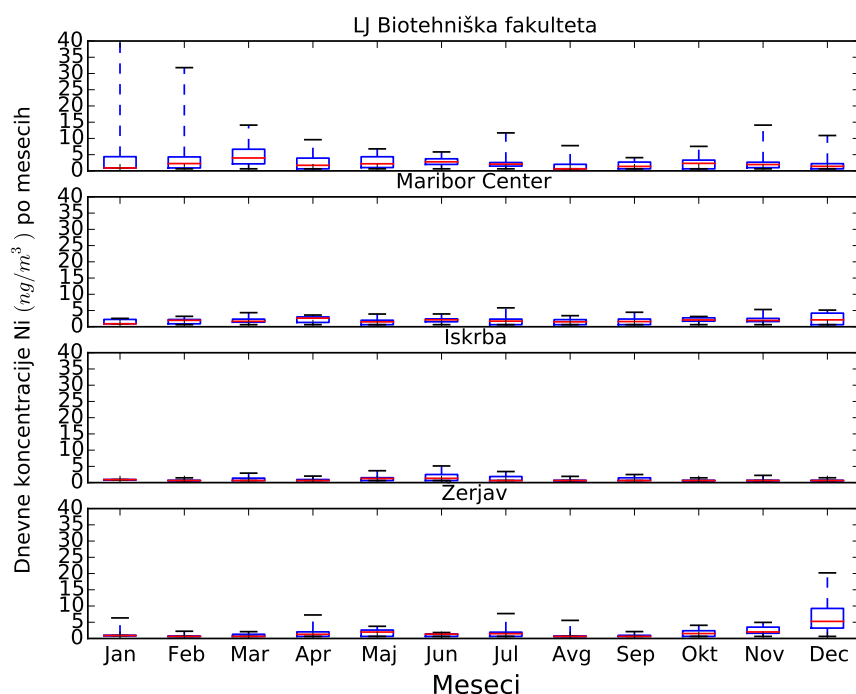
**Slika 4.10:** Porazdelitev dnevni koncentracij svinec na štirih merilnih mestih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno koncentracijo.



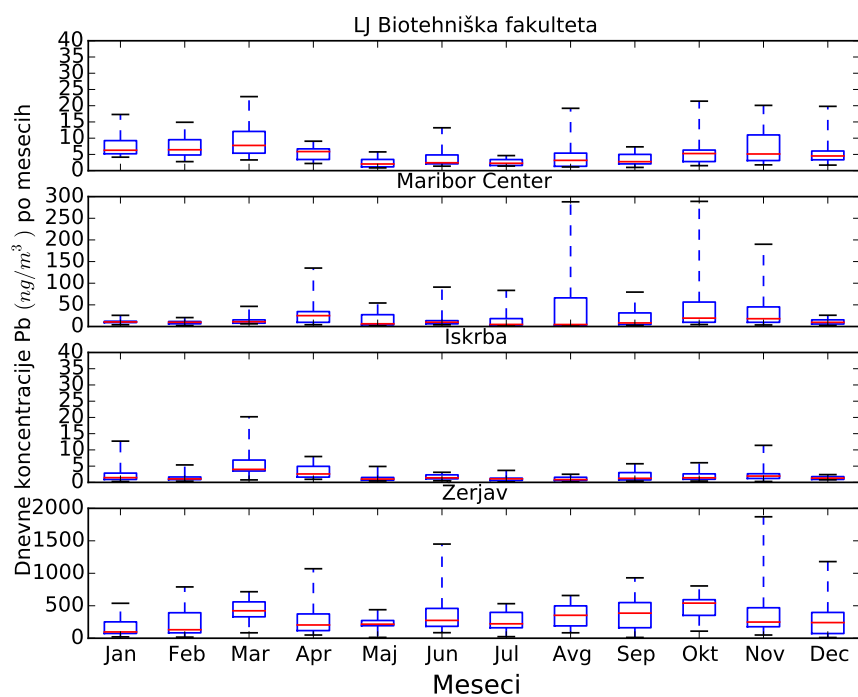
**Slika 4.11:** Porazdelitev dnevni koncentracij arzen na štirih merilnih mestih po mesecih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



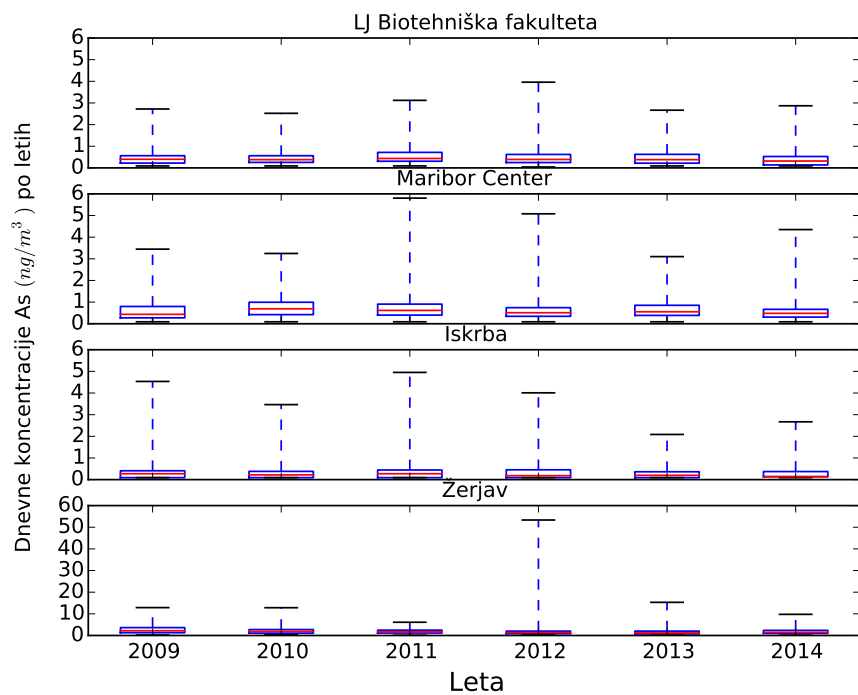
**Slika 4.12:** Porazdelitev dnevni koncentracij kadmij na štirih merilnih mestih po mesecih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



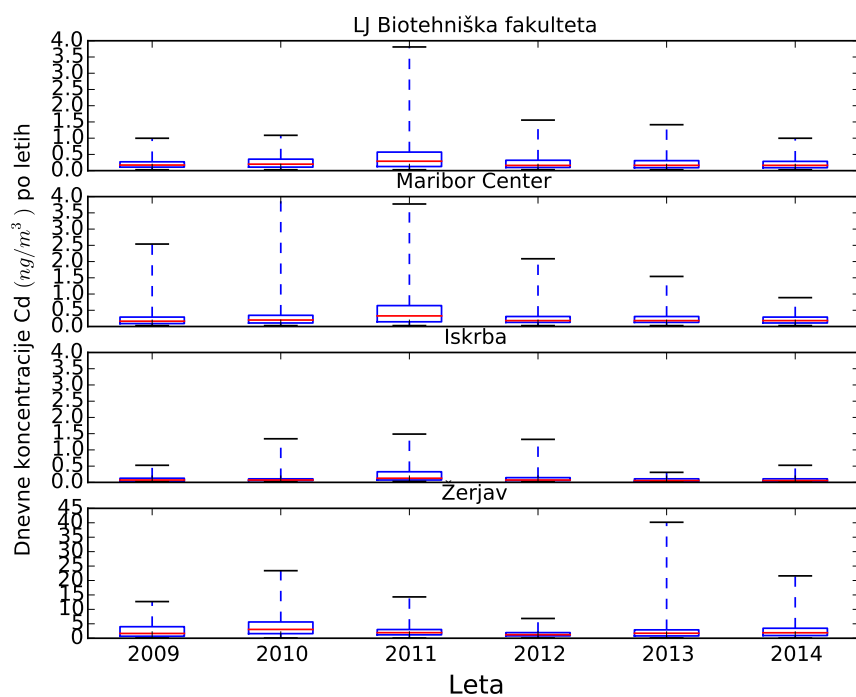
**Slika 4.13:** Porazdelitev dnevni koncentracij nikelj na štirih merilnih mestih po mesecih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



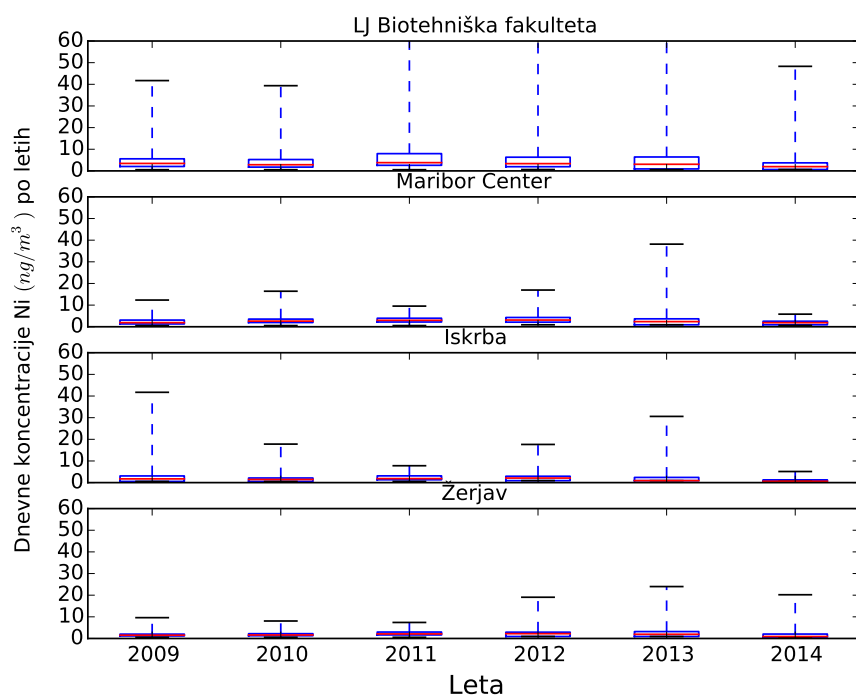
**Slika 4.14:** Porazdelitev dnevnih koncentracij svinec na štirih merilnih mestih po mesecih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



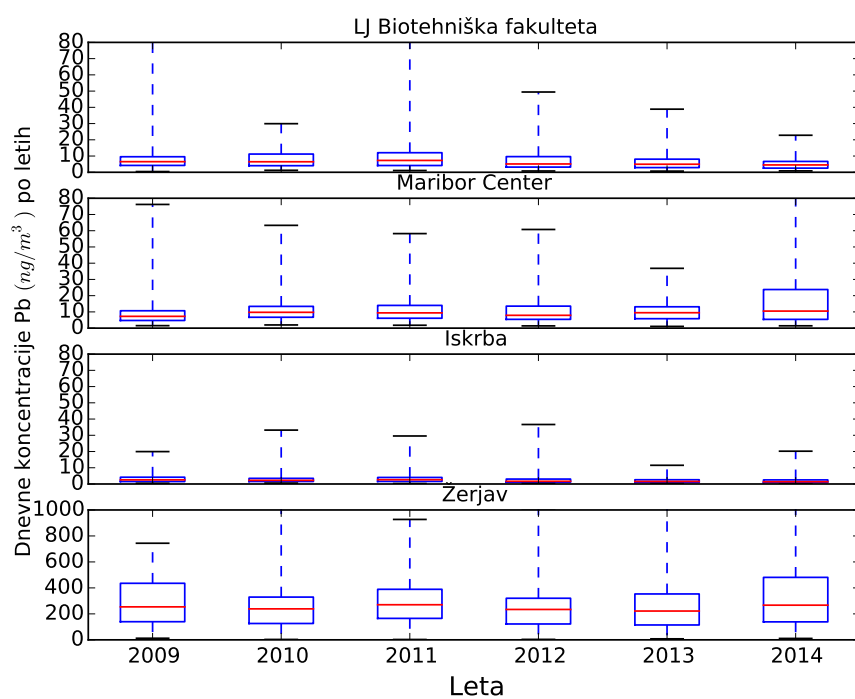
**Slika 4.15:** Porazdelitev dnevnih koncentracij arzen na štirih merilnih mestih po letih. Za vsako leto so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



**Slika 4.16:** Porazdelitev dnevnih koncentracij kadmij na štirih merilnih mestih po letih. Za vsako leto so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



**Slika 4.17:** Porazdelitev dnevnih koncentracij nikelj na štirih merilnih mestih po letih. Za vsako leto so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



**Slika 4.18:** Porazdelitev dnevni koncentracij svinec na štirih merilnih mestih po letih. Za vsako leto so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.





## 5. Ozon

---

Ozon je plin, katerega molekula je sestavljena iz treh atomov kisika. Zaradi nestabilne strukture molekule je močno reaktiven in zato v prevelikih koncentracijah škodljiv. V ozračju sta dve plasti z večjo vsebnostjo ozona:

- stratosferski ozon na višini okoli 20 km nad tlemi, ki absorbira večino ultravijoličnih žarkov v sončni svetlobi in s tem ščiti življenje na Zemlji
- troposferski ozon, ki se nahaja v plasti od tal do nekaj kilometrov nad površjem in v preveliki koncentraciji škoduje zdravju ljudi in naravi

V prizemni plasti zraka ni neposrednih izpustov ozona, zato ga uvrščamo med sekundarna onesnaževala. Do njegovega nastanka v ozračju pride s fotokemičnimi reakcijami iz dušikovih oksidov, ki jih sprošča v ozračje največ promet (motorji z notranjim izgorevanjem), in iz lahkih organskih snovi, ki jih prispevajo promet, industrija in obrt, distribucija motornih goriv ter kurjenje biomase in uporaba topil v gospodinjstvih. Reakcije so intenzivnejše ob visoki temperaturi in močnem sončnem obsevanju, zato je onesnaženost zraka z ozonom največja poleti. Snovem, iz katerih nastaja ozon, pravimo predhodniki ozona in obsegajo dušikove okside (NO in NO<sub>2</sub>) ter hlapne organske spojine (npr. etan, propan, butan, pentan, izopren, heksan, benzen, toluen, kisilen, trimetilbenzen, ...).

Na prometnih merilnih mestih (npr. Maribor Center, Zagorje) so koncentracije 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 višjo nadmorsko višino in odprtim reliefom imajo vse bolj značilnosti prostega ozračja, kjer je na eni strani majhen neposredni vpliv emisij predhodnikov ozona, na drugi strani pa je močnejše sevanje sonca. To se kaže v nižjih maksimalnih koncentracijah ozona, medtem ko so povprečne koncentracije višje kot v nižjih predelih Primorske in Obale.

### 5.1 Zahteve za kakovost zraka

V Uredbi o kakovosti zunanega zraka [13] za ozon ni predpisanih mejnih vrednosti. Za varovanje zdravja je predpisana ciljna maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost, ki je lahko presežena največ 25-krat v koledarskem letu kot povprečje zadnjih treh let. Za varovanje rastlin je predpisana vrednost AOT40. Predpisane so ciljne, opozorilne in alarmne vrednosti, ki so podane v tabeli 5.1.

**Tabela 5.1:** Ciljne, opozorilne in alarmne vrednosti za ozon.

	Cilj	Čas merjenja	Mejna ali ciljna vrednost	Dovoljeno število preseganj
Ciljna vrednost	Zdravje	maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25 dni v triletnem povprečju
Ciljna vrednost	Vegetacija	AOT40 akumulirana od maja do julija	18000 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) · 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 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) · h	
Opozorilna vrednost	Opozorilo	1 ura	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Alarmna vrednost	Alarm	1 ura	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

AOT40 vrednost je izražena v ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) · ure in pomeni vsoto razlik med urnimi koncentracijami večjimi od 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in koncentracijo 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).

## 5.2 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih koncentracij ozona in število preseženih ciljnih, opozorilnih in alarmnih vrednosti je podan v tabeli 5.2.

Najvišja povprečna letna vrednost 92  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  je bila izmerjena na Krvavcu. Višje koncentracije ozona so bile izmerjene na merilnih mestih v višjih legah in na Primorskem, najnižje pa na merilnih mestih izpostavljenih izpustom iz prometa. Predvidevamo, da bi bila povprečna letna koncentracija v Novi Gorici 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. Dovoljeno število preseganj pa je bilo večje le na Primorskem in na višje ležečih merilnih mestih (Nova Gorica, Koper, Otlica, Krvavec, Vnajarje, Zavodnje, Kovk in Sv. Mohor). V preteklih letih je bilo število preseganj ciljne vrednosti manjše od dovoljenega le na merilnih mestih v urbanem okolju, ki so bolj izpostavljene prometu. Največ preseganj je bilo izmerjenih na Kovku in Krvavcu. Visoke koncentracije ozona in s tem povezana preseganja 8-urne ciljne vrednosti so bila izmerjena le v topli polovici leta med marcem in septembrom, kar je razvidno iz tabel 5.5 do 5.5 in iz slike 5.3. AOT40 vrednost je bila presežena na večini ruralnih merilnih mest.

Ob preseganju teh vrednosti je potrebno izdati opozorilo o preseganju in pričakovanem trajanju takšne situacije. V letu 2014 tako alarmna kot opozorilna vrednost nista bili preseženi. Najvišja urna vrednost je bila v letu 2014 izmerjena na Kovku, v okviru DMKZ pa na merilnem mestu Koper. Urne vrednosti koncentracij ozona so bile najnižje na merilnih mestih pod vplivom prometa, najvišje pa na merilnih mestih na Primorskem (slika 5.1). Zaradi vpliva sončnega obsevanja in temperature zraka na kemijske reakcije, pri katerih nastaja ozon, so koncentracije tega onesnaževala poleti precej višje kot pozimi (tabele 5.3, 5.4, 5.5, slika 5.3). Na sliki 5.3 so prikazane mesečne statistične vrednosti za več merilnih mest skupaj, ločeno za urbano in ruralno okolje. Letni potek je podoben za obe skupini, vrednosti pa so na ruralnih merilnih mestih višje. V letu 2014 so bile najvišje koncentracije izmerjene maja in junija. Zaradi pogostih padavin, ne tako visokih temperatur in dobre prevetrenosti so bile koncentracije ozona julija in avgusta nižje kot v preteklih letih.

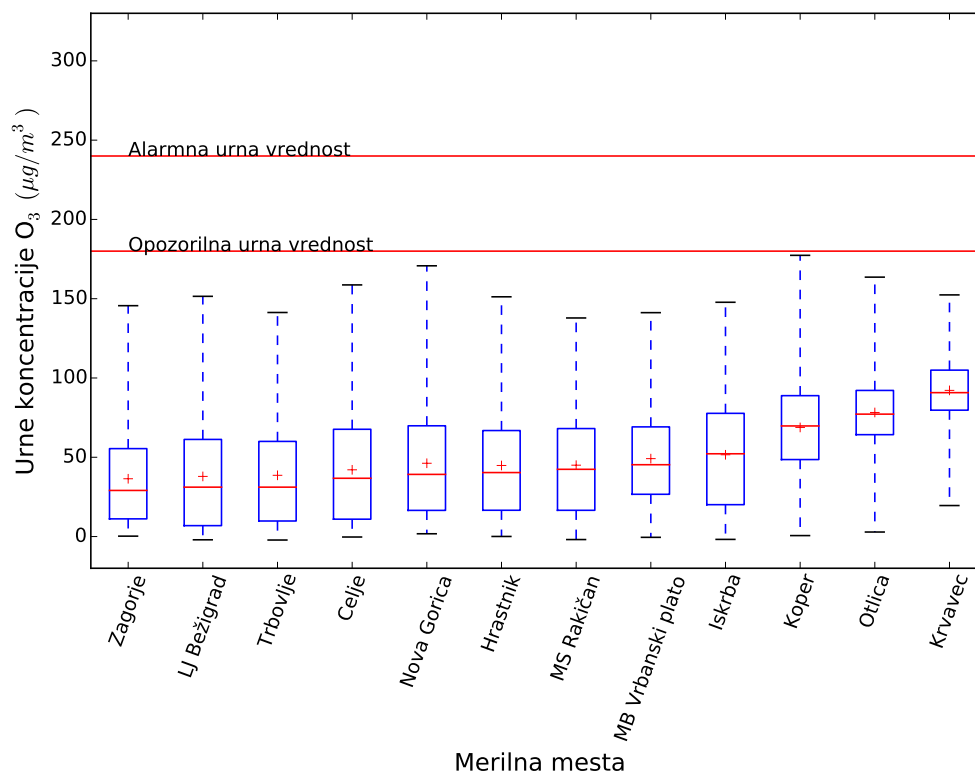
Za ozon je značilen izrazit dnevni hod, ki je za izbrana merilna mesta prikazan na sliki 5.2.

Na merilnih mestih v nižinah nastopi izrazit maksimum koncentracij okrog 14. ure, ko je sončno obsevanje močno in so temperature zraka najvišje. Najnižje koncentracije pa 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, ker sproti doteka zrak s povišanjem ravno ozona. Ozon ima na teh območjih tudi precej manj možnosti za reakcije z drugimi snovmi in površinami.

Povprečne letne koncentracije ozona ne kažejo opaznih trendov. Razlike med posameznimi leti so posledica vremenskih razmer, posebej tistih poletij. 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 2008 značilno manjše število preseganj ciljne 8-urne vrednosti. Podatki o povprečnih letnih koncentracijah ozona za posamezna merilna mesta in številu preseganj ciljne 8-urne vrednosti so podani v tabelah 5.7 in 5.8, na slikah 5.4 in 5.5 pa so prikazane statistične vrednosti za vsa merilna mesta po posameznih letih. Število preseganj opozorilne vrednosti za obdobje 2002 do 2014 je prikazano v tabeli 5.9.

**Tabela 5.2:** Koncentracije ozona v zunanjem zraku ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) v letu 2014. Prikazana je nadmorska višina (n.v.), razpoložljivost podatkov (% pod), povprečna letna koncentracija ( $C_p$ ), maksimalna urna in maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost (max), število preseganj opozorilne (>OV) in alarme vrednosti (>AV), število prekoračitev 8-urne ciljne vrednosti in AOT40.

Merilno mesto	n.v. (m)	%pod	Leto $C_p$	varovanje zdravja				varovanje rastlin maj-julij	
				1 ura max	>OV	>AV	8 ur max	>CV	AOT40
Merilna mreža DMKZ									
Ljubljana Bežigrad	299	99	38	152	0	0	146	7	13202
Maribor Vrbanski pl.		96	49	141	0	0	134	7	14826
Celje	240	99	42	159	0	0	151	10	11387
Murska Sobota Rakičan	188	99	45	138	0	0	130	9	15699
Nova Gorica	113	97	46	171	0	0	162	<b>31</b>	<b>22189</b>
Trbovlje	250	99	39	141	0	0	137	10	11633
Zagorje	241	97	36	146	0	0	137	1	8917
Hrastnik	290	100	45	151	0	0	142	15	15107
Koper	56	98	69	177	0	0	158	<b>42</b>	<b>29947</b>
Otlica	918	94	78	164	0	0	150	<b>31</b>	<b>22288</b>
Iskrba	540	99	52	148	0	0	141	24	15985
Krvavec	1740	98	92	152	0	0	146	<b>58</b>	<b>29523</b>
Dopolnilna merilna mreža									
TE-TOL									
Vnajnarje	656	88	76	152	0	0	0	<b>40</b>	<b>22703</b>
TE Šostanj									
Zavodnje	770	97	70	142	0	0	134	<b>30</b>	20644
Velenje	390	100	46	154	0	0	136	18	18113
TE Trbovlje									
Kovk	613	96	80	179	0	0	169	<b>64</b>	<b>31897</b>
TE Brestanica									
Sv. Mohor	390	99	67	164	0	0	150	<b>35</b>	<b>20363</b>
MO Maribor									
MB Pohorje	725	95	72		0	0		21	18577



**Slika 5.1:** Porazdelitev urnih koncentracij O<sub>3</sub> na merilnih mestih DMKZ v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Znak + prikazuje letno povprečje.

**Tabela 5.3:** Povprečne mesečne koncentracije ozona (µg/m<sup>3</sup>) v letu 2014.

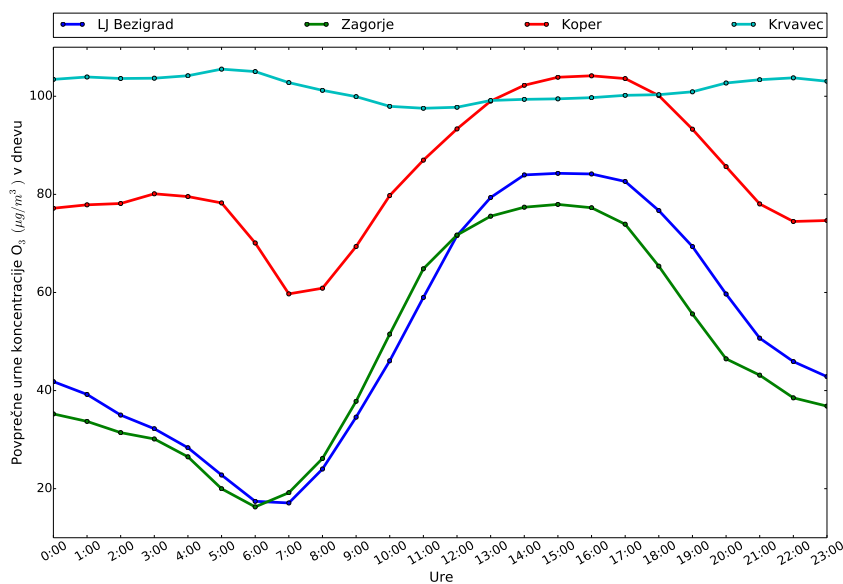
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	19	22	47	46	67	64	52	47	29	29	13	17
Maribor Vrbanski pl.	23	40	60	61	68	74	64	56	47	40	31	30
Celje	20	33	49	61	66	62	58	53	34	35	17	20
MS Rakičan	30	44	56	55	65	68	61	50	36	30	24	21
Nova Gorica	21	33	61	54	69	78	66	59	44	32	23	18
Trbovlje	27	35	54	51	60	52	41	39	27	32	19	26
Zagorje	21	28	44	48	59	57	44	43	30	26	13	21
Hrastnik	30	37	58	59	67	64	53	49	35	35	21	29
Koper	36	61	84	74	89	101	88	82	68	61	44	35
Otlica	56	76	98	92	95	97	84	81	73	70	60	53
Iskrba	42	52	64	63	62	63	56	53	43	47	36	39
Krvavec	77	80	104	108	110	111	105	92	85	80	77	77
Pohorje	48	68	85	87	92	97	94	77	64	60	44	52
Vnajnarje	64	63	93	87	97	97	86	83	71	71	44	44
Zavodnje	42	70	85	87	93	97	88	74	66	59	40	43
Velenje	22	37	53	60	75	72	63	53	36	34	23	17
Kovk	52	70	97	93	102	109	96	91	73	73	47	44
Sv. Mohor	47	59	87	84	89	89	80	74	56	57	38	43

**Tabela 5.4:** Maksimalne urne koncentracije ozona ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) po mesecih v letu 2014.

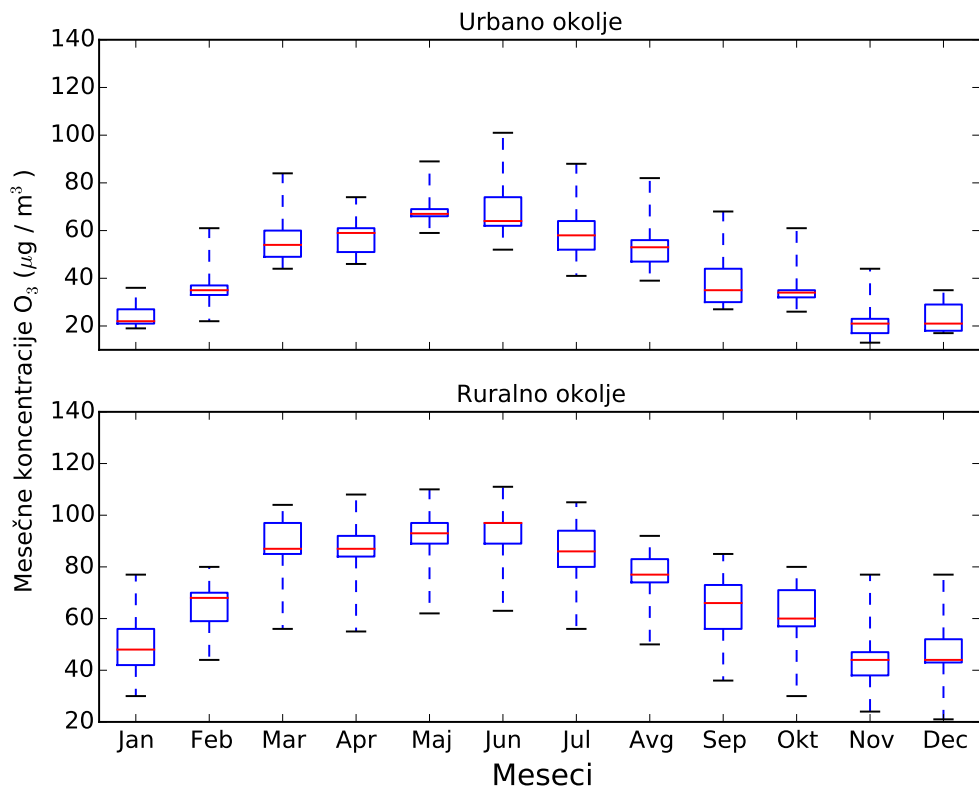
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	62	84	132	125	122	138	152	131	107	103	86	68
Maribor Vrbanški plato	84	91	126	124	135	140	141	118	108	105	102	79
Celje	69	100	147	133	129	128	159	134	98	113	99	77
MS Rakičan	88	91	131	121	131	138	138	120	92	99	84	70
Nova Gorica	71	102	140	136	140	165	171	148	134	91	96	84
Trbovlje	65	92	141	139	134	139	140	123	91	104	90	72
Zagorje	64	85	125	126	120	129	146	121	81	91	81	69
Hrastnik	73	94	140	139	133	142	151	131	95	104	92	73
Koper	92	105	157	127	148	177	162	146	130	101	103	76
Otlica	87	107	154	164	139	157	163	132	127	104	96	93
Iskrba	81	95	140	143	137	138	148	123	100	107	101	88
Krvavec	105	112	139	152	151	151	152	130	111	112	101	100

**Tabela 5.5:** Število prekršitev 8-urne ciljne koncentracije ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ozona v letu 2014.

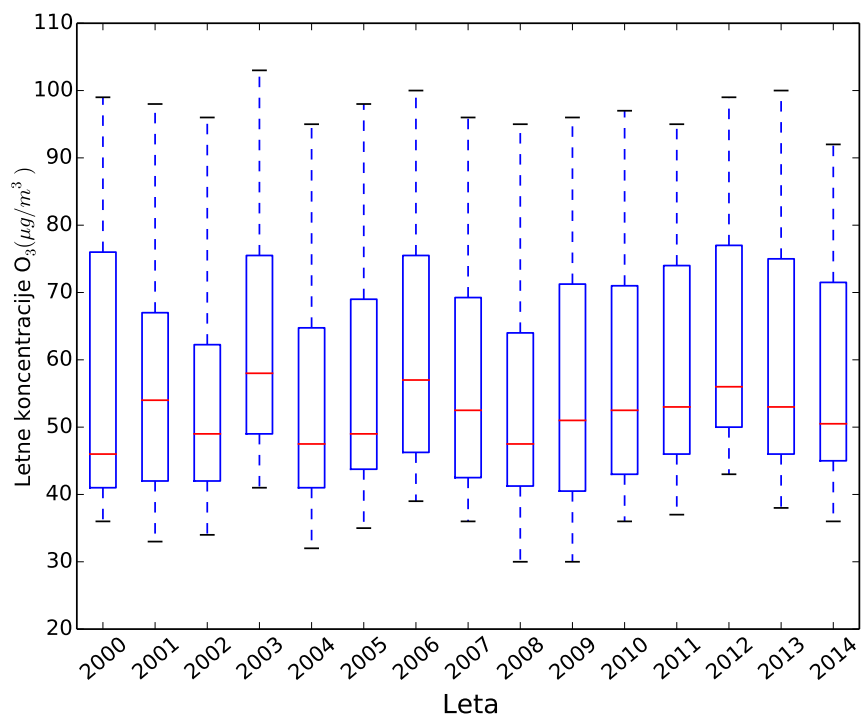
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	0	0	1	0	0	3	2	1	0	0	0	0
Maribor Vrbanški plato	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	0
Celje	0	0	4	1	0	0	4	1	0	0	0	0
MS Rakičan	0	0	0	0	0	6	3	0	0	0	0	0
Nova Gorica	0	0	4	0	5	12	7	2	1	0	0	0
Trbovlje	0	0	4	2	3	0	1	0	0	0	0	0
Zagorje	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Hrastnik	0	0	4	1	4	3	2	1	0	0	0	0
Koper	0	0	5	0	7	15	11	4	0	0	0	0
Otlica	0	0	9	4	5	9	3	1	0	0	0	0
Iskrba	0	0	9	5	2	4	4	0	0	0	0	0
Krvavec	0	0	7	8	15	15	12	1	0	0	0	0
Pohorje	0	0	3	2	6	7	3	0	0	0	0	0
Vnajarje	0	0	10	3	11	9	4	3	0	0	0	0
Zavodnje	0	0	4	3	9	8	6	0	0	0	0	0
Velenje	0	0	1	2	6	4	4	1	0	0	0	0
Kovk	0	0	12	5	12	17	12	6	0	0	0	0
Sv. Mohor	0	0	10	6	6	8	4	1	0	0	0	0
Zelena trava	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



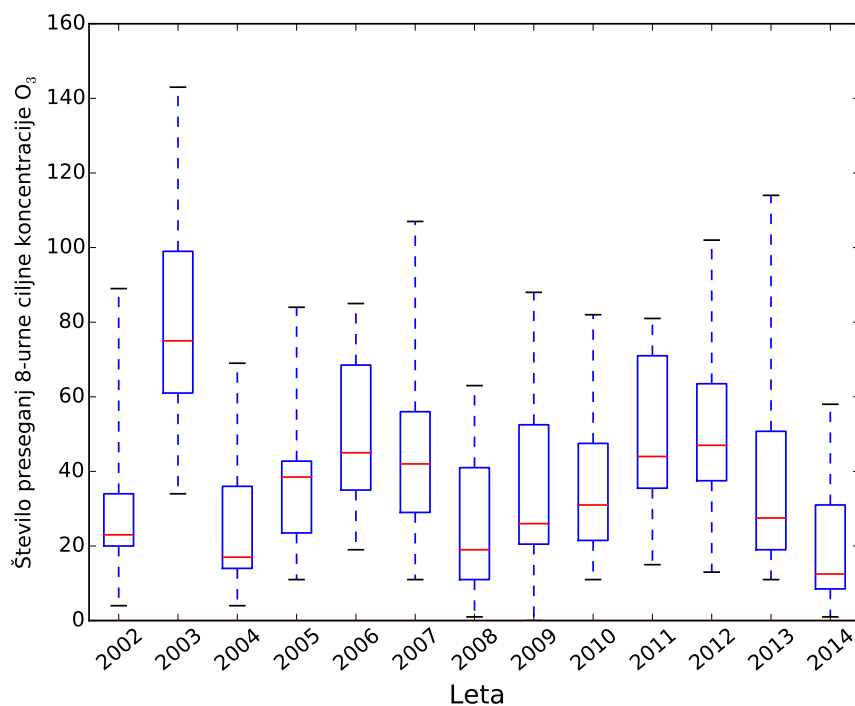
**Slika 5.2:** Povprečni dnevni potek koncentracij  $\text{O}_3$  na izbranih merilnih mestih med aprilom in septembrom 2014.



**Slika 5.3:** Porazdelitev povprečnih mesečnih koncentracij O<sub>3</sub> na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



**Slika 5.4:** Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij O<sub>3</sub> na vseh merilnih mestih za posamezna leta. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



**Slika 5.5:** Porazdelitev preseganj 8-urne ciljne vrednosti za ozon na merilnih mestih DMKZ za posamezna leta. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

**Tabela 5.6:** Število preseganj 8-urne ciljne koncentracije  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  v drsečen povprečju treh let za obdobje 2002 – 2014. Prekoračitve predpisane vrednosti so označene odebeljeno.

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

\* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

**Tabela 5.7:** Povprečne letne koncentracije ozona ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) za obdobje 1992 – 2014.

Merilno mesto	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Kravec	89	83	83	89	99	98	100	99	99	98	96	103	95	98	100	96	95	96	97	95	99	100	92	
Iskra	/	/	/	/	/	/	/	/	61	58	53	60	54	56	60	54	50	53	55	51*	56	52	52	
Otoca	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	95	88	82	83	83	80	87	88*	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	
Maribor center	/	/	/	/	/	/	/	/	36	33	37	44	34	35	39	37	37	39	40	37	43	25*	42	
Celje	/	/	/	/	/	/	/	/	41	44	46	50	38	43	45	42	41	39	42	45	49	46	39	
Trbovlje	/	/	/	/	/	/	/	/	37	/	40	48	35	37	41	38	33	40	42	41	46	43	45	
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	46	37	46	52	43	35	50	44	41	42	48	47	51	48	45	
Zagorje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	34	41	32	44	39	36	30	30	30	36	41	43	42	36	
MS Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	46	54	52	58	48	50	50	47	45	45	51	52	55	53	45	
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	45	58	47	48	50	47	43	44	46	46	53	57	53	46	
Koper	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	74	66	67	69	68	72	74	73	69	69	
Zavodnje	79	73	73	71	66	72	72	64	58	75	66	78	64	75	76	71	65	72	73	77	78	75	70	
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	38	40	54	55	43	46	54	51	42	49	51	80	52	51	46	
Kovk	70	68	69	75	69	68	61	70	76	71	65	78	69	72	72	67	61	68	71	74	76	67	80	
Sv. Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	57	68	66	64	59	54	54	48	67	75	67	
Vnanjartje	/	/	/	/	/	/	/	/	77	63	67	73	67	68	76	70	60	74	73	74	82	86*	76	
MB Vrbanški pl.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	55	53	38	49
MB Pohorje	/	/	/	/	/	/	/	/	86	/	/	88	76	79	82	76	74	74	71	71	80	76	72	

\* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.



**Tabela 5.8:** Število preseganj 8-urne ciljne vrednosti  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  v posameznem letu za obdobje 2002 – 2014.

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

\* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

**Tabela 5.9:** Število preseganj opozorilne vrednosti  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  za obdobje 2002 – 2014.

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

\* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

### 5.3 Epizode čezmerne onesnaženosti

V letu 2014 nismo zabeležili preseganj urne opozorilne vrednosti. Najvišje koncentracije smo v tem letu izmerili v mesecu juniju. Kljub visokim temperaturam v obdobju med 8. in 13. junijem opozorilna vrednost ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Razlog za relativno nizke koncentracije ozona v tem obdobju, glede na ugodne vremenske razmere za njegov nastanek, je prevladujoč veter vzhodnih smeri, ki je nad naše kraje prinašal z ozonom in njegovim predhodniki manj onesnažene zračne mase.

### 5.4 Modeliranje in napovedovanje ravni ozona

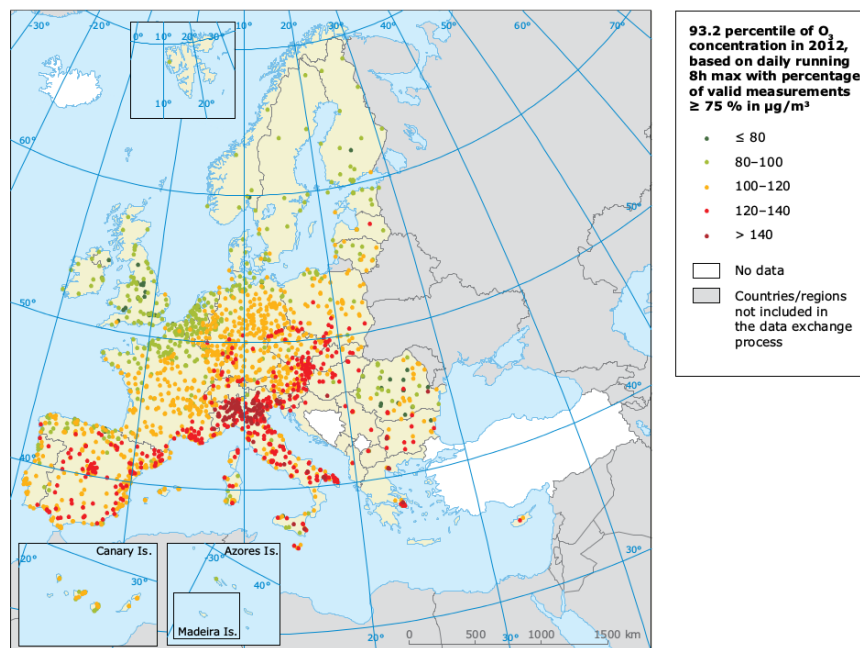
Ena od glavnih nalog ARSO je obveščanje javnosti, zato v obdobju, ko se pričakujejo povišane koncentracije ozona, napovedujemo njegove koncentracije za tekoči in naslednji dan za celotno Slovenijo. Napoved je objavljena na spletni strani ARSO. Ob preseženi opozorilni vrednosti (urna koncentracija  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) oz. alarmni vrednosti (urna koncentracija  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) obvestimo javnost in podamo informacijo o možnih učinkih na zdravje ter o priporočenih ukrepih za zmanjšanje izpostavljenosti visokim koncentracijam. V primerih, ko je presežena opozorilna urna koncentracija, pošljemo opozorilo Upravi Republike Slovenije za zaščito in reševanje, občinam, bolnišnicam, zdravstvenim domovom, šolam, vrtcem in medijem. Javnost opozorimo tudi v primeru, ko pričakujemo visoke koncentracije in preseganje opozorilne oziroma alarmne vrednosti.

Pri napovedovanju ozona si pomagamo s statističnim modelom. Pri izračunu koncentracije model upošteva izmerjene koncentracije, z modelom ALADIN/SI napovedane trajektorije zraka in napovedane meteorološke spremenljivke, dobljene iz modela ECMWF. Model napove najvišjo koncentracijo za tekoči in naslednji dan za 7 krajev v državi. Na osnovi napovedanih koncentracij v sedmih točkah grafični vmesnik prikaže razred koncentracije za območje, na katerem je ta točka. Območja smo definirali glede na reliefne in podnebne razmere. Ozon je namreč bolj enakomerno porazdeljen po spodnji plasti ozračja kot ostala onesnaževala, saj ne obstajajo neposredni izpusti ampak ta nastaja s foto-kemijskimi reakcijami njegovih predhodnikov. Razredi so definirani glede na ciljno in opozorilno vrednost.

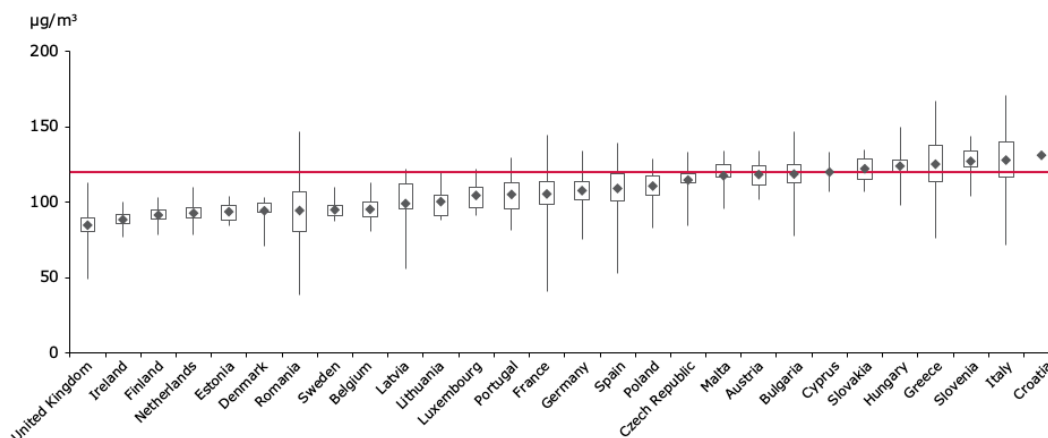
V proces napovedovanja ozona se vpeljuje tudi modelski sistem ALADIN/SI-CAMx, ki omogoča prostorsko natančnejšo napoved koncentracij ozona.

### 5.5 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Tvorba ozona je intenzivnejša pri višjih temperaturah in močnejšemu sončnemu obsevanju, zato so ravni ozona višje v južnem delu Evrope. Visoke ravni so tudi na večjih območjih zgoščenih izpustov predhodnikov ozona, kot na primer v Padski nižini, kar je lepo razvidno iz kartografskega prikaza onesnaženosti posameznih merilnih mest v Evropski uniji (slika 5.6). Po doseganju skladnosti s ciljno vrednostjo od Slovenije v povprečju bolj odstopata le Hrvaška in Italija (slika 5.7). Poudariti velja, da je to tudi posledica relativno velikega deleža meritev na območjih, ki so bolj izpostavljena visoki ravni onesnaženosti z ozonom, kot sta višje ležeči merilni mesti DMKZ Krvavec in Otlica.



**Slika 5.6:** Šestindvajseta najvišja dnevna 8-urna povprečna koncentracija O<sub>3</sub> v letu 2012 [24] za poročana merilna mesta držav Evropske unije (označene s piko). Z barvo je označen razred v katerega spadajo merilna mesta glede na 26. 8-urno povprečno koncentracijo O<sub>3</sub>.



**Slika 5.7:** Stopnja skladnosti za ozon z dnevno 8-urno ciljno vrednostjo za države EU [24] za leto 2013. Graf prikazuje 26. najvišjo 8-urno vrednost (93,15 percentil) na posameznem merilnem mestu po državah EU v primerjavi s ciljno vrednostjo (rdeča črta). Prikazane so najnižja in najvišja koncentracija (26. najvišja za merilno mesto), oba kvartila in povprečna 26. najvišja koncentracija za posamezno državo.



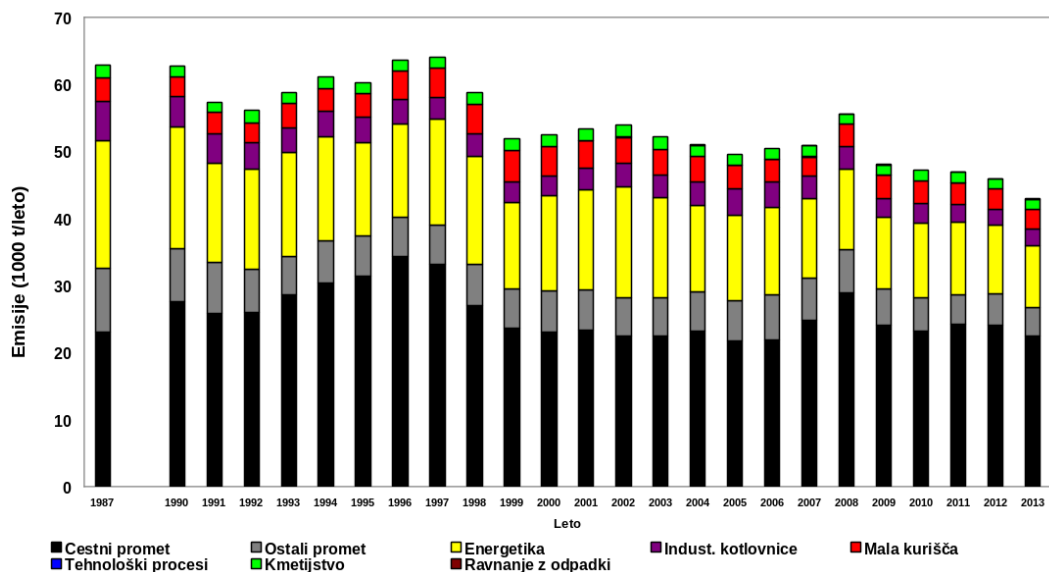
## 6. *Dušikovi oksidi*

---

Dušikovi oksidi so spojine, ki jih sestavljajo le atomi kisika in dušika. Obstaja šest takšnih spojin: NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> in N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. V ozračju je največ dušikovega monoksida (NO) in dušikovega dioksida (NO<sub>2</sub>). 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 N<sub>2</sub>O, ki je po učinku segrevanja ozračja takoj za CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> in halogeniranimi ogljikovodiki [28].

### 6.1 Izpusti

Izpusti dušikovih oksidov se zaradi kemičnih sprememb v ozračju med različnimi dušikovimi oksidi podajajo kot vsota vseh dušikovih oksidov izraženih v ekvivalentu NO<sub>2</sub>. Največ dušikovih oksidov prihaja v ozračje iz prometa, precejšen delež pa prispeva tudi energetika. Letni izpusti NO<sub>x</sub> v Sloveniji so leta 2013 znašali 43 tisoč ton. V primerjavi z letom 1987 (izhodiščno leto za Protokol o NO<sub>x</sub>) so se zmanjšali za 32 %. Več kot polovico izpustov NO<sub>x</sub> je v letu 2013 prispeval cestni promet. Izpusti po sektorjih so prikazani na sliki 6.1. Leta 2006 je Slovenija ratificirala NO<sub>x</sub> protokol [23], zato bo potrebno paziti, da v prihajajočih letih ne presežemo nivo izpustov NO<sub>x</sub> iz leta 1987. Glede na obveznost Slovenije po Göteborgškem protokolu in NEC Direktivi [29] v letu 2010 in naslednjih letih skupni izpusti NO<sub>x</sub> ne smejo presegati 45 tisoč ton. Skupni izpust NO<sub>x</sub> v letu 2013 je bil za 5 % nižja od vrednosti, ki jo zahteva NEC direktiva.



Slika 6.1: Letni izpusti dušikovih oksidov po sektorjih v Sloveniji.

## 6.2 Zahteve za kakovost zraka

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [13] sta predpisani mejni in alarmna vrednost za zaščito zdravja ter kritična vrednost za zaščito vegetacije. Prikazane so v tabeli 6.1.

Tabela 6.1: Mejni, alarmna in kritična vrednost za dušikove okside.

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

## 6.3 Ravni onesnaženosti

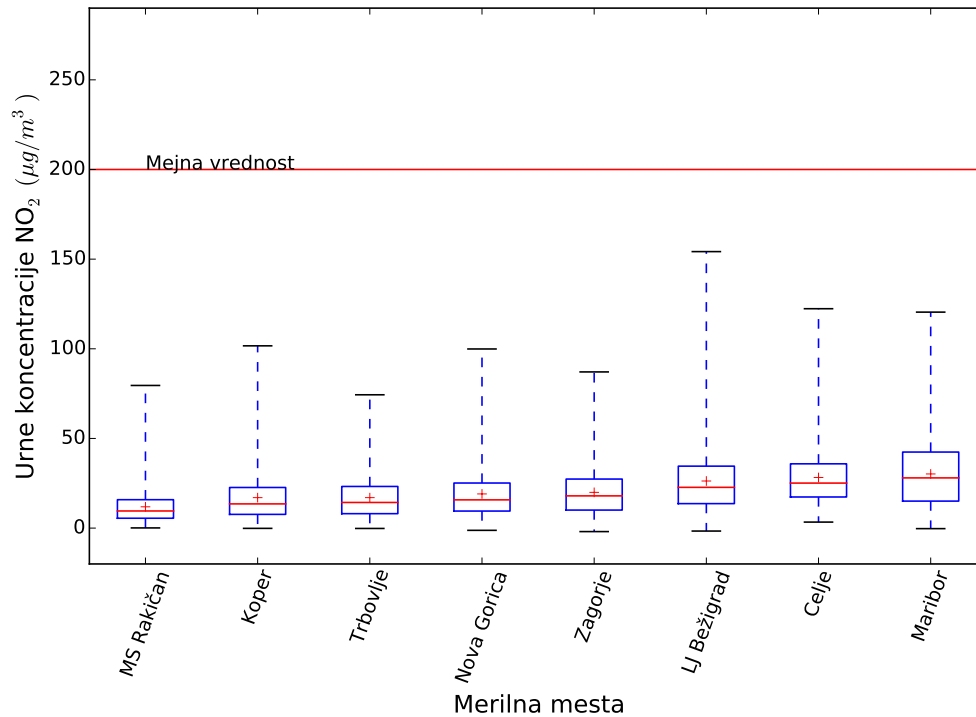
Letna mejna vrednost NO<sub>2</sub>, ki je predpisana za zaščito zdravja, v letu 2014 ni bila presežena. Na merilnem mestu Ljubljana Center je bila koncentracija NO<sub>2</sub> blizu preseganju letne mejne vrednosti. Na ostalih merilnih mestih so bile letne vrednosti nižje. Urna mejna vrednost NO<sub>2</sub> ni bila presežena na nobenem merilnem mestu in prav tako tudi ne alarmna vrednost (tabela 6.2). Za zaščito vegetacije je predpisana kritična letna vrednost NO<sub>x</sub>, ki se uporablja za neizpostavljen ruralna merilna mesta. V DMKZ med ruralna merilna mesta uvrščamo MS Rakičan in Iskrbo. V dopolnilni merilni mreži pa v to skupino sodijo vsa merilna mesta z izjemo merilnih mest Ljubljana Center, AMP Gaji pri Celju in Maribor Vrbanski plato. Na nobenem ruralnem merilnem mestu kritična vrednost za NO<sub>x</sub> ni bila presežena (tabela 6.2).

Porazdelitev urnih koncentracij NO<sub>2</sub> na merilnih mest DMKZ je prikazana na sliki 6.2. Tudi najvišje izmerjene urne vrednosti so opazno pod mejno urno vrednostjo, ki je lahko po zakonodaji presežena 18 krat v enem letu. Koncentracije NO<sub>2</sub> imajo značilen letni in dnevni hod. Najnižje

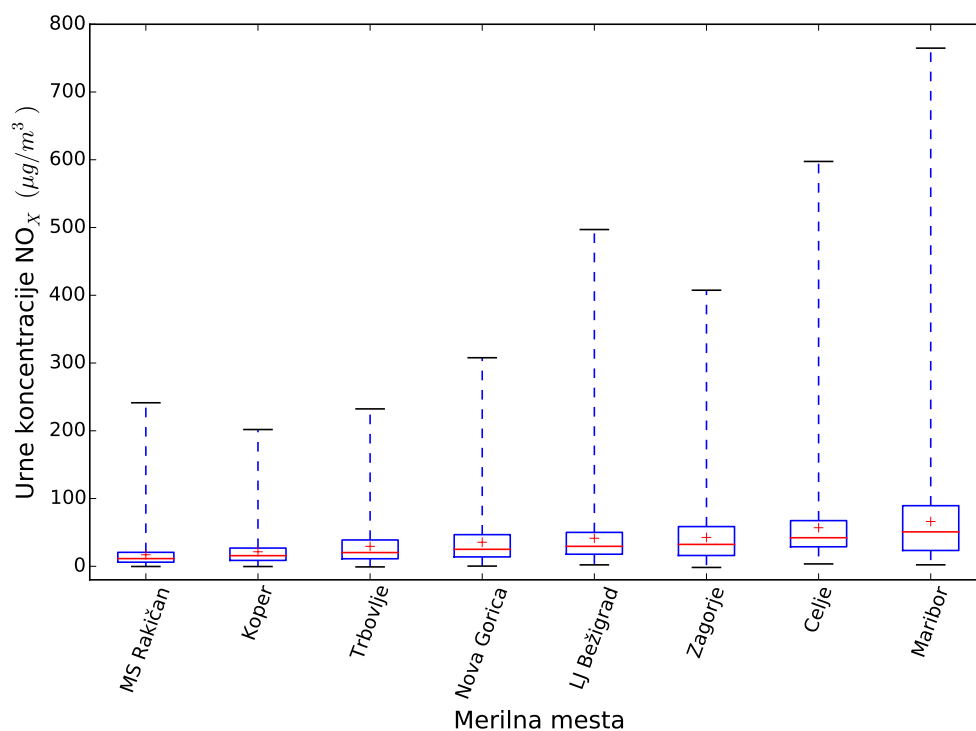
koncentracije so bile na urbanih območjih izmerjene v poletnih mesecih, ko so vremenske razmere za razredčevanje izpustov ugodnejše. V tem obdobju so manjši tudi izpusti dušikovih oksidov zaradi zmanjšanega prometa (dopusti, počitnice, večja uporaba koles). Koncentracije NO<sub>2</sub> pa so najvišje pozimi, ko je ozračje najbolj stabilno in najslabše prevetreno, izpusti pa nekoliko višji kot poleti. Na ruralnih območjih so razlike manj opazne (tabele 6.3 do 6.5 in slika 6.4). Tudi dnevni hod kaže, da so najnižje koncentracije izmerjene ponoči, čez dan pa so koncentracije višje (slika 6.6). Zjutraj in popoldne se pojavljata dve obdobji višjih koncentracij zaradi povečanih izpustov dušikovih oksidov ob jutranji in popoldanski prometni konici. Na sliki 6.6 lahko opazimo razliko med delavniki, ko so koncentracije višje zaradi intenzivnejšega prometa, ter ob koncih tedna in praznikih.

**Tabela 6.2:** Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečne letne ( $C_p$ ) in maksimalne letne vrednosti (max) izražene v  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ter število preseganj mejne (>MV) in alarmne (>AV) vrednosti za NO<sub>2</sub>. Razpoložljivost podatkov (% pod) in povprečne letne vrednosti za NO<sub>x</sub> ( $C_p$ ) izražene v  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  v letu 2014.

Merilno mesto	varovanje zdravja					varovanje rastlin	
	%pod	$C_p$	NO <sub>2</sub> max	>MV	>AV	NO <sub>x</sub> %pod	$C_p$
Merilna mreža DMKZ							
Ljubljana Bežigrad	93	26	154	0	0	93	41
Maribor	100	30	120	0	0	100	66
Celje	99	28	122	0	0	99	57
MS Rakičan	99	12	80	0	0	99	17
Nova Gorica	97	19	100	0	0	97	35
Trbovlje	99	17	74	0	0	99	29
Zagorje	95	20	87	0	0	96	43
Koper	99	17	102	0	0	99	21
Iskrba	99	1.6					
Dopolnilna merilna mreža							
TE-TO Ljubljana							
Vnanjarje	97	7	60	0	0	97	7
Lafarge cement							
Zelena trava	99	12	90	0	0	99	19
TE Šoštanj							
Zavodnje	93	7	78	0	0	97	10
Škale	94	7	78	0	0	98	9
TE Trbovlje							
Kovk	95	8	67	0	0	95	9
Dobovec	97	13	86	0	0	97	14
TE Brestanica							
Sv. Mohor	98	7	48	0	0	98	9
OMS MOL							
LJ Center	98	40	155	0	0	97	75
MO Celje							
AMP Gaji	100	23	117	0	0	100	37
MO Maribor							
MB Vrbanski plato	94	13	83	0	0	94	17



**Slika 6.2:** Porazdelitev urnih koncentracij NO<sub>2</sub> na merilnih mestih DMKZ v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



**Slika 6.3:** Porazdelitev urnih koncentracij NO<sub>x</sub> na merilnih mestih DMKZ v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

V zadnjih desetih letih ni bilo na nobenem merilnem mestu zabeleženo preseganje letne mejne vrednosti za zaščito zdravja. Meritve kažejo, da povprečne koncentracije dušikovega dioksida



nekoliko upadajo (slika 6.7), padec pa ni enakomeren, saj se koncentracije z leti nekoliko spreminjajo, predvsem zaradi meteoroloških pogojev. Ob toplejših zimah z več vetra in padavin, ter ob manjšem številu temperaturnih inverzij so koncentracije nižje, ob nasprotnih pogojih pa višje. Podatki o povprečnih letnih koncentracijah za posamezna merilna mesta od leta 1992 so prikazani v tabeli 6.6 in na sliki 6.7.

**Tabela 6.3:** Povprečne mesečne koncentracije NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) v letu 2014.

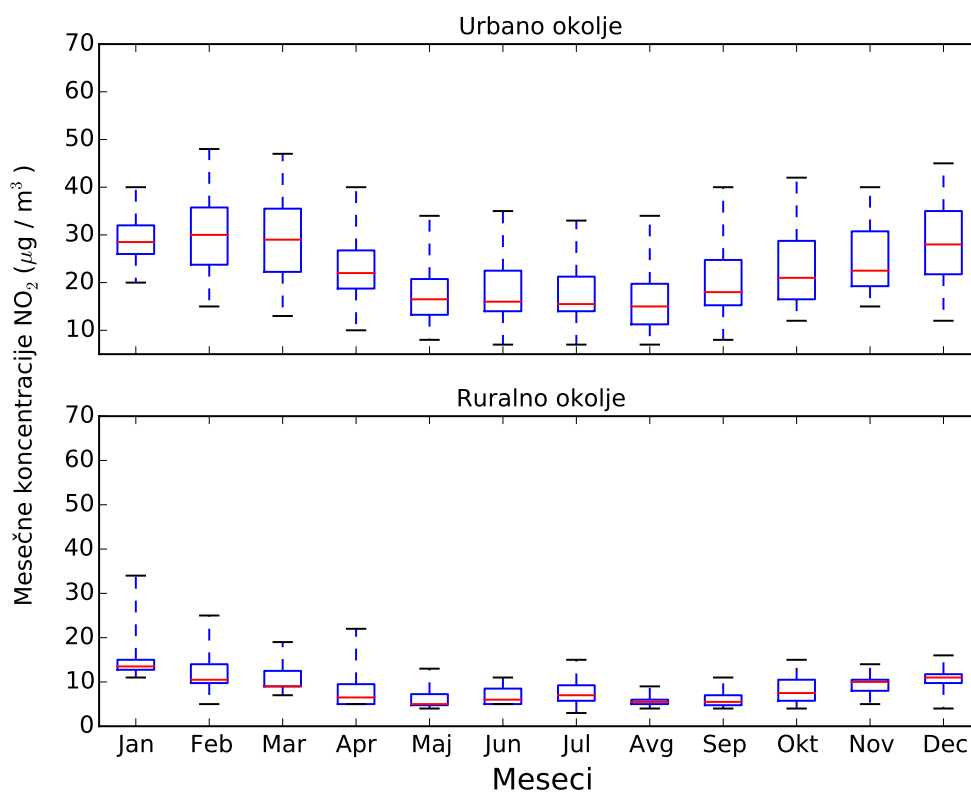
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	32	40	37	27	16	18	19	16	24	29	27	31
Maribor	40	36	31	27	28	30	23	23	25	32	32	35
Celje	32	35	37	26	22	24	22	21	25	28	32	35
Murska Sobota-Rakican	18	17	14	11	8	8	7	6	10	15	12	16
Nova Gorica	29	29	26	23	17	15	16	15	15	16	15	12
Trbovlje	20	22	21	17	12	14	14	11	14	18	21	21
Zagorje	28	30	29	21	13	12	15	12	16	19	20	24
Koper	26	15	19	18	14	14	14	11	16	13	19	25
Vrbanski plato	24	20	13	10	8	7	7	7	8	12	19	19
Vnajnarje	11	10	9	7	5	6	7	4	5	5	8	9
Zavodnje	14	5	9	5	4	5	5	6	5	8	8	11
Škale	13	11	7	5	5	5	3	5	4	9	10	11
Kovk	14	10	9	6	5	5	9	5	6	7	10	10
Dobovec	34	25	19	22	13	11	10	6	4	4	5	4
Sv. Mohor	12	9	9	5	4	6	6	5	6	6	10	11
LJ Center	38	48	47	40	34	35	33	34	40	42	40	45
AMP Gaji	26	30	29	21	17	17	14	15	20	23	24	35
Zelena trava	13	13	12	9	7	10	15	9	11	15	14	14

**Tabela 6.4:** Maksimalne urne koncentracije NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) po mesecih v letu 2014.

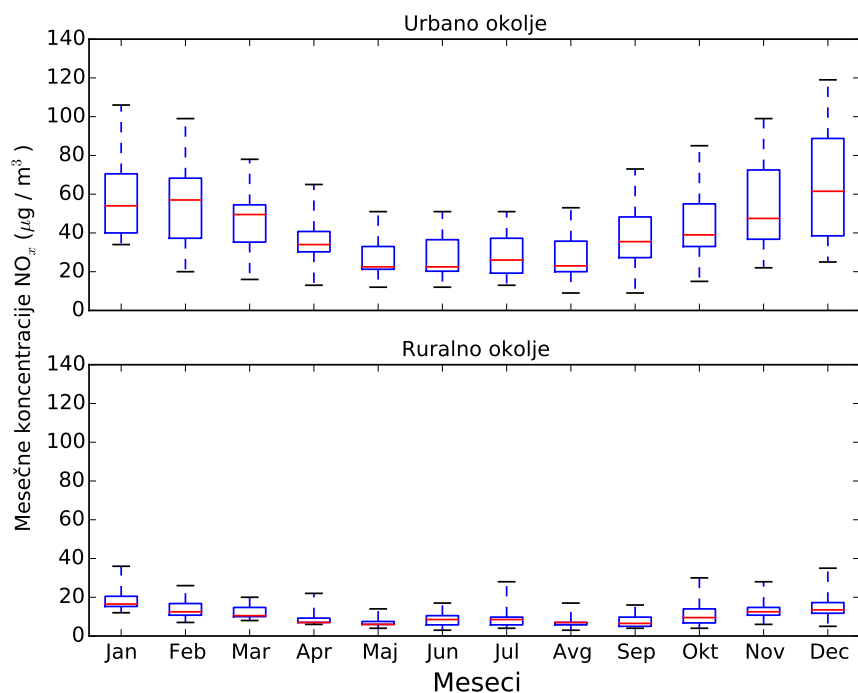
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	80	97	154	115	62	81	65	63	65	82	68	105
Maribor	107	107	103	98	96	99	78	72	93	87	92	120
Celje	84	96	122	98	85	79	74	70	85	81	88	97
Murska Sobota-Rakican	55	58	80	56	60	36	32	34	42	70	53	54
Nova Gorica	68	72	100	81	67	61	59	55	64	52	51	41
Trbovlje	60	64	74	61	52	56	45	45	48	65	66	66
Zagorje	65	71	87	77	57	40	48	45	49	54	76	65
Koper	72	65	102	95	62	53	58	48	48	58	69	82
MB Vrbanski	83	83	59	60	46	31	29	31	37	55	64	76
Vnajnarje	48	56	44	22	17	19	32	19	27	47	32	60
Zavodnje	57	34	61	37	38	29	51	48	78	59	31	60
Škale	53	50	58	51	78	74	49	52	54	45	28	38
Kovk	38	67	28	31	34	34	42	59	42	49	50	50
Dobovec	86	67	66	68	53	54	46	27	36	16	23	13
Sv. Mohor	39	41	30	18	18	19	22	24	21	31	40	48
LJ Center	93	104	155	100	100	96	90	91	101	105	109	130
AMP Gaji	69	89	89	77	51	49	41	55	54	72	72	117
Zelena trava	47	40	28	26	26	55	90	58	47	53	41	56

**Tabela 6.5:** Povprečne mesečne koncentracije NO<sub>x</sub> (μg/m<sup>3</sup>) v letu 2014.

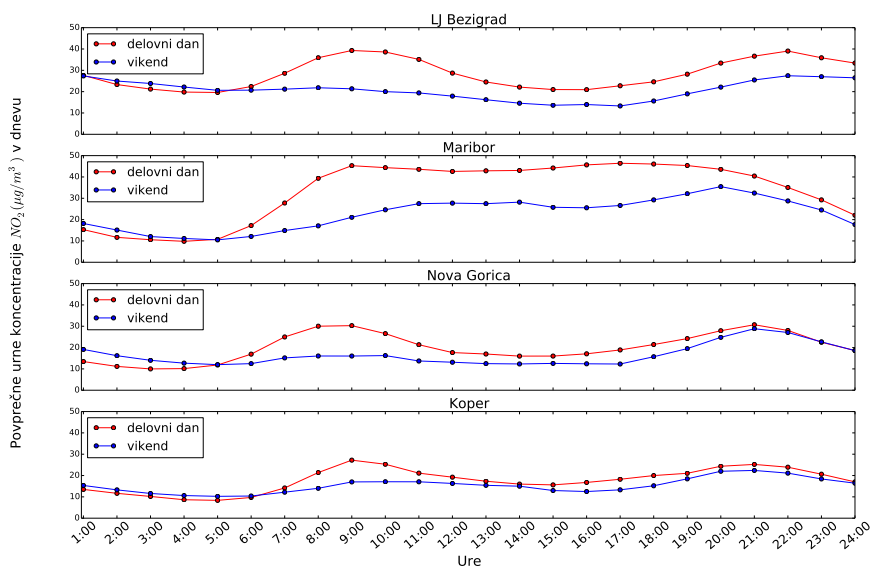
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	49	59	51	35	22	26	29	26	40	39	46	76
Maribor	106	77	55	47	51	51	40	43	55	75	88	105
Celje	74	71	66	42	36	40	40	39	51	58	76	93
MS Rakičan	28	22	17	13	9	9	8	7	15	23	17	35
Nova Gorica	52	44	35	33	23	21	23	23	28	39	49	52
Trbovlje	34	35	36	30	21	23	23	19	27	33	39	34
Zagorje	60	60	53	37	24	22	29	23	37	46	62	60
Koper	36	20	23	21	16	16	17	14	20	16	25	33
Vrbanski plato	37	26	16	13	12	12	13	9	9	15	22	25
LJ Center	84	99	78	65	49	50	51	53	73	85	99	119
Vnajarje	12	11	10	7	4	3	5	3	4	6	10	12
Zavodnje	18	7	11	7	6	8	6	7	7	10	11	14
Škale	16	13	8	7	6	5	4	5	5	11	13	14
Kovk	16	12	10	7	6	6	9	6	6	7	12	11
Dobovec	36	26	20	22	14	12	12	7	5	4	6	5
Sv. Mohor	13	10	10	6	6	10	9	7	8	9	14	13
AMP Gaji	56	55	48	31	22	20	18	23	34	33	36	63
Zelena trava	17	15	14	8	7	17	28	17	16	30	28	27



**Slika 6.4:** Porazdelitev povprečnih mesečnih koncentracij NO<sub>2</sub> na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



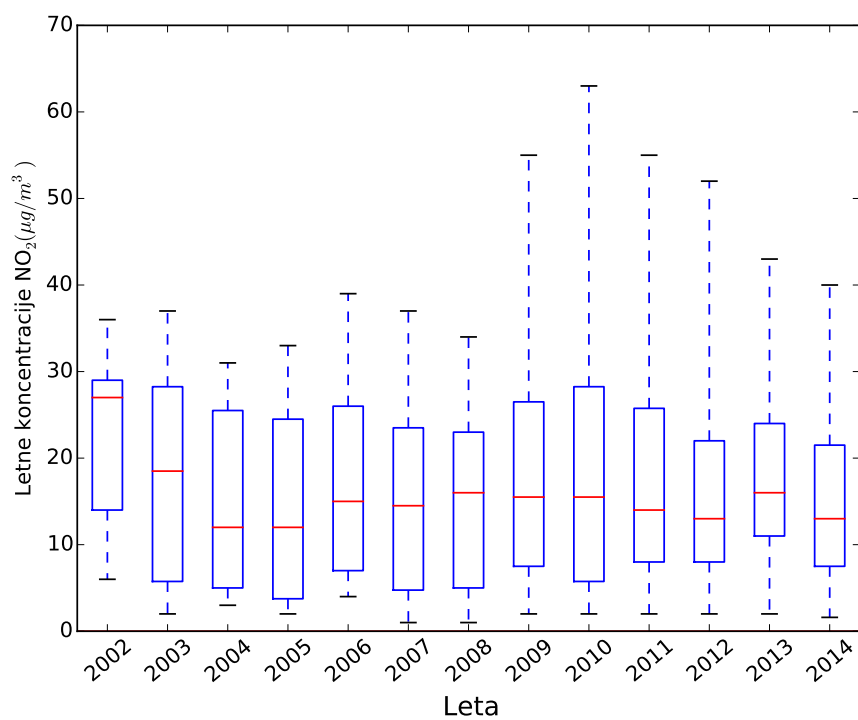
**Slika 6.5:** Porazdelitev povprečnih mesečnih koncentracij NO<sub>x</sub> na merilnih mestih v urbanem in ruralnem okolju v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



**Slika 6.6:** Urni potek koncentracij NO<sub>2</sub> na merilnih mestih v urbanem in ruralnem okolju v letu 2014.

**Tabela 6.6:** Povprečne letne koncentracije NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) v letih 1992-2014.

Merilno mesto	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Lj Eričevac	49	47	41	38	39	36	42	49	38	36	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Lj Bežigrad	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	29	32	29	27	29	28	29	31	35	31	22	29	29	26
Lj Center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	55	63	55	52	43	40	40
Maribor	50	53	45	39	39	38	39	39	44	38	36	37	31	33	39	37	34	32	34	32	34	33	32	30
MB Vrbanški plato	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	13	14	13
Celje	32	37	37	35	33	/	29	28	30	26	24	27	24	26	28	23	21	22	26	25	27	27	26	28
Trbovlje	/	/	/	/	/	29	29	26	28	/	28	32	27	24	23	22	23	17	20	17	17	16	16	17
Zagorje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	23
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	27	27	25	24	24	25	30	28	29	28	29	26	25	19
Koper	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21	19	21	22	18	21	17	17
MS Rakčkan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	14	15	11	14	15	17	16	14	/	16	19	16	16	12
Iskra	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	3	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1,6
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8
Zavodnje	3	5	11	9	5	7	7	6	7	6	/	6	5	3	4	3	3	4	5	9	10	8	8	7
Skale	/	/	/	/	/	/	8	8	8	6	/	8	9	5	9	8	8	9	8	8	8	8	9	7
Kovk	10	8	8	11	2	4	7	9	7	6	6	3	13	10	12	12	12	12	9	9	11	7	13	8
Dobovec	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	6	6	15
Sveti Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	3	4	4	4	4	7	3	8	5	7	7
Vnanjnanje	/	/	/	/	/	4	3	5	4	5	6	5	5	4	5	5	5	4	4	4	7	8	8	7
AMP Gaji	/	/	/	/	/	43	47	46	53	38	30	22	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	20



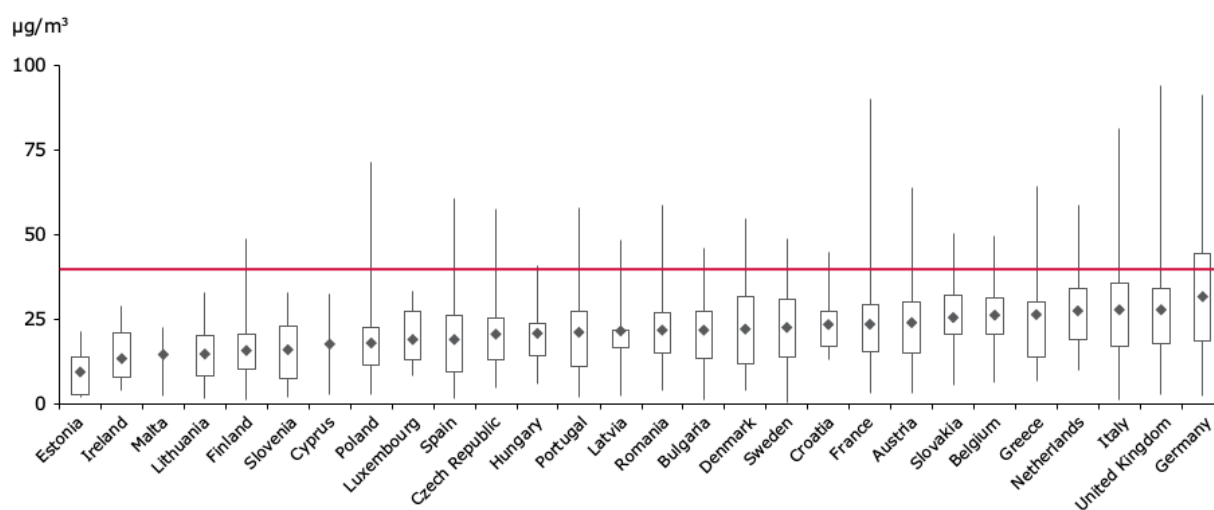
**Slika 6.7:** Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij  $\text{NO}_2$  na vseh merilnih mestih za posamezna leta. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

## 6.4 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

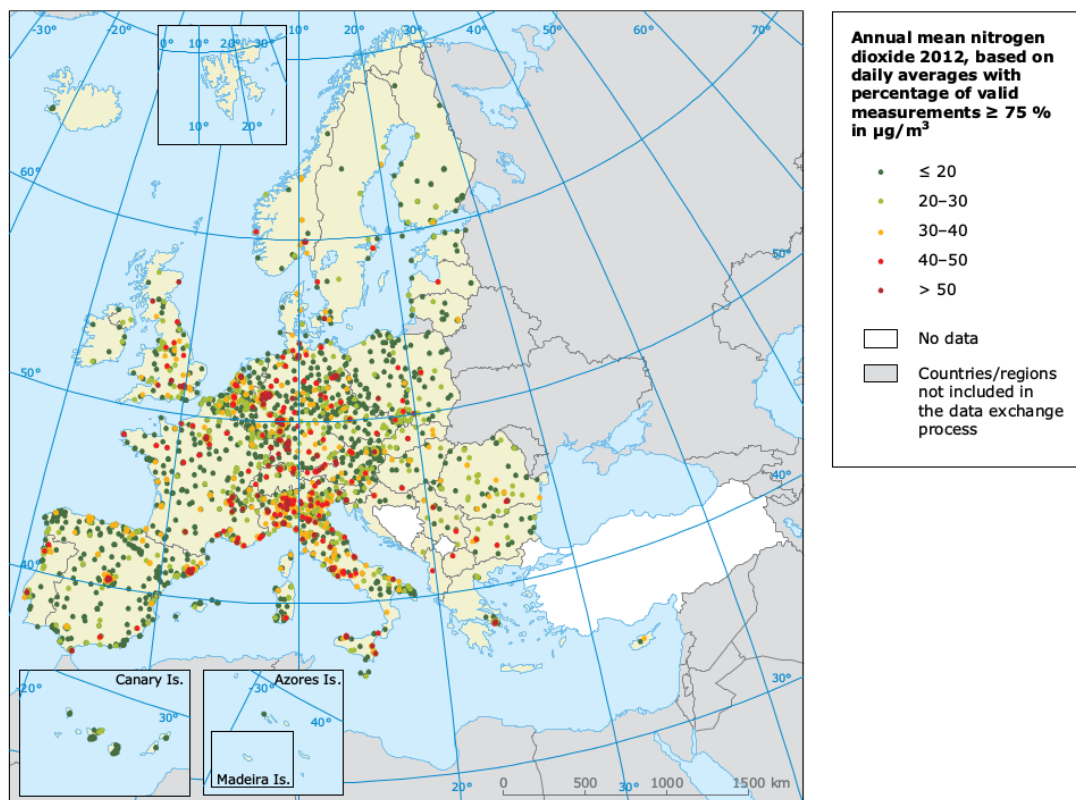
Raven onesnaženosti zraka z  $\text{NO}_2$  je v Sloveniji med najnižjimi v Evropski uniji. V zadnjih desetih letih je v Evropi in tudi Sloveniji zaznati znaten padec koncentracij  $\text{NO}_2$  na vseh tipih merilnih mest. Slovenija je po izpustih dušikovih oksidov na prebivalca na petem mestu, po izpustih na površino ozemlja pa na desetem mestu. Relativno visoki izpusti dušikovih oksidov na prebivalca so posledica velike uporabe osebnih vozil v Sloveniji in tudi intenzivnega cestnega tovornega tranzitnega prometa. V tej primerjavi nismo upoštevali Malte in Luksemburga iz razlogov, ki so navedeni v poglavju o delcih.

Leta 2012 so v večini držav Evropske unije na vsaj enem merilnem mestu presegli letno mejno vrednost dušikovega dioksida. Le v sedmih državah, med njimi je tudi Slovenija, letna mejna vrednost na merilnih mestih, kjer se podatki poročajo Evropski okoljski agenciji, ni bila presežena. Tako je raven onesnaženosti zraka z  $\text{NO}_2$  v Sloveniji med nižjimi v Evropski uniji (slika 6.8). Kartografski prikaz kaže, da so v Evropski uniji najbolj izrazita prekoračenja letnih mejnih vrednosti predvsem v velikih mestih (slika 6.9).

Še večji padec pa je zaznati pri izpustih  $\text{NO}_x$ . Razlika med padcem koncentracij  $\text{NO}_2$  in izpusti  $\text{NO}_x$  je posledica povečanih direktnih izpustov  $\text{NO}_2$  iz prometa. Mejne letne vrednosti  $\text{NO}_x$  za zaščito vegetacije so bile v letu 2012 presežene v Italiji, Avstriji, Belgiji, Nemčiji in Švici.



**Slika 6.8:** Primerjava ravni onesnaženosti zraka z  $\text{NO}_2$  v Evropski Uniji v letu 2012. Graf prikazuje povprečne letne koncentracije  $\text{NO}_2$  na posameznih merilnih mestih po državah EU glede na letno mejno vrednost (rdeča črta). Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in povprečje povprečnih letnih koncentracija za posamezno državo.



**Slika 6.9:** Povprečna letna koncentracija  $\text{NO}_2$  na merilnih mestih v EU (označeno s krogci) [24]. Z barvo je prikazan razred v katerega se uvršča merilno mesto glede na povprečno letno koncentracijo.



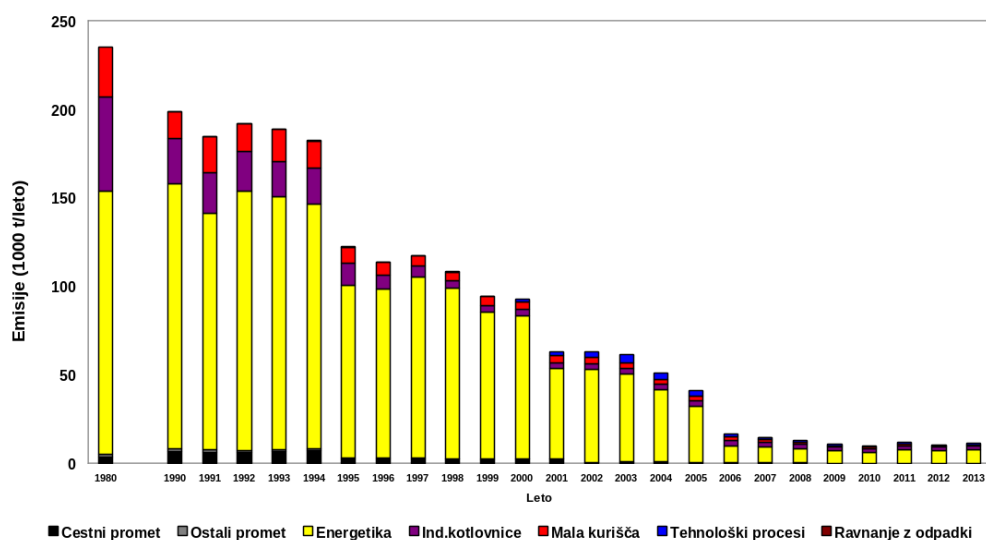


## 7. Žveplov dioksid

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 pod spodnjim ocenjevalnim pragom.

### 7.1 Izpusti

Največji viri žveplovega dioksida so energetika, industrijske kotlovnice in tehnološki procesi. Letni izpusti SO<sub>2</sub> v Sloveniji so leta 2013 znašali 11 tisoč ton. V primerjavi z letom 1980 (izhodiščno leto za žveplov protokol) so se zmanjšali za 95 %. Največji delež k skupnim izpustom SO<sub>2</sub> so v letu 2013 prispevale termoelektrarne in toplarne (65 %). Emisije SO<sub>2</sub> po sektorjih so prikazane na sliki 7.1. Obveznost Slovenije glede na Göteborgski protokol in NEC direktivo [29] je, da v letu 2010 in naslednjih letih skupni izpusti SO<sub>2</sub> ne smejo presegati 27 tisoč ton. Skupna emisija SO<sub>2</sub> v letu 2013 je bila za 58 % nižja od vrednosti, kot jo predpisuje NEC direktiva.



Slika 7.1: Izpusti SO<sub>2</sub> v Sloveniji po letih in sektorjih.

## 7.2 Zahteve za kakovost zraka

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [13] sta predpisani mejni in alarmna vrednost za zaščito zdravja ter kritični vrednosti za zaščito vegetacije. Prikazane so v tabeli 7.1.

**Tabela 7.1:** Mejni, kritični in alarmna vrednosti za žveplov dioksid.

	Cilj	Čas merjenja	Vrednost	Dovoljeno število preseganj
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
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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

## 7.3 Ravni onesnaženosti

Povprečne letne koncentracije žveplovega dioksida so na vseh merilnih mestih precej pod kritično vrednostjo za zaščito rastlin. Na celotnem območju Slovenije so dnevne koncentracije celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom za zaščito zdravja. Mejna urna koncentracija žveplovega dioksida je bila v letu 2014 presežena samo na merilnem mestu AMP Gaji (EIS Celje), na ostalih merilnih mestih ni bilo preseganj. Občasno so bile še vedno izmerjene višje koncentracije okrog termoelektrarne Šoštanj in Trbovlje in to celo v poletnem času. Alarmna vrednost ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Podatki so zbrani v tabeli 7.2. Povprečne mesečne, maksimalne urne in dnevne koncentracije so prikazane v tabelah 7.3, 7.4 in 7.5.

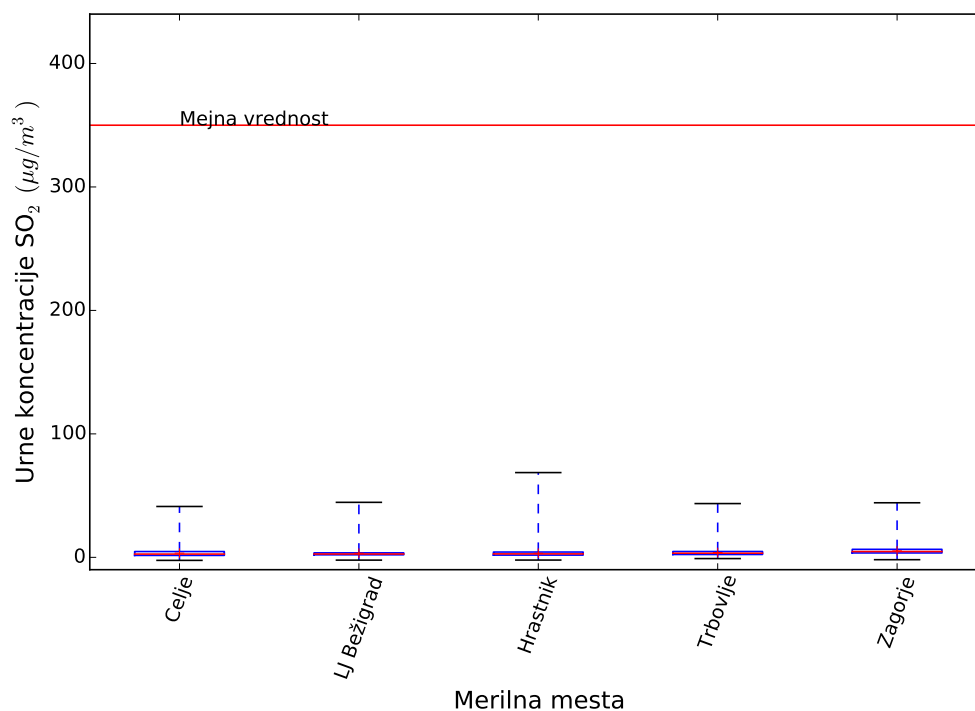
Raven onesnaženosti zunanjega zraka z žveplovim dioksidom se je od začetka meritev leta 1992 do leta 2014 močno znižala. Podatkov o koncentracijah  $\text{SO}_2$  iz preteklosti je veliko, saj smo meritve izvajali na skoraj vseh merilnih mestih. Povprečne letne koncentracije, najvišje dnevne koncentracije po letih in najvišje urne koncentracije po letih za posamezna merilna mesta so podane v tabelah 7.6, 7.8, 7.7. Znatno znižanje koncentracij (slika 7.3 in tabela 7.6) je posledica zmanjšanja izpustov (slika 7.1). Koncentracije 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 pa so razlike med posameznimi leti nekoliko večje in so odvisne od obratovanja naprav in vremenskih razmer. Posebej so očitna znižanja koncentracij po izgradnji odžveplovalnih naprav na posameznih blokih termoelektrarn (slika 7.3).

**Tabela 7.2:** Povprečne letne in zimske koncentracije ( $C_p$ ), najvišje dnevne ( $C_{max}$ ) in najvišje urne ( $C_{max}$ ) koncentracije izražene v  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Število preseženih dnevni ( $>MV$ ) in urnih mejnih ( $>MV$ ) vrednosti ter število preseženih alarmnih vrednosti ( $>AV$ ) v letu 2014.

Merilno mesto	%pod	Leto	Zima	1 ura		3 ure	1 dan	
		$C_p$	$C_p$	$C_{max}$	$>MV$	$>AV$	$C_{max}$	$>MV$
Ljubljana Bežigrad	98	3	4	45	0	0	19	0
Celje	99	3	5	41	0	0	23	0
Trbovlje	99	4	5	44	0	0	16	0
Zagorje	96	5	6	44	0	0	21	0
Hrastnik	100	3	4	69	0	0	23	0
Iskrba	99	0.53	0.75				10	0
Merilna mreže EIMV								
OMS - MOL								
Ljubljana Center	98	2	2	28	0	0	11	0
MO Celje								
AMP Gaji	100	5	5	474	1	0	30	0
TE-TO Ljubljana								
Vnajnarje	97	6	4	101	0	0	21	0
Lafarge cement								
Zelena trava	99	4	7	68	0	0	31	0
TE Šoštanj								
Šoštanj	99	5	4	333	0	0	25	0
Topolšica	98	3	3	90	0	0	15	0
Zavodnje	97	3	3	96	0	0	14	0
Veliki vrh	99	4	5	301	0	0	29	0
Graška gora	97	3	4	76	0	0	13	0
Velenje	100	3	2	19	0	0	9	0
Pesje	98	5	5	75	0	0	17	0
Škale	98	6	5	75	0	0	19	0
TE Trbovlje								
Kovk	98	7	9	286	0	0	23	0
Dobovec	95	6	6	277	0	0	32	0
Kum	97	4	5	48	0	0	14	0
Ravenska vas	98	7	7	75	0	0	25	0
TE Brestanica								
Sv. Mohor	99	4	5	52	0	0	29	0

**Tabela 7.3:** Povprečne mesečne koncentracije  $\text{SO}_2$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) v letu 2014.

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



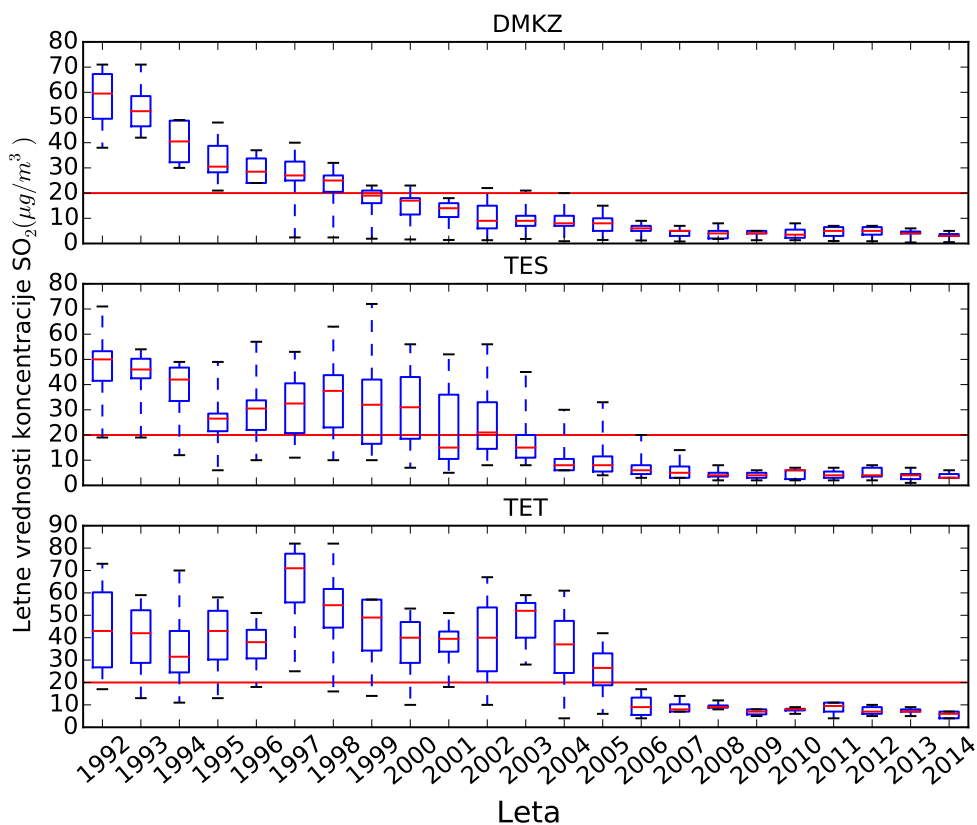
Slika 7.2: Porazdelitev urnih koncentracije SO<sub>2</sub> na merilnih mestih DMKZ v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

Tabela 7.4: Najvišje urne koncentracije SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) po mesecih v letu 2014.

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	15	17	28	11	7	16	10	13	24	20	45	13
Celje	31	21	14	11	33	13	13	9	24	26	41	16
Trbovlje	12	44	10	7	6	7	7	29	30	10	35	16
Zagorje	26	44	16	13	9	10	15	26	17	13	41	15
Hrastnik	19	40	10	9	11	9	12	14	69	15	51	63
Vnajnarje	101	54	22	15	23	12	13	24	10	15	46	63
Šoštanj	37	38	78	333	129	47	72	29	49	55	26	19
Topolšica	13	13	57	47	27	27	86	50	26	90	21	13
Zavodnje	55	69	40	26	29	26	26	96	34	71	33	44
Veliki vrh	192	46	69	246	45	39	301	61	94	47	27	26
Graška gora	17	15	18	22	15	8	9	11	15	18	76	18
Velenje	12	9	13	19	18	19	9	6	12	12	18	11
Pesje	17	57	44	70	34	37	12	33	75	40	30	16
Škale	52	36	28	62	75	73	18	23	30	53	40	29
Kovk	63	42	24	17	59	14	35	44	286	19	44	18
Dobovec	109	90	16	18	27	19	52	43	277	33	39	12
Kum	28	17	11	10	31	8	36	7	27	30	48	14
Ravenska vas	46	46	30	17	48	13	36	75	43	20	37	12
Sv. Mohor	23	25	19	15	9	9	13	18	31	18	52	13
LJ Center	6	7	19	9	8	10	8	8	8	9	28	7
AMP Gaji	26	22	23	14	28	20	16	19	34	474	31	22
Zelena trava	43	60	61	6	43	22	41	68	50	16	58	35

**Tabela 7.5:** Maksimalne dnevne koncentracije SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) po mesecih v letu 2014.

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	9	12	6	4	3	4	5	4	6	7	19	7
Celje	16	13	7	4	5	3	4	4	8	9	23	6
Trbovlje	10	16	7	5	5	4	5	6	6	5	14	14
Zagorje	11	21	10	9	6	7	6	9	9	8	18	14
Hrastnik	14	17	6	6	8	5	8	5	8	4	23	8
Vnajnarje	15	6	13	10	11	9	8	7	8	12	21	12
Šoštanj	11	16	22	25	22	7	11	6	9	13	13	8
Topolšica	9	1	7	7	2	6	10	15	3	11	7	6
Zavodnje	13	6	12	6	5	8	6	14	9	12	10	14
Veliki vrh	26	9	25	29	11	7	16	7	13	5	12	8
Graška gora	12	10	8	10	6	6	6	5	5	6	13	6
Velenje	4	6	7	9	3	3	4	4	5	7	9	9
Pesje	12	8	9	11	6	6	5	6	11	8	17	11
Škale	19	14	11	10	16	14	12	15	11	16	17	10
Kovk	20	23	17	9	11	11	14	12	22	11	23	11
Dobovec	14	19	10	12	9	13	14	11	32	15	15	8
Kum	14	11	7	7	9	5	9	5	10	10	10	7
Ravenska vas	16	25	12	15	15	8	13	18	17	12	20	12
Sv. Mohor	15	16	8	8	7	6	6	9	10	10	29	6
LJ Center	4	4	5	4	7	3	2	3	4	4	11	4
AMP Gaji	15	17	7	7	8	8	7	8	7	30	21	7
Zelena trava	22	31	8	3	9	6	7	12	14	8	24	11



**Slika 7.3:** Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij SO<sub>2</sub> na merilnih mestih DMKZ in merilnih mestih v okolici TEŠ in TET za posamezna leta. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

**Tabela 7.6:** Povprečne letne koncentracije SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) za obdobje 1992 – 2014. Koncentracije, ki presegajo kritično vrednost za zaščito vegetacije, so napisane v krepki pisavi.

Merilno mesto	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		
LJ Figovec	<b>51</b>	<b>39</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	15	10	9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
LJ Bežigrad	<b>38</b>	<b>45</b>	<b>33</b>	<b>21</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>27</b>	15	10	11	9	11	8	5	4	3	2	4	1	2	3	6	4	3	
LJ center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	5	4	2
Maribor	<b>47</b>	<b>42</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	18	17	13	10	8	9	8	8	5	3	2	5	5	3	3	4	4	2	
Celje	<b>57</b>	<b>54</b>	<b>49</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	19	17	15	10	10	11	9	7	5	5	5	6	6	7	4	4	3	
Tihovlje	<b>69</b>	<b>71</b>	<b>49</b>	<b>48</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>32</b>	<b>23</b>	18	14	15	16	9	15	7	3	2	5	3	7	7	4	4	4	
Hrastnik	<b>62</b>	<b>51</b>	<b>32</b>	<b>29</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	17	<b>22</b>	8	15	10	9	6	5	4	4	5	5	6	3	3	
Zagorje	<b>71</b>	<b>60</b>	<b>48</b>	<b>41</b>	<b>34</b>	<b>31</b>	<b>27</b>	<b>21</b>	18	18	16	<b>21</b>	20	12	6	5	4	/	8	7	3	5	5	5	
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	7	7	7	7	7	8	4	/	/	/	/	/	/	
MŠ Rakican	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	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	0,53	/	
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	7	4	
Šoštanj	<b>49</b>	<b>48</b>	<b>38</b>	<b>29</b>	<b>34</b>	<b>29</b>	<b>44</b>	<b>42</b>	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>43</b>	<b>24</b>	13	11	8	9	6	4	7	5	7	4	5	4	
Topolišica	5,4	5,1	3,2	2,0	2,0	1,8	2,0	1,7	1,8	1,1	1,5	1,6	6	5	4	3	2	3	3	3	3	2	2	3	
Veliki Vrh	7,1	5,4	4,9	4,9	5,7	5,3	6,3	7,2	5,6	5,2	5,6	4,5	3,0	3,3	2,0	1,4	8	5	6	6	7	4	4	4	
Zavodnje	5,1	4,4	4,6	2,6	3,3	4,2	4,3	4,2	3,1	2,1	2,3	1,5	8	12	8	6	3	6	6	4	4	5	3	3	
Velenje	1,9	1,9	1,2	6	10	11	10	10	7	5	8	8	6	4	5	3	4	2	2	3	4	1	3	3	
Grasška Gora	<b>39</b>	<b>42</b>	<b>47</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>36</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>34</b>	1,5	<b>21</b>	10	6	6	6	5	4	3	2	2	2	2	3	3	
Skale	/	/	/	/	/	/	/	1,6	1,9	10	14	12	8	8	3	3	4	5	6	7	8	7	6	7	
Kovk	<b>73</b>	<b>59</b>	<b>70</b>	<b>58</b>	<b>35</b>	<b>76</b>	<b>55</b>	<b>57</b>	<b>53</b>	<b>40</b>	10	<b>52</b>	<b>61</b>	<b>30</b>	12	9	12	8	8	11	10	8	7	7	
Dobovec	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>29</b>	<b>36</b>	<b>41</b>	<b>66</b>	<b>54</b>	<b>41</b>	<b>35</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>23</b>	6	7	8	6	6	8	7	7	6	6	
Krim	1,7	1,3	1,1	1,3	1,8	2,5	1,6	1,4	1,0	1,8	/	4	4	6	4	7	9	5	8	4	6	5	4	4	
Ravenska Vas	<b>56</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	<b>51</b>	<b>82</b>	<b>82</b>	<b>57</b>	<b>45</b>	<b>51</b>	<b>67</b>	<b>59</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	1,7	1,4	9	8	9	11	9	9	7	7	
Vnanjaje	/	/	/	/	1,9	1,9	1,8	1,4	6	7	8	10	8	4	4	4	3	/	3	3	3	3	6	6	
EIS Celje	/	/	/	2,6	2,4	2,8	2,7	2,2	2,0	6	/	8	5	3	1	/	/	/	/	/	/	/	6	5	
EIS Krško	/	/	/	/	/	5,1	4,2	3,3	5,1	4,6	4,6	5,5	3,7	3,6	2,3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Sv. Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	12	12	14	/	12	15	3	4	4	4	4	

**Tabela 7.7:** Maksimalne urne koncentracije SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) za obdobje 1992 – 2014. Koncentracije, ki presegajo mejno vrednost so napisane v krepki pisavi.

Merilno mesto	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
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	
LJ center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	78	22	33	37	20	28	
Maribor center	928	396	304	286	223	211	161	157	117	180	89	70	64	58	60	21	32	35	/	/	/	/	/	
Celje	719	797	733	993	263	975	623	228	379	666	224	619	396	157	90	76	82	37	64	210	89	43	41	
Trbovlje	1456	943	765	797	785	1806	693	849	634	552	811	758	521	848	379	264	65	52	90	87	40	44	44	
Hrastnik	1430	638	663	844	1162	1930	978	963	720	731	2168	507	1799	549	134	260	81	52	46	228	103	44	69	
Zagorje	1701	1000	716	606	605	914	1092	952	653	1111	788	693	1165	954	183	83	112	57	37	75	31	44	44	
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	64	131	89	98	80	64	35	52	/	/	/	/	/	
M.S.- Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	58	55	45	53	54	64	49	/	/	/	/	/	/	
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	135	318	86
Sostanj	2383	2272	2739	1945	1412	1536	1495	2466	2855	2099	2000	1392	937	642	1028	643	360	342	1357	124	485	216	333	
Topolšiča	2021	2265	1482	878	1107	1050	1245	1345	987	835	1350	812	291	284	288	144	211	118	52	130	92	92	90	
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	
Zavodnje	1364	3272	2265	1242	1131	2154	2255	1963	1187	954	1536	947	680	1106	731	252	164	577	98	433	150	388	96	
Velenje	735	1169	764	261	578	672	1316	709	563	187	725	361	164	210	86	87	151	37	110	89	93	60	19	
Graska Gora	1791	1904	2313	990	1270	1579	1076	1844	1505	990	1024	824	463	497	175	509	242	345	106	148	107	53	76	
Skale	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	522	396	220	262	184	100	161	104	81	190	131	67	75	
Kovk	2084	1309	1917	1630	1622	3000	1916	2167	1237	1451	702	1806	1514	1063	511	958	312	389	159	201	564	681	286	
Dobovec	2507	3613	2429	4308	6021	6072	4548	3761	4073	3978	4043	2910	4056	1662	2290	2088	299	456	209	1036	200	343	277	
Kum	530	539	776	2324	1114	3640	1344	2020	1131	685	1210	1203	11	125	89	60	99	66	192	115	48	115	48	
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	
Vaajnarije	/	/	/	/	/	/	/	/	374	248	232	327	212	115	115	52	45	85	75	63	101	101	101	
EIS Celje	/	/	/	873	283	947	603	339	356	355	289	74	222	67	/	/	/	/	/	/	/	/	55	474
EIS Krško	/	/	/	/	/	/	2687	1012	732	868	1473	1404	1427	877	836	1108	/	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1385	416	455	74	82	66*	59	37	46	46	52	

\* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

**Tabela 7.8:** Maksimalne dnevne koncentracije SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) za obdobje 1992 – 2014. Koncentracije, ki presegajo mejno vrednost, so napisane v krepki pisavi.

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

\* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.



## 7.4 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Po izpustih žveplovih oksidov je Slovenija v sredini držav EU. Po izpustih na prebivalca je Slovenija na štirinajstem mestu, takoj pred Nemčijo. Po izpustih na enoto površine pa je na 15. mestu.

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. Tako je nekdanj zelo pereč problem čezmernih ravni žveplovega dioksida zaradi izvajanja učinkovitih ukrepov, predvsem odžvepljevanja dimnih plinov termoelektrarn in zmanjšanja vsebnosti žvepla v gorivih, praktično rešen tudi na nivoju Evropske unije.

Raven onesnaženosti zunanjega zraka v EU z žveplovim dioksidom je nizka v primerjavi z mejno vrednostjo. V letu 2012 je bilo v urbanih predelih manj kot 1 % prebivalstva izpostavljenega preseganju dnevnih mejnih vrednosti, ki jih določa okoljska zakonodaja. Medtem, ko je bilo kar 37 % prebivalstva izpostavljenih koncentracijam, ki so višje kot jih določa svetovna zdravstvena organizacija. Preseganja so bila zabeležena le v Bolgariji in na Poljskem.

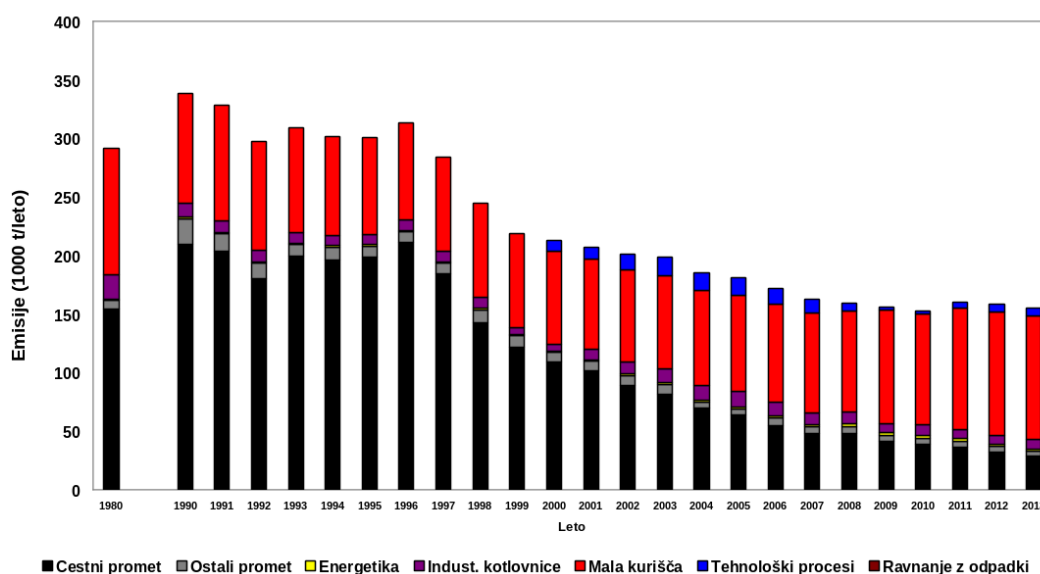


## 8. Ogljikov monoksid

Ogljikov monoksid je onesnaževalo, ki nastaja zaradi nepopolnega zgorevanja v kuriščih in motorjih z notranjim izgorevanjem 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 presežejo  $5 \text{ mg/m}^3$ ).

### 8.1 Izpusti

Letni izpusti CO v Sloveniji so leta 2013 znašali 154 tisoč ton. V primerjavi z letom 1990 (izhodiščno leto) so se zmanjšali za 54 %. Največji delež h skupnim izpustom CO so v letu 2013 prispevala mala kurišča (68 %). Nekdaj 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 trdnih goriv v zastarelih kotlih in pečeh.



Slika 8.1: Letni izpusti ogljikovega monoksida po sektorjih v Sloveniji.

## 8.2 Zahteve za kakovost zraka

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [13] je predpisana mejna vrednost za zaščito zdravja, prikazana je v tabeli 8.1.

**Tabela 8.1:** Mejna vrednost za ogljikov monoksid.

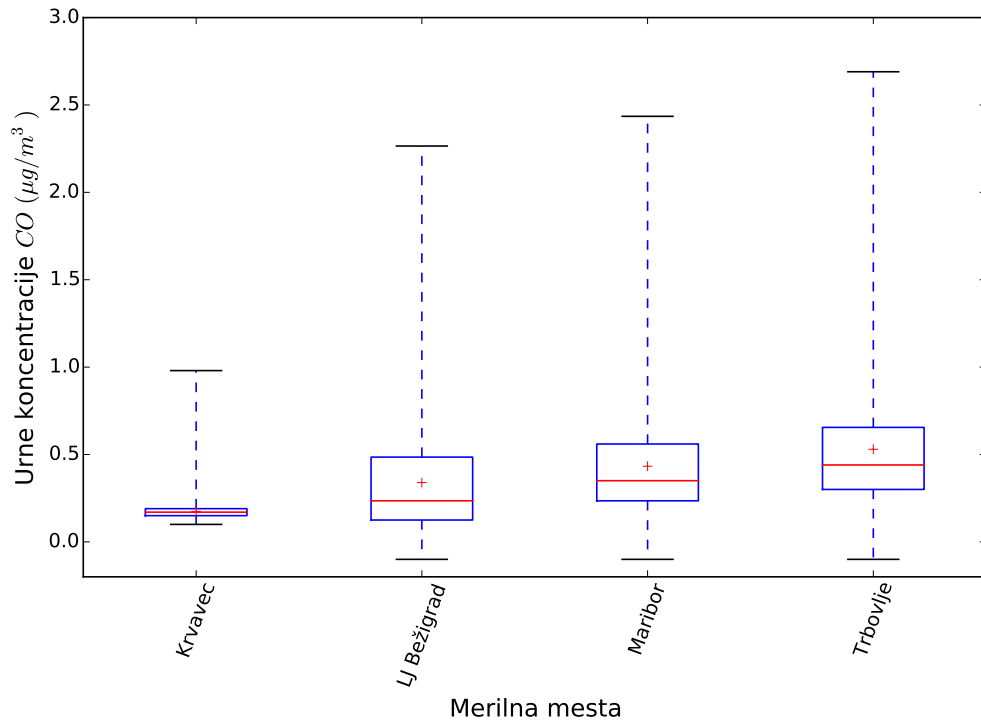
	Cilj	Čas mejenja	Vrednost
Mejna vrednost	Zdravje	8-urno povprečje	10 mg/m <sup>3</sup>

## 8.3 Ravni onesnaženosti

Koncentracije ogljikovega monoksida so na območju večine ozemlja Slovenije zelo nizke, zato ga merimo le na štirih merilnih mestih. Za ogljikov monoksid je predpisana le 8-urna mejna vrednost, ki je bila v letu 2014 na vseh merilnih mestih precej pod mejno vrednostjo (tabela 8.2). V zadnjih desetih letih so najvišje dnevne 8-urne povprečne vrednosti celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom.

**Tabela 8.2:** Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečne letne koncentracije ( $C_p$ ), najvišje 8-urne koncentracije ( $C_{max}$ ) ter število preseženih mejnih vrednosti v letu 2014.

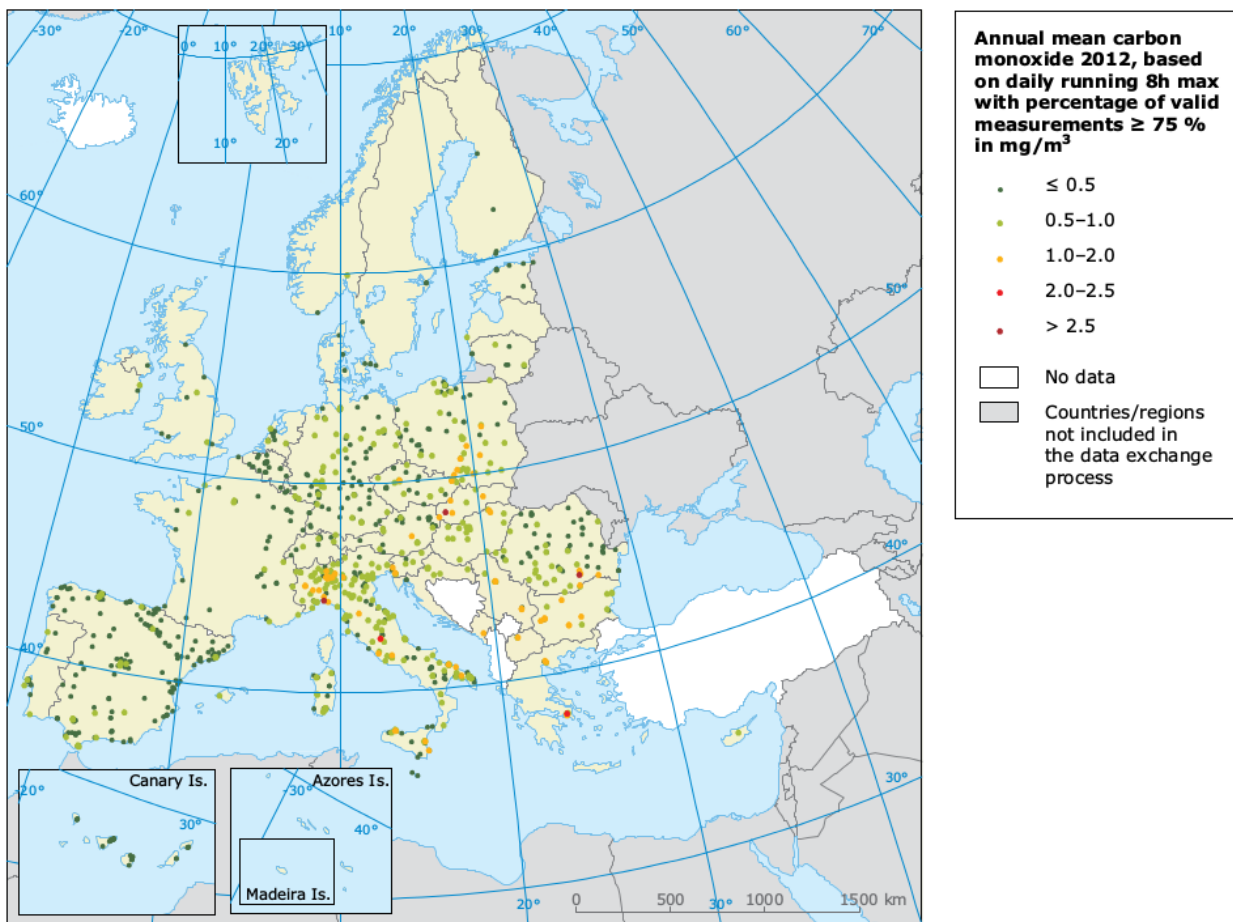
Merilno mesto	% pod	Varovanje zdravja		
		Leto	8 ur	
		$C_p$ (mg/m <sup>3</sup> )	$C_{max}$ (mg/m <sup>3</sup> )	MV
Ljubljana Bežigrad	99	0,3	1,9	0
Maribor	99	0,4	1,9	0
Trbovlje	99	0,5	1,9	0
Krvavec	91	0,2	0,4	0



**Slika 8.2:** Porazdelitev urnih koncentracije CO na merilnih mestih DMKZ v letu 2014. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. S + so označene povprečne letne koncentracije.

## 8.4 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Tudi v ostalih državah EU je raven onesnaženosti zraka z ogljikovim monoksidom nizka. Le na devetih od skoraj tisoč operativnih postaj je bila mejna vrednost presežena. Slovenija je po onesnaženosti zraka z ogljikovim monoksidom, kakor tudi po izpustih na prebivalca in na enoto površine ozemlja, v povprečju držav Evropske unije.



Slika 8.3: Primerjava ravni onesnaženosti zraka z ogljikovim monoksidom v Evropski Uniji v letu 2012 [24].

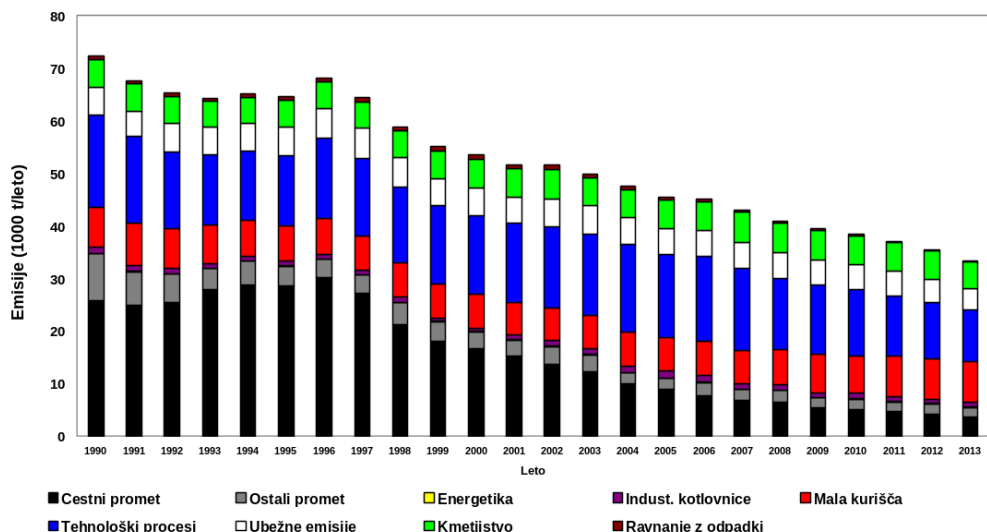
## 9. *Benzen*

---

Benzen je aromatska spojina s formulo  $C_6H_6$ . Je bistra, brezbarvna, lahko hlapna in zelo vnetljiva tekočina. Spada med nemetanske lahko-hlapne ogljikovodike - NMVOC (Non Methane Volatile Organic Compounds), ki predstavljajo širok spekter snovi in nekateri med njimi škodljivo vplivajo na zdravje ljudi. Te snovi povečujejo tvorbo prizemnega ozona in sodelujejo pri učinku tople grede. V telo prihajajo preko respiratornega sistema. Benzen je kancerogen. Ob dolgotrajni izpostavljenosti vpliva na spremembo genetskega materiala v celicah. Kronična izpostavljenost lahko poškoduje kostni mozeg kar povzroča zmanjšanje števila belih in rdečih krvnih celic. Benzen je dokaj stabilna spojina, ki lahko v ozračju ostane več dni in se zato lahko prenaša na daljše razdalje. V tem času se iz ozračja izloča s pomočjo fotokemičnih reakcij, ki vodijo do tvorbe ozona. Glavni vir izpustov benzena je promet, zaradi nepopolnega izgorevanja in izhlapevanja goriv. Benzen se namreč uporablja kot ena izmed sestavin bencina. Drugi viri benzena so še industrija nafte in plina ter dejavnosti, pri katerih se uporabljajo oziroma proizvajajo veziva, barve in topila. Vir benzena so tudi individualna kurišča, ki v zadnjem času za kurjenje uporabljajo vse več lesa in lesnih odpadkov. Naravni izvor benzena so vulkani in gozdni požari. Prisoten je tudi v cigaretne dimu.

### 9.1 Izpusti

Izpusti benzena se ne določajo kot posebna kategorija evidenc izpustov na nacionalnem nivoju. Zajeti so v kategorijo izpustov vseh nemetanskih lahko-hlapnih ogljikovodikov, ki so prikazani na sliki 9.1.



Slika 9.1: Letni izpusti nemetanskih lahko-hlapnih ogljikovodikov po sektorjih v Sloveniji.

## 9.2 Zahteve za kakovost zraka

Mejna vrednosti za benzen je predpisana v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [13]. Prikazana je v tabeli (9.1).

Tabela 9.1: Mejna vrednost za benzen

onesnaževalo	cilj	čas povprečenja	vrednost
Benzen	mejna vrednost	zdravje	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		eno leto	

## 9.3 Ravni onesnaženosti

Koncentracijo benzena v okviru merilne mreže DMKZ stalno merimo na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad in Maribor Center. Raven onesnaženosti benzena ocenimo s primerjavo izmerjenih in predpisanih vrednosti. Mejne vrednosti so podane v tabeli 9.1, izmerjene koncentracije pa v tabeli 9.2. Povprečna letna koncentracija benzena je bila v letu 2014 na obeh lokacijah pod mejno vrednostjo. Od leta 2009 so vrednosti celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom, ki je 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

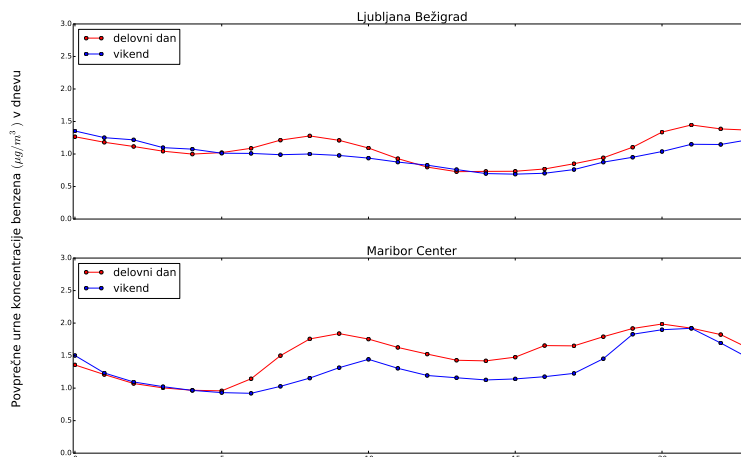
Koncentracije benzena so na obeh postajah višje v zimskem obdobju, kar je posledica slabših pogojev za razredčevanje v hladni polovici leta in tudi povečanih izpustov iz individualnih kurišč (slika 9.3). Pri dnevnem hodu opazimo rahlo višje koncentracije benzena v času jutranje prometne konice in zvečer (slika 9.2).

Slika 9.4 prikazuje urne koncentracije benzena po letih. V Ljubljani je bilo v vseh letih več kot polovica izmerjenih urnih vrednosti celo pod 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , v Mariboru pa so vrednosti malenkost višje. Po letu 2009 je v Mariboru zaznati padec koncentracij benzena. V tem letu na tem merilnem mestu ni bilo meritev benzena januarja in februarja, ko so koncentracije benzena najvišje. Poleg tega se je v tem letu znatno zmanjšal promet v neposredni okolici merilnega mesta in rezultat tega je veliko znižanje koncentracij benzena.

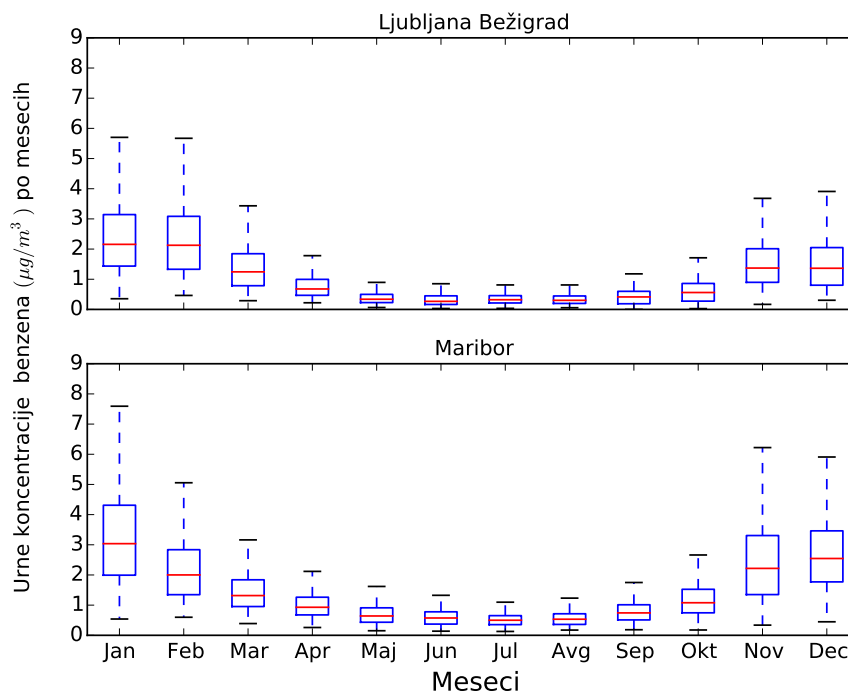


**Tabela 9.2:** Razpoložljivost urnih podatkov (% pod.) in povprečne letne koncentracije ( $C_p$ ) benzena.

	% pod.	$C_p$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Ljubljana Bežigrad	100	1.0
Maribor	98	1.5



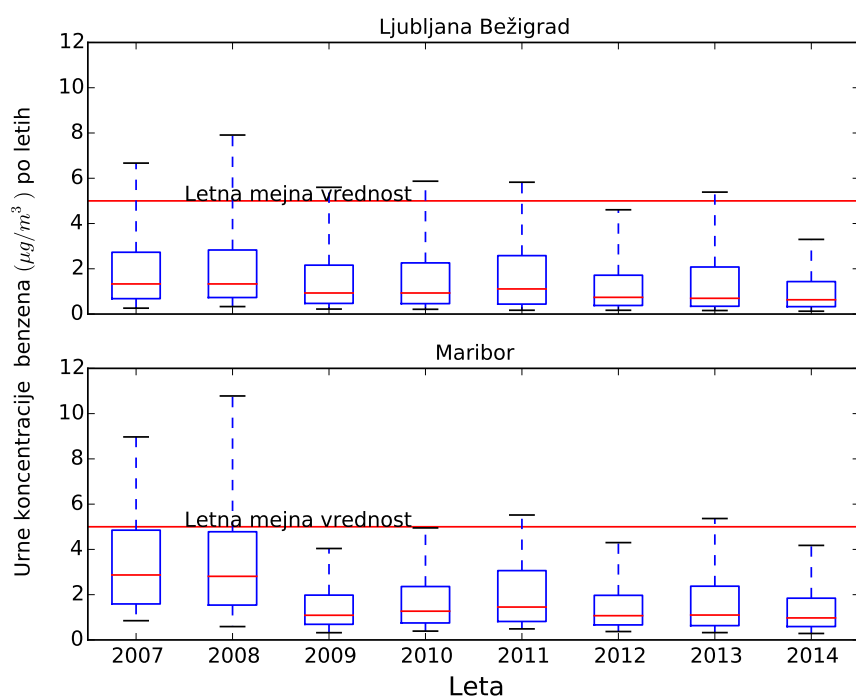
**Slika 9.2:** Urni potek koncentracij benzena v letu 2014 na postajah Ljubljana Bežigrad in Maribor.



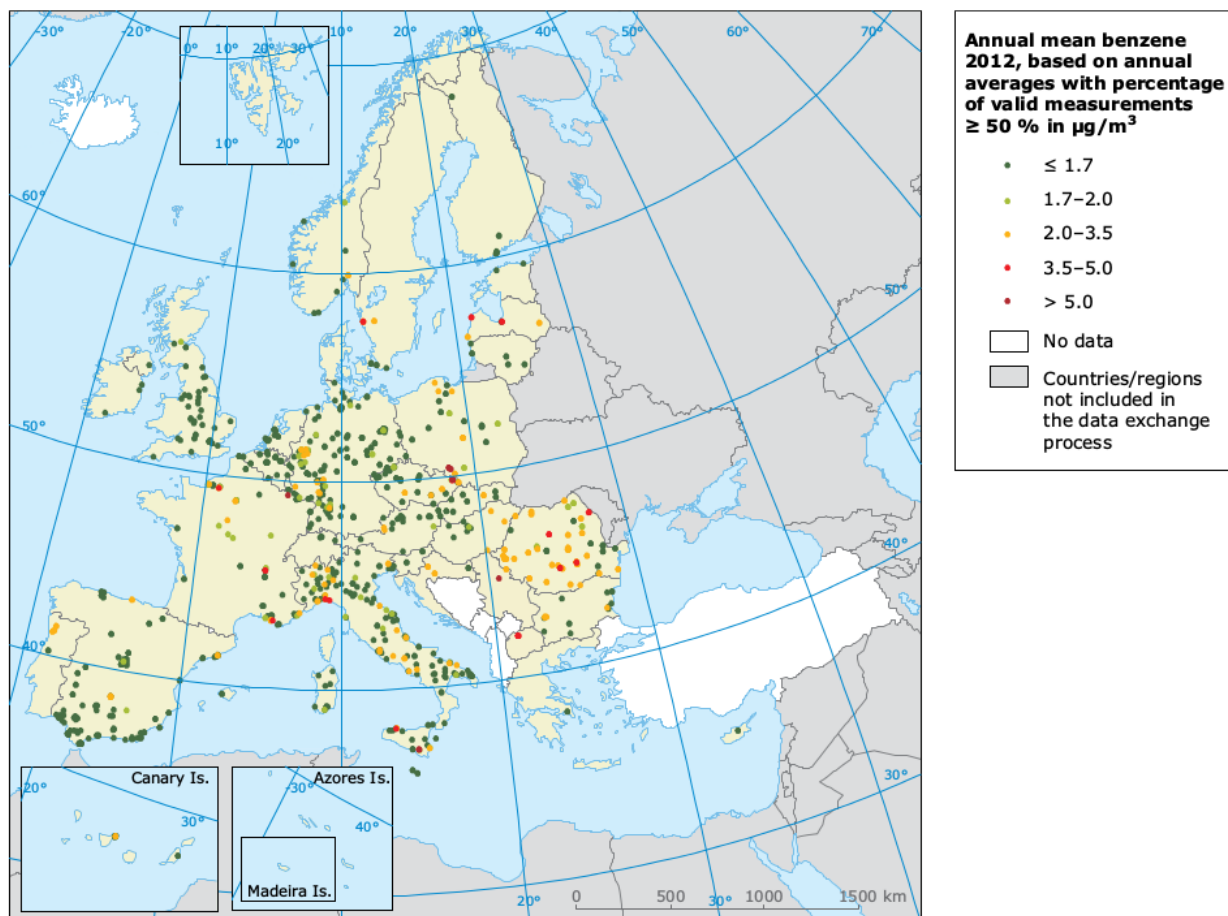
**Slika 9.3:** Porazdelitev urnih vrednosti po mesecih v letu 2014. Prikazani so 5. in 95. percentil, oba kvartila in mediana.

### 9.3.1 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Tudi v Evropi so na večini merilnih mest letne koncentracije pod mejno vrednostjo. Mejna vrednost je bila v EU v letu 2012 presežena v sedmih državah EU (slika 9.5).



**Slika 9.4:** Porazdelitev urnih koncentracij benzena po letih na postajah Ljubljana Bežigrad in Maribor. Prikazani so 5 in 95 percentil, oba kvartila in mediana.



**Slika 9.5:** Onesnaženost Evropske unije z benzenom [24]. S pikami so označena poročana merilna mesta v EU, z barvo pa razred v katerega se uvrščajo glede na povprečno letno koncentracijo benzena.



## 10. Živo srebro v zraku

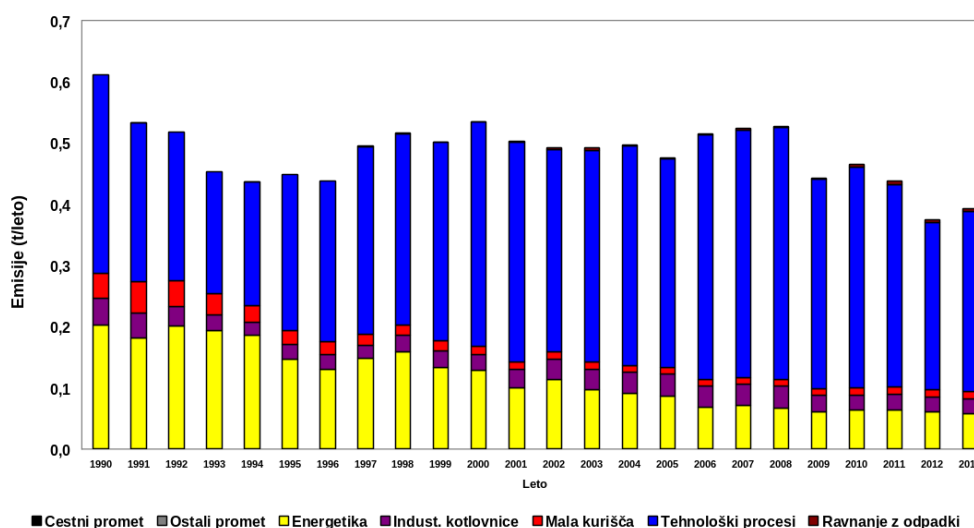
---

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

### 10.1 Izpusti

Letni izpusti živega srebra (Hg) v Sloveniji so leta 2013 znašali 0,4 tone. V primerjavi z letom 1990 (izhodiščno leto) so se zmanjšali za 36 %. Največji delež k skupnim izpustom živega srebra v letu 2013 prispevajo tehnološki procesi in uporaba produktov, in sicer 75 %.

Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje [23], saj skupne državne količine izpustov Hg živega srebra ne presegajo količin iz leta 1990.



Slika 10.1: Letni izpusti Hg po sektorjih v Sloveniji.

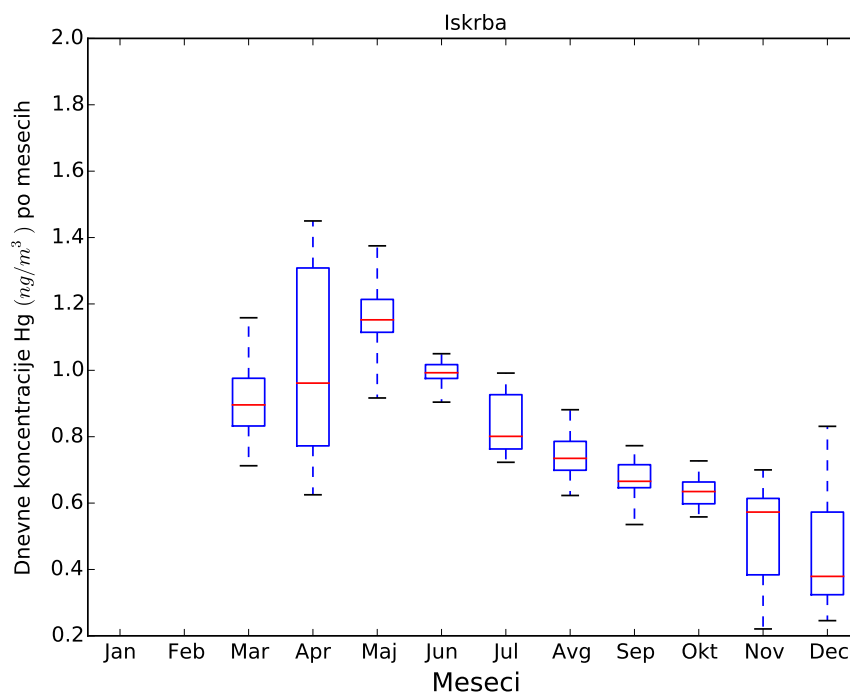
## 10.2 Ravni onesnaženosti

Ravni celotnega živega srebra v zraku merimo na merilnem mestu Iskrba. Povprečne mesečne ravni in povprečna letna ravn za celokupno živo srebro v zraku so navedene v tabeli 10.1 in grafično prikazane na sliki 10.2. V letu 2014 zaradi okvare merilnika razpolagamo z veljavnimi podatki šele od marca dalje. Meritve za mesec julij so zgolj informativne, ker ne dosegajo kriterija najmanj 75 % razpoložljivosti podatkov. Slika 10.3 prikazuje izmerjene koncentracije živega srebra od začetka izvajanja meritev.

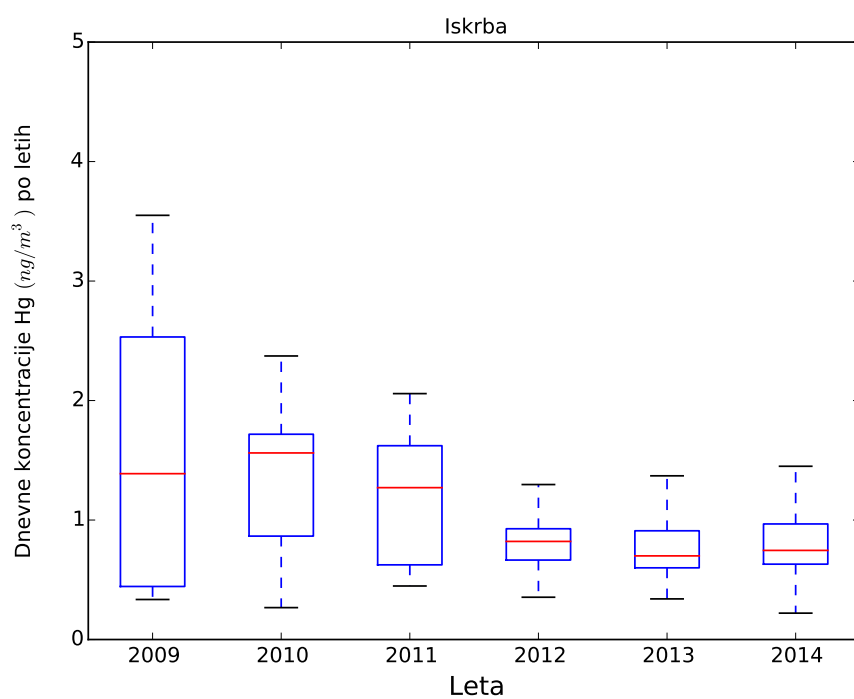
**Tabela 10.1:** Povprečne mesečne koncentracije živega srebra ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ) na merilnem mestu Iskrba v letu 2014.

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	leto
Iskrba	/	/	0,9	1,0	1,2	1,0	0,8*	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,8

\* manj kot 75% podatkov.



**Slika 10.2:** Porazdelitev dnevni koncentracij Hg na Iskrbi po mesecih v letu 2014. Za vsak mesec so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



**Slika 10.3:** Porazdelitev dnevni koncentracij Hg na Iskrbi po letih. Za vsako leto so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.





## 11. *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 ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , CO, ogljikovodiki). Le-ti so v obliki disociiranih kislin ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) 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 koncentracijah. V skladu z mednarodnim dogovorom so kisle padavine tiste, katerih pH vrednost je manjša od 5,6 [30]. Kislost padavin je odvisna od razmerja anionov disociiranih kislin in kationov, ki izvirajo iz topnih soli. Anioni kislin povečujejo kislost padavin, medtem ko kationi ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) padavine nevtralizirajo ali naredijo celo alkalne. Dušikove spojine prispevajo k evtrofikaciji. Spremljanje padavin določa Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in PAH v zunanjem zraku [22]. 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 [23].

### 11.1 Ravni onesnaženosti

Letne vrednosti pH, prevodnosti in koncentracije ionov v padavinah so podane v tabeli 11.1. Zaradi gradbenih del v bližini merilnega mesta Ljubljana Bežigrad v letu 2014, na tej lokaciji nismo izvajali meritev kakovosti padavin. V letu 2014 smo na vseh merilnih mestih zabeležili več padavin od dolgoletnega povprečja. Tako kot v preteklih letih je največ dežja padlo na merilnem mestu Rateče (2015 mm), najmanj pa na merilnem mestu MS Rakičan (995 mm). Na ostalih merilnih mestih je padlo med 1800 in 1900 mm dežja (tabela 11.2). Padavine z vseh merilnih mest so bile večinoma bolj kisle v hladnem obdobju leta.

Skupne letne mokre depozicije ionov, ki odločilno vplivajo na zakisanje ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), so bile primerljive na merilnih mestih Iskrba in Škocjan. Nekoliko nižje so bile depozicije na merilnih mestih Rakičan in Rateče, čeprav je bila v Rakičanu količina padavin več kot polovico manjša. Posledično so bile zato na tem merilnem mestu višje koncentracije ionov.

Mokra depozicija amonijeveh ionov je bila največja na Iskrbi in v Rakičanu. Kljub znatno višji povprečni letni koncentraciji amonijevega iona v padavinah z merilnega mesta Rakičan, je bila njegova mokra depozicija zaradi manjše količine padavin zelo podobna tisti na Iskrbi. Na sliki 11.1 so prikazane povprečne letne pH vrednosti padavin od leta 2003 dalje. Na vseh merilnih mestih v Sloveniji se nakazujejo trendi zviševanja pH vrednosti padavin, kar pomeni, da so padavine

v Sloveniji iz leta v leto manj kisle. Najmanj kisle so padavine z merilnih mest Rateče in MS Rakičan, kjer se vrednosti približujejo meji kislosti. Višje vrednosti pH na merilnem mestu Rakičan so predvsem posledica visokih mokrih depozicij dušika amoniakalnega izvora, ki reagira s kislimi komponentami v padavinah in na ta način zmanjšuje njihovo kislost. Padavine so najbolj kisle na merilnem mestu Iskrba. Slike od 11.1 do 11.4 prikazujejo celotne letne mokre depozicije ionov, ki najbolj vplivajo na zakisljevanje in evtrofikacijo. Za padavine z vseh merilnih mest, z izjemo Rakičana, je nakazan rahel trend upadanja skupnih mokrih depozicij dušika nitratnega izvora (slika 11.2). Na merilnem mestu Rakičan pa ostaja vsa leta izvajanja meritev na praktično enakem nivoju. Trend upadanja celotnih mokrih depozicij sulfata je zaznan na merilnih mestih Škocjan in Rateče, medtem ko na merilnih mestih Iskrba in Rakičan ostajajo nivoji nespremenjeni (slika 11.3). Trend upadanja skupnih mokrih depozicij dušika amoniakalnega izvora je najbolj izrazit na merilnem mestu Rateče (slika 11.4). Na merilnem mestu Rakičan zaznavamo manjše naraščanje depozicij dušika amoniakalnega izvora, kar je po vsej verjetnosti mogoče pripisati lokalnemu vplivu zaradi gnojenja kmetijskih površin v okolici merilnega mesta.

**Tabela 11.1:** Srednja vrednost ( $C_p$ ), minimum ( $C_{min}$ ) in maksimum ( $C_{max}$ ) pH, električne prevodnosti pri 25°C (el. prev.) in koncentracije ionov v padavinah na vzorčevalnih mestih DMKP v letu 2014.

Merilno mesto	vred	pH	El.prev. pri 25°C	Koncentracija ionov (mg/L)							
				( $\mu\text{S/cm}$ )	/	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
Iskrba	$C_p$	5,11	10	0,317	1,04	0,991	0,343	0,407	0,053	0,196	0,042
	$C_{min}$	4,13	3	0,01	0,186	0,173	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	$C_{max}$	7,07	82	5,667	16,93	15,591	2,83	11,199	1,754	1,905	0,509
Škocjan	$C_p$	5,26	10	0,342	1,191	0,955	0,479	0,473	0,068	0,287	0,045
	$C_{min}$	4,33	4	0,01	0,29	0,213	0,01	0,042	0,01	0,01	0,01
	$C_{max}$	6,86	49	3,15	22,2	5,51	1,95	3,17	0,285	1,41	0,986
Rateče	$C_p$	5,44	5	0,217	0,598	0,48	0,196	0,236	0,031	0,068	0,032
	$C_{min}$	4,38	2	0,01	0,13	0,117	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	$C_{max}$	6,59	28	4,78	12,6	4,98	0,631	1,71	0,188	0,315	0,276
Rakičan	$C_p$	5,29	9	0,6	1,154	1,01	0,176	0,328	0,047	0,087	0,093
	$C_{min}$	4,24	4	0,195	0,419	0,414	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01
	$C_{max}$	7,07	90	8,39	11,7	15,4	2,81	5,86	0,417	1,7	1,52

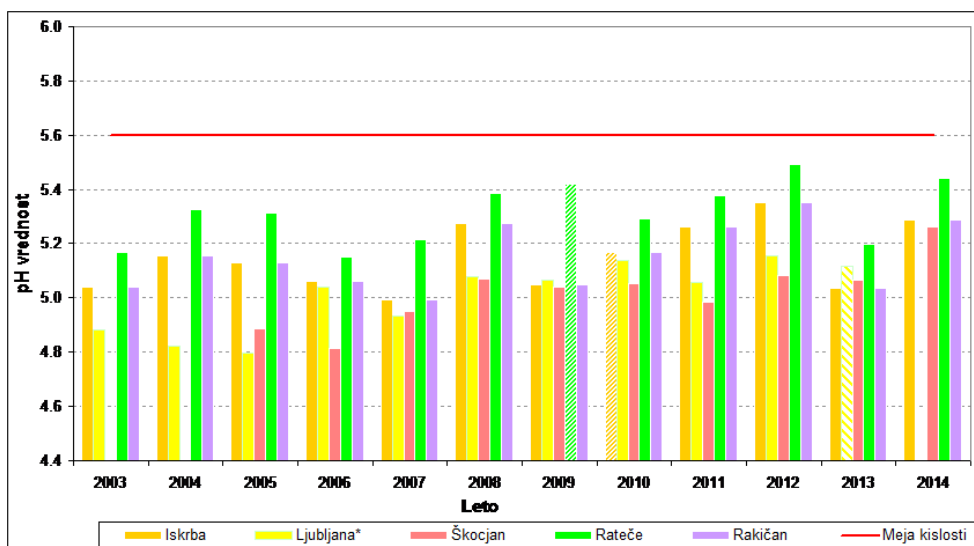
**Tabela 11.2:** Količina padavin in skupna mokra depozicija ionov v padavinah na vzorčevalnih mestih DMKP v letu 2014.

Merilno mesto	Količina padavin (mm)	Skupna mokra depozicija ( $\text{g/m}^2 \cdot \text{leto}$ )								
		* $\text{H}^+$	$\text{NH}_4^+ \text{-N}$	$\text{NO}_3^- \text{-N}$	$\text{SO}_4^{2-} \text{-S}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}_2^+$	$\text{Mg}_2^+$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$
Iskrba	1922	$15,1 \cdot 10^{-3}$	0,473	0,452	0,636	0,660	0,783	0,103	0,377	0,081
Škocjan	1735	$9,4 \cdot 10^{-3}$	0,455	0,461	0,546	0,822	0,811	0,116	0,493	0,077
Rateče	2015	$7,2 \cdot 10^{-3}$	0,334	0,269	0,318	0,390	0,469	0,062	0,135	0,063
Rakičan	995	$5,1 \cdot 10^{-3}$	0,462	0,259	0,335	0,175	0,326	0,047	0,087	0,092

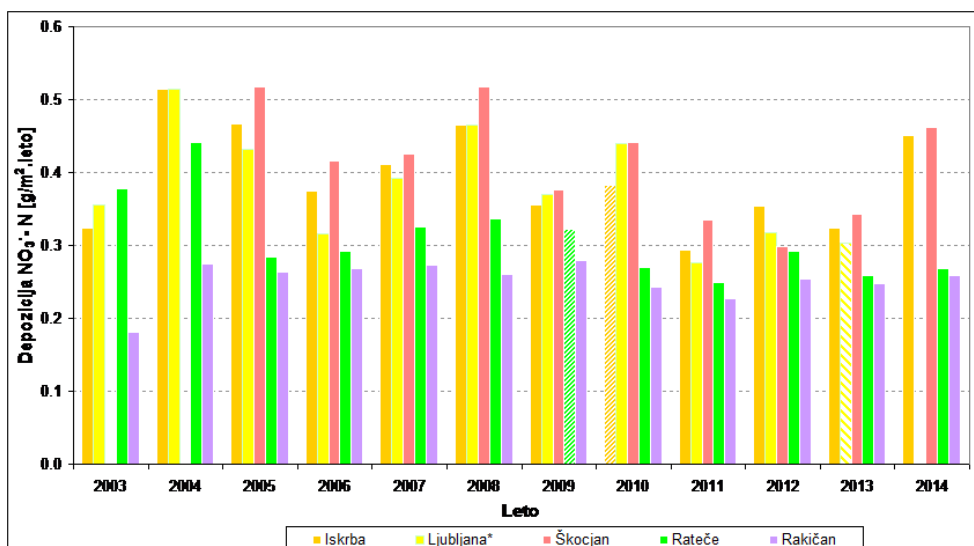
\* Skupna depozicija  $\text{H}^+$  je izračunana iz izmerjenih pH vrednosti.

Meritve kovin in policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) v padavinah izvajamo le na merilnem mestu Iskrba. Tudi v letu 2014 je med izmerjenimi depozicijami kovin največ cinka. Vse vrednosti so prikazane v tabeli 11.3.

Kot je mogoče sklepati iz slike 11.5, se raven celotnih letnih depozicij večine kovin od začetka meritev v letu 2008 do leta 2014 ni bistveno spremenila. Celotne depozicije so odvisne od količine



Slika 11.1: Povprečne letne pH vrednosti padavin od leta 2003 dalje. Rdeča črta prikazuje mejo kislosti.

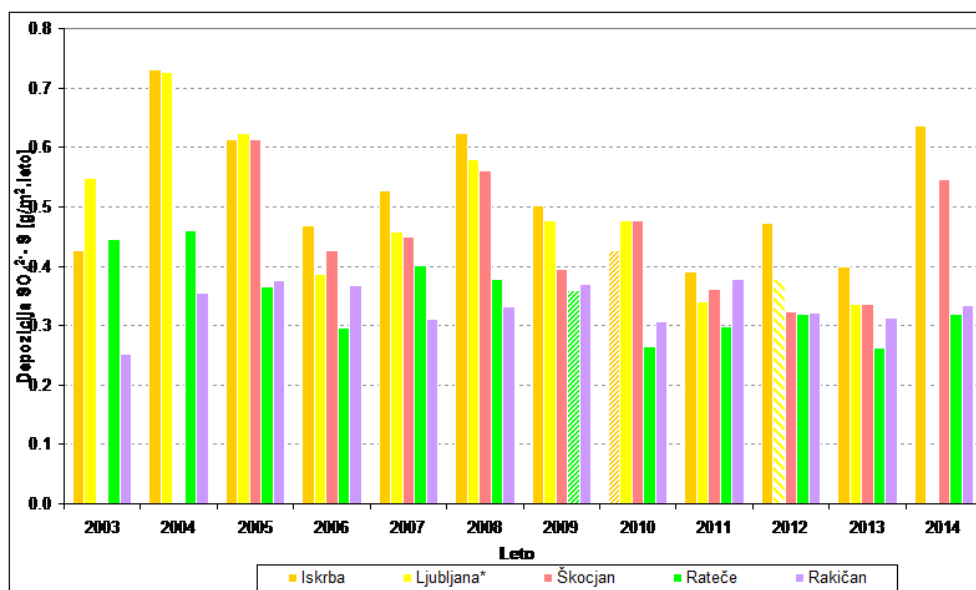


Slika 11.2: Skupna letna mokra depozicija dušika nitratnega izvora v padavinah od leta 2003 dalje.

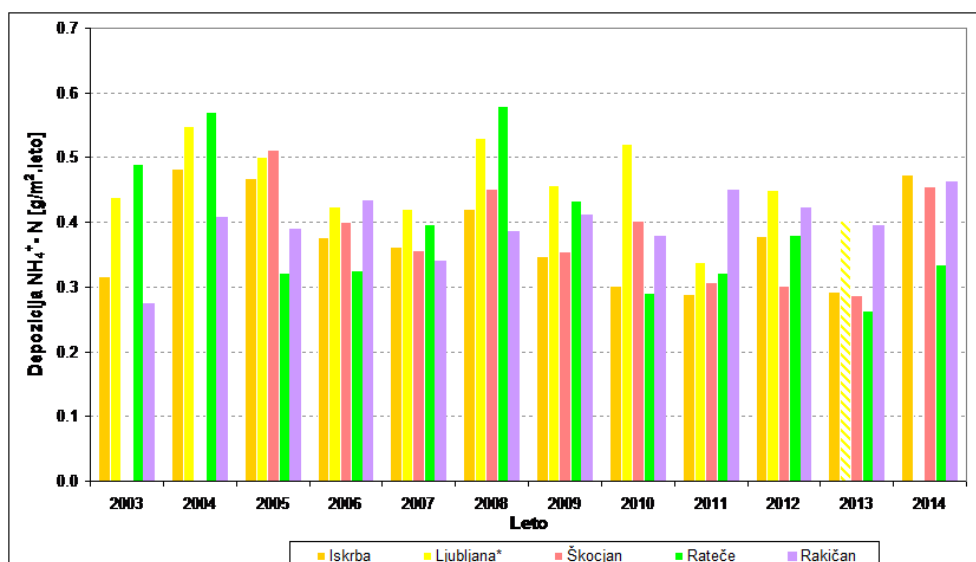
Tabela 11.3: Celotna letna depozicija nekaterih težkih kovin ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) na Iskrbi v letu 2014.

Težka kovina	Arzen	Kadmij	Krom	Baker	Nikelj	Svinec	Cink
& 0,157	0,043	0,342	3,30	0,40	1,18	5,01	

padavin, teh pa je bilo v letu 2014 največ, odkar potekajo meritve. Posledično smo zaznali tudi najvišje izmerjene depozicije večine kovin doslej. Koncentracije celotnega živega srebra v mokrih usedlinah so se v letu 2014 gibale med 1,83 in 13,5  $\text{ng}/\text{L}$ . Nivo zabeleženih koncentracij je primerljiv z vrednostmi, ki jih poročajo za neonesnažena področja tudi drugod po svetu ter nekajkrat nižji od izmerjenih v padavinah na bolj onesnaženih področjih. Skupna mokra depozicija celotnega živega srebra na merilnem mestu Iskrba je v letu 2014 znašala  $11,2 \mu\text{g}/\text{m}^2$  in je bila višja kot v letu 2013, tako kot je bila višja tudi količina zbranih padavin.



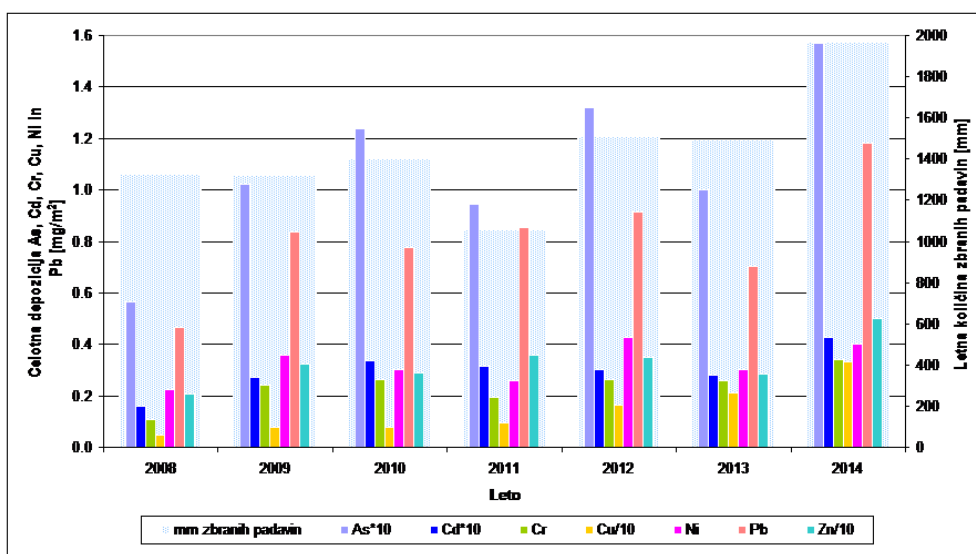
Slika 11.3: Skupna letna mokra depozicija žvepla sulfatnega izvora v padavinah od leta 2003 dalje.



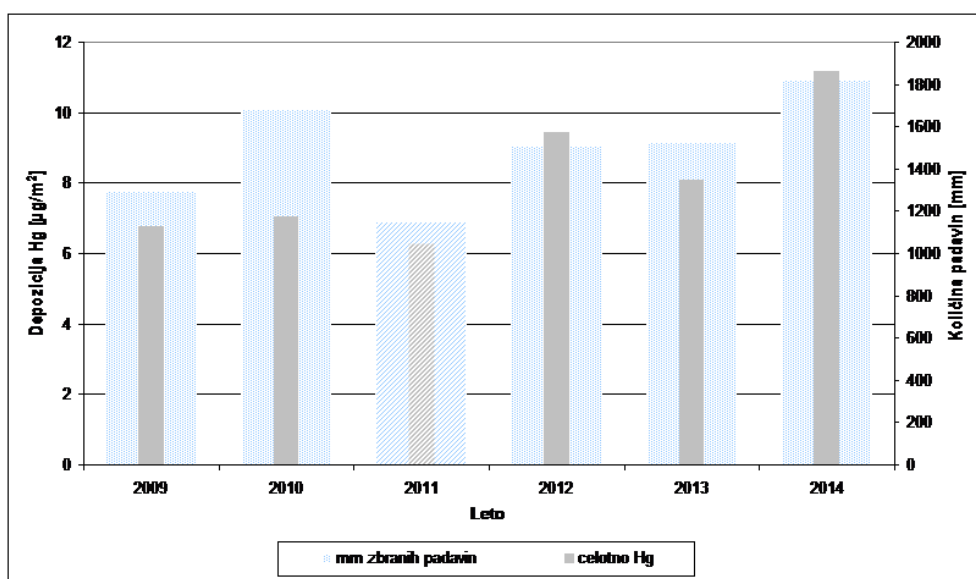
Slika 11.4: Skupna letna mokra depozicija dušika amoniakalnega izvora v padavinah od leta 2003 dalje.

V tabeli 11.4 so prikazane celotne depozicije nekaterih PAH v letu 2014. Višje depozicije nekaterih PAH smo zabeležili predvsem v hladnem obdobju leta. Primerjava koncentracij PAH med posameznimi leti nakazuje, da koncentracije ostajajo na približno isti ravni.

Podobno kot v preteklih letih smo tudi v letu 2014 zabeležili največjo celotno depozicijo vsote visokomolekularnih 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 11.4 in slika 11.7).



Slika 11.5: Celotna depozicija izbranih kovin v letih od 2008 do 2014.

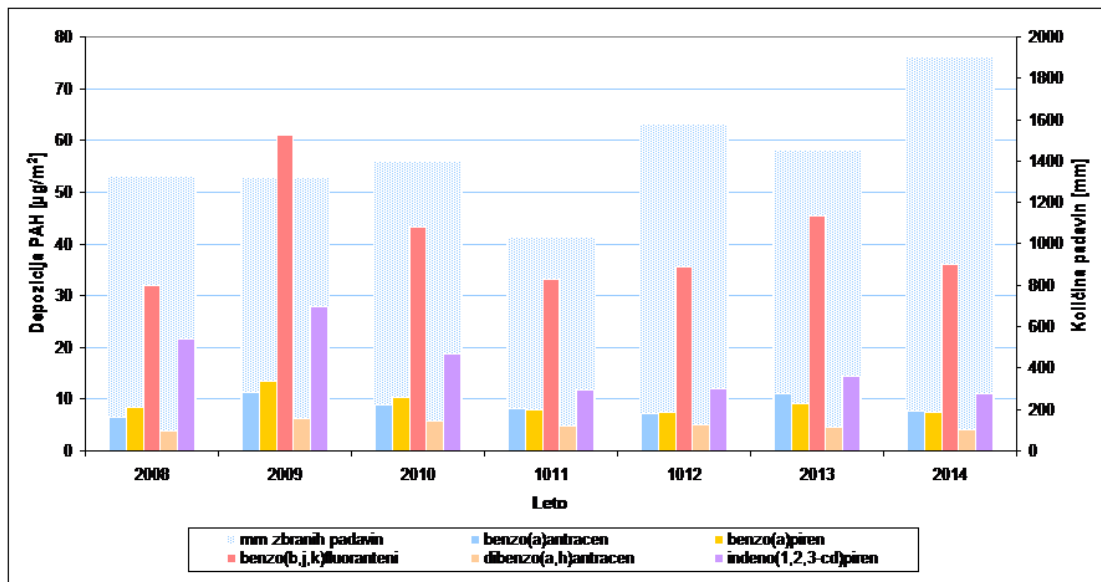


Slika 11.6: Celotne letne mokre depozicije celotnega Hg od leta 2009 do leta 2014.

Opomba: V mesecu avgustu 2011 izvajalec ni opravil analize v vseh zajetih vzorcih padavin, zato podatek za to leto podajamo zgolj informativno.

Tabela 11.4: Celotna depozicija nekaterih PAH ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) za leto 2014 na merilnem mestu Iskrba.

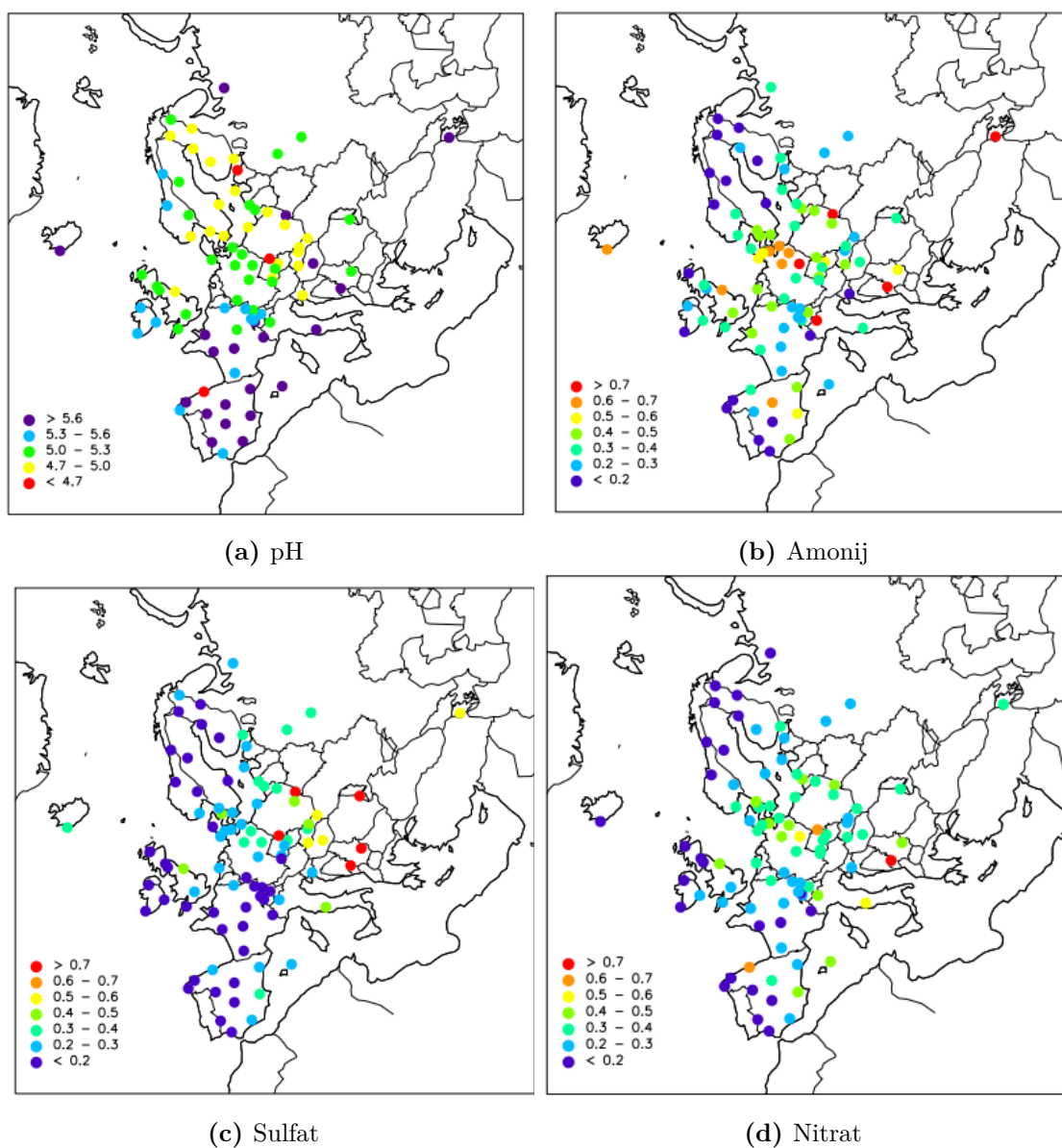
PAH	benzo(a)antracen	benzo(a)piren	benzo(b,j,k)fluoranten	dibenzo(a,h)antracen	Indeno (1,2,3-cd) piren
	7,60	7,35	36,0	4,19	11,2



Slika 11.7: Celotne letne depozicije PAH od leta 2008 do leta 2014.

## 11.2 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Raven onesnaženosti padavin z ioni, ki prispevajo k zakisljevanju in evtrofikaciji okolja je v Ratečah v primerjavi z EMEP merilnimi mesti med najnižjimi v Evropi (slika 11.8). Padavine z merilnih mest na Iskrbi in Škocjanu se uvrščajo v spodnjo tretjino, medtem ko so padavine z merilnega mesta Rakičan srednje onesnažene. Pri primerjavi rezultatov je potrebno upoštevati, da so EMEP postaje umeščene v neizpostavljeno podeželsko okolje.



Slika 11.8: Porazdelitev vrednosti pH, amonija, sulfata in nitrata v padavinah na EMEP merilnih mestih v letu 2013 [31].





## 12. *Žveplove in dušikove spojine ter ostali anorganski ioni*

---

Žveplove ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) in dušikove ( $\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$ ) spojine ter anorganske ione ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) spremljamo v okviru programa EMEP na merilnem mestu Iskrba. Te meritve podajajo informacijo o kislno-alkalnih sestavinah v zraku.

### 12.1 Ravni onesnaženosti

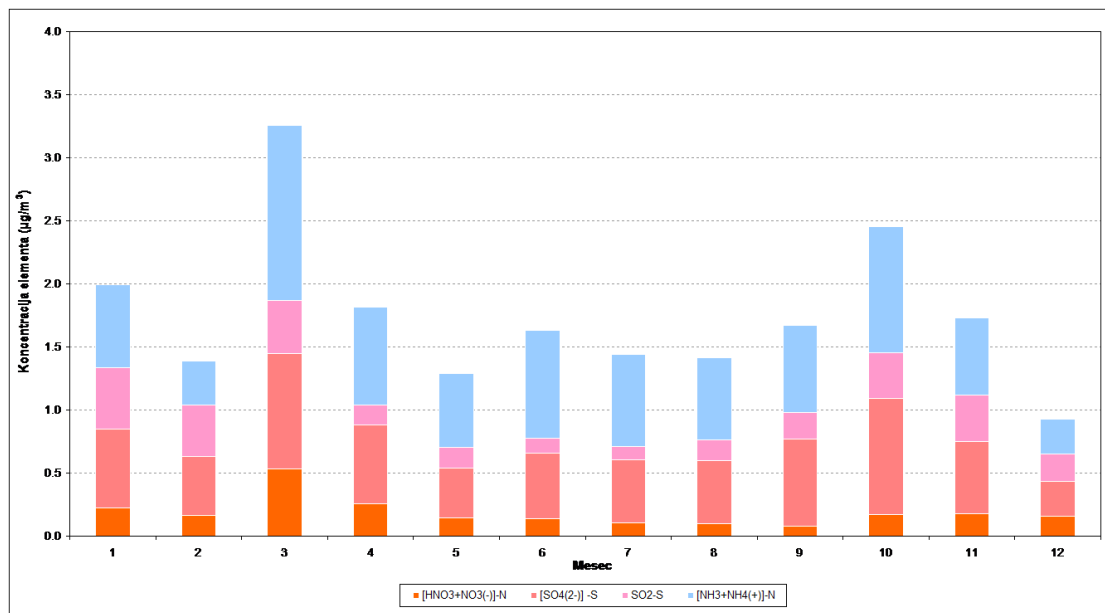
V tabeli 12.1 so podani rezultati meritev za celotno leto 2014 ter posebej za poletno in zimsko sezono. Povprečne mesečne koncentracije žveplovih in dušikovih spojin ter ionov v letu 2014 so prikazane na slikah 12.1 in 12.2. Tudi v tem letu so bile koncentracije žveplovih in oksidiranih dušikovih spojin ter kalija v zraku najvišje v hladni polovici leta. Najvišje so bile v januarju, marcu in oktobru. To obdobje so namreč zaznamovale nizke temperature. Najvišje koncentracije reduciranega dušika ( $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$ )-N v zraku smo zabeležili v poletni sezoni, v juliju in avgustu.

Nivo ostalih sestavin razen kalcija in magnezija, je bil skozi vse leto na približno istem nivoju. Ocenjujemo, da je njuno nihanje povezano predvsem s pogostostjo in količino padavin. V poletnih mesecih je padavin manj, zato je resuspenzije več in s tem tudi vnosa kalcija in magnezija v zrak.

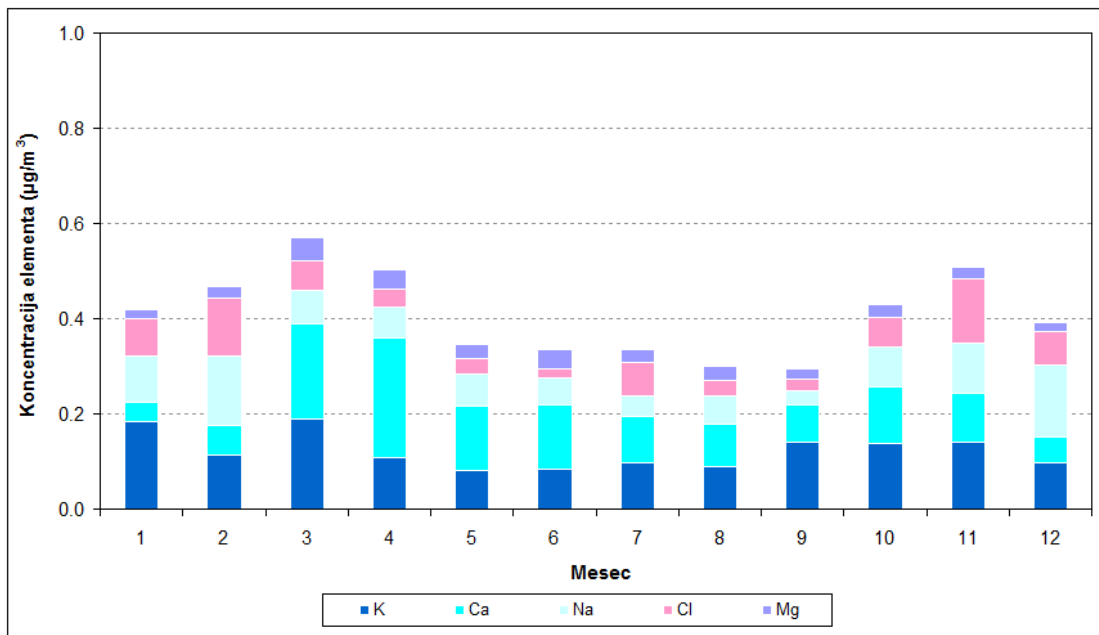
Meritve koncentracij žveplovih in dušikovih spojin ter nekaterih kationov in anionov v zraku smo na merilnem mestu Iskrba pričeli izvajati leta 1997. Na sliki 12.3 so prikazane povprečne letne koncentracije dušikovih in žveplovih spojin. Manjša medletna nihanja za ostale sestavine povezujemo s pogostostjo in količino padavin v posameznih letih. Koncentracije žveplovih spojin kažejo trend upadanja, ki je bolj izrazit pri koncentracijah žveplovega dioksida in nekoliko manj pri koncentracijah sulfatnih ionov.

**Tabela 12.1:** Povprečne ( $C_p$ ) in najvišje ( $C_{max}$ ) izmerjene koncentracije oksidirane žvepla, oksidirane dušika, reducirane dušika in nekaterih anorganskih ionov v zraku na Iskrbi za nekurilno sezono, kurilno sezono ter za celo leto 2014.

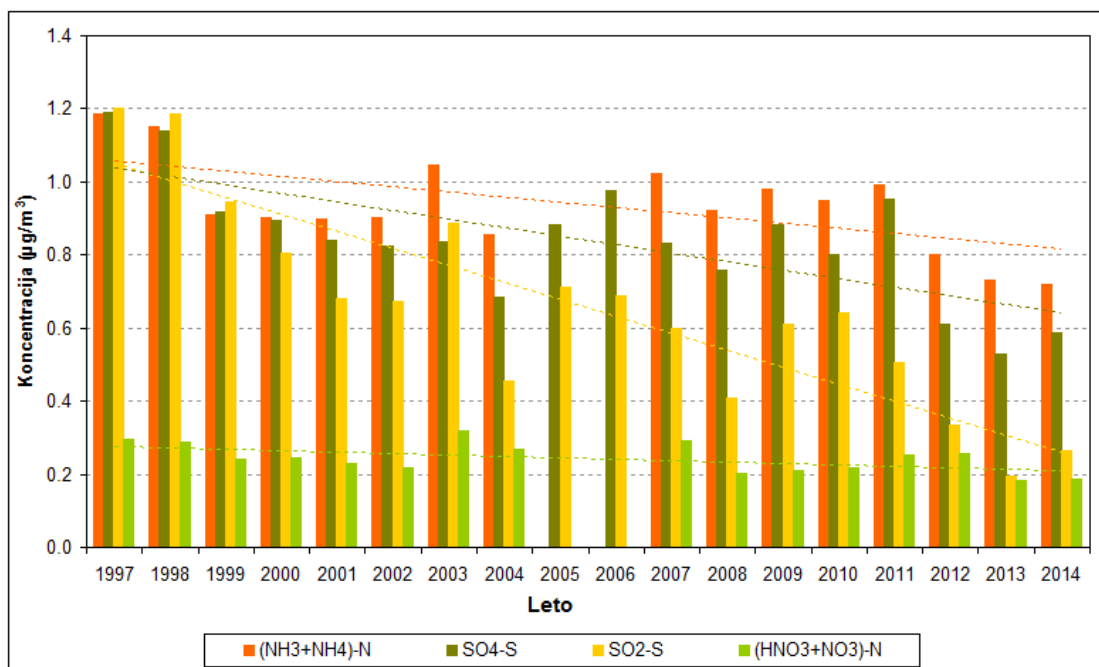
Parameter	Koncentracija	Poletna sezona ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Zimska sezona ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Letne vrednosti ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
$\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	$C_p$	0,534	0,638	0,585
	$C_{max}$	2,56	3,61	3,61
$\text{SO}_2\text{-S}$	$C_p$	0,148	0,638	0,263
	$C_{max}$	2,56	5,16	5,16
$(\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-)\text{-N}$	$C_p$	0,133	0,243	0,188
	$C_{max}$	0,855	1,403	1,403
$(\text{NH}_3+\text{NH}_4^+)\text{-N}$	$C_p$	0,712	0,728	0,72
	$C_{max}$	2	3,08	3,08
$\text{Cl}^-$	$C_p$	0,037	0,086	0,061
	$C_{max}$	1,02	0,737	1,028
$\text{Ca}^{2+}$	$C_p$	0,127	0,101	0,115
	$C_{max}$	1,05	0,724	1,05
$\text{Mg}^{2+}$	$C_p$	0,031	0,028	0,029
	$C_{max}$	0,102	0,104	0,104
$\text{Na}^+$	$C_p$	0,054	0,108	0,081
	$C_{max}$	0,325	1,316	1,316
$\text{K}^+$	$C_p$	0,099	0,145	0,122
	$C_{max}$	0,36	0,644	0,644



**Slika 12.1:** Povprečna mesečna koncentracija 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  $(\text{NH}_3+\text{NH}_4^+)\text{-N}$  v zraku na Iskrbi za leto 2014.



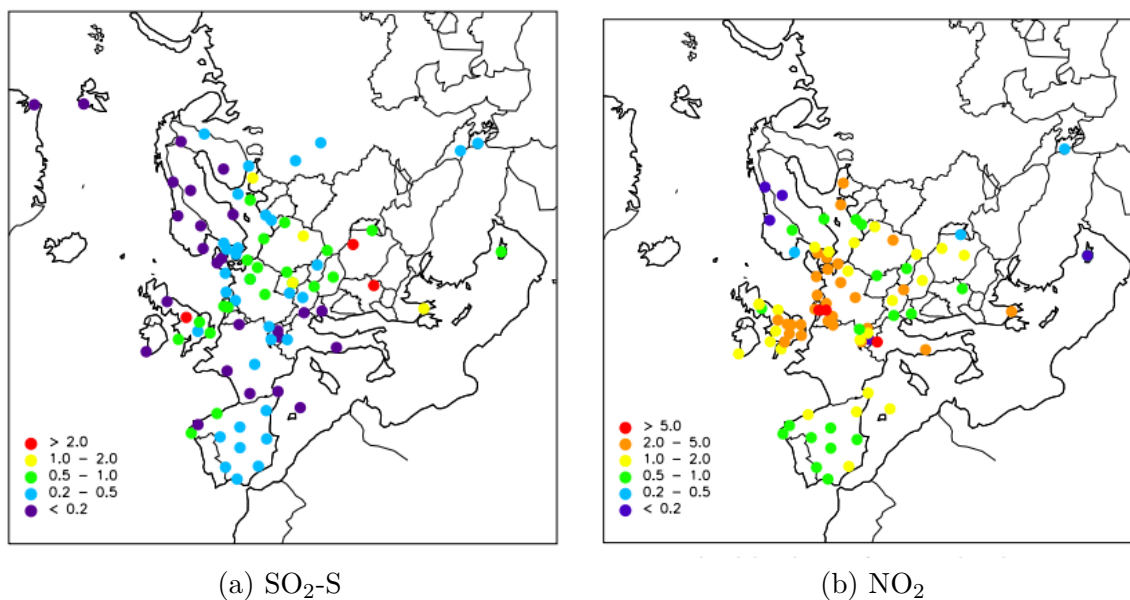
Slika 12.2: Povprečne mesečne koncentracije natrija, kalcija, klorida, magnezija in kalija v zraku na Iskrbi za leto 2014.



Slika 12.3: Povprečne letne koncentracije oksidiranega žvepla SO<sub>2</sub>-S in SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S, oksidiranega dušika (HNO<sub>3</sub> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)-N ter reduciranega dušika (NH<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)-N v zraku na Iskrbi za leto 2013 – dnevno vzorčenje

## 12.2 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Geografska porazdelitev  $\text{SO}_2\text{-S}$  in  $\text{NO}_2$  na postajah v okviru EMEP je prikazana na sliki 12.4. Meritve kažejo, da je merilno mesto Iskrba med manj onesnaženimi.



Slika 12.4: Geografska porazdelitev  $\text{SO}_2\text{-S}$  in  $\text{NO}_2$  v Evropi v letu 2013 [31].

## 13. *Meteorološke značilnosti leta 2014*

---

### 13.1 Vreme leta 2014

Leto 2014 je bilo po nižinah najtoplejše leto doslej. Odklon se je gibal med 2 in 3 °C glede na obdobje 1961-1990 (slike 13.1). Nadpovprečno topla je bila hladna polovica leta, ko je bil pozitiven odklon od 3 do več kot 6 °C. V toplih mesecih od maja do septembra so bili povprečne mesečne temperature zraka povečini malo nad dolgoletnim povprečjem, na Primorskem pa je bila meseca julija povprečna mesečna temperatura celo malo pod povprečjem. Padavin je bilo vsaj za desetino več kot v dolgoletnem povprečju. Sončnega obsevanja je bilo malo manj od povprečja. V letu 2014 smo imeli en vročinski val, ki je prišel kmalu po začetku meteorološkega poletja, v začetku junija. Takrat so bile zabeležene najvišje temperature v letu 2014.

Dober pokazatelj temperaturnih razmer je število dni, ko je temperatura preseгла ali ostala pod določenim pragom. Vročih dni, ko temperatura doseže vsaj 30 °C, je bilo v letu 2014 v primerjavi s preteklimi leti razmeroma malo. V Novi Gorici in Portorožu jih je bilo skoraj polovico manj kot v povprečnem obdobju 1981-2010, na ostalih merilnih mestih pa razlika med letom 2014 in dolgoletnim povprečjem ni bila tako izrazita.

Ledeni so dnevi z najvišjo dnevno temperaturo pod lediščem. Takih dni je bilo v letu 2014 v primerjavi z dolgoletnim povprečjem precej manj. V Črnomlju je bilo 5 takih dni (povprečno 17), v Ljubljani 6 (17), v Kočevju 8 (21), Lescah 9 (18), Postojni 10 (18), v Slovenj Gradcu 11 (22), Murski Soboti 12 (23) ter v Celju 13 (16), Mariboru 13 (21), na Kredarici pa 117 (144) dni.

Padavin je bilo v letu 2014 povsod vsaj za desetino več od dolgoletnega povprečja. Na Goriškem je bil presežek celo 50 %. V delu Posočja je padlo nad 3800 mm. Državno povprečje padavin je bilo v letu 2014 najvišje po izjemno mokrem letu 1937. Na nekaterih merilnih mestih je bila količina padavin v letu 2014 najvišja od sredine minulega stoletja. V Ljubljani so namerili 1851 mm, kar je 33 % več od dolgoletnega povprečja in največ na sedanjem merilnem mestu. V Murski Soboti je v letu 2014 padlo 1093 mm, kar je 34 % nad dolgoletnim povprečjem, v Portorožu so namerili 1462 mm, kar je 47 % nad dolgoletnim povprečjem.

V Ratecah je leta 2014 sneg prekrival tla 100 dni, največja debelina snežne odeje pa je bila 120 cm. Na Obali snežne odeje niso zabeležili. V Murski Soboti je bilo 18 dni s snežno odejo, dosegla je 14 cm. V Mariboru je sneg prekrival tla 21 dni, največja debelina je bila 18 cm. V Novem mestu je bilo 22 dni s snežno odejo, njena največja debelina je bila 30 cm. V Celju je bilo 24 dni s snežno odejo, največja debelina je bila 27 cm. V Ljubljani je sneg v letu 2014 obležal 24 dni, največja debelina je bila 26 cm.

Sončnega vremena je bilo v letu 2014 manj kot v povprečju primerjalnega obdobja. Od 10 do 20 % so za dolgoletnim povprečjem zaostajali na severozahodu države, v Beli krajini in na jugu Dolenjske. Drugod po Sloveniji je bil primanjkljaj manjši od desetine.

## 13.2 Značilnosti posameznih letnih časov

Zima 2013/2014 je bila povsod opazno toplejša od dolgoletnega povprečja, temperature zraka so bile v povprečju višje od 3 do 5 °C. V Ratečah se je najnižja dnevna temperatura zraka spustila pod -10 °C le dvakrat, kar je najmanjkrat od sredine minulega stoletja. V večjem delu nižinskega sveta pa tako nizke temperature niti nismo zabeležili. Pozimi je bilo največ padavin v delu Posočja. Količina padavin je proti jugu in vzhodu pojemala. Na Obali in na vzhodu Slovenije je padlo med 100 in 400 mm padavin, kar je od 100 do 150 % običajnih padavin. Med 300 in 350 % dolgoletnega povprečja pa so zabeležili v Ratečah, Lescah, Kobaridu, Soči in Logu pod Mangartom. Sončnega vremena je bilo povečini malo manj kot običajno, primanjkljaj ni presegel desetine običajne osončenosti. Za spoznanje več od dolgoletnega povprečja je bilo sončnega obsevanja le na območju Maribora, v Murski Soboti pa je bilo dolgoletno povprečje doseženo.

Pomlad 2014 je bila po vsej državi od 2 do 3 °C toplejša od dolgoletnega povprečja. V Prekmurju je bila povprečna pomladna temperatura zraka druga najvišja od sredine minulega stoletja, na Obali četrta, v Novem mestu tretja, na Kredarici pa peta najtoplejša. Število hladnih dni je opazno zaostajalo za dolgoletnim povprečjem. Sončnega vremena je bilo v večjem delu Slovenije več kot običajno. Največ sončnega vremena je bilo na Obali (628 ur), najmanj pa na Kredarici (428 ur). Količina padavin je bila večja od dolgoletnega povprečja le na jugu države, drugod je bila količina padavin manjša. Največ padavin je bilo v delu Posočja. Snežna odeja je bil zabeležena le v Ratečah (35 dni).

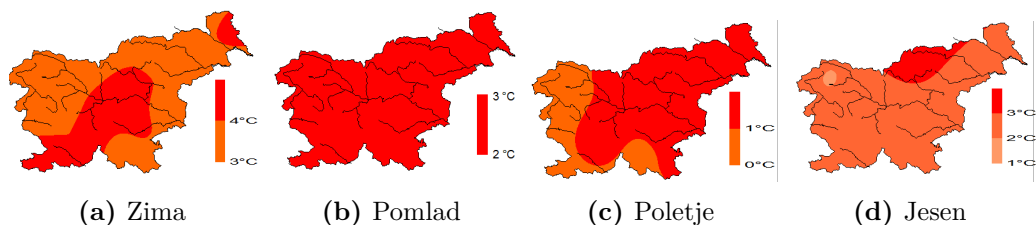
Poletje je bilo nenavadno po padavinah in trajanju sončnega obsevanja. Povprečna poletna temperatura zraka je bila povečini od 1 do 2 °C nad dolgoletnim povprečjem. Prvi in edini vročinski val je bil v začetku junija. Takrat so bile najvišje temperature tudi do 35°C. Padavin je bilo veliko, največ jih je bilo v delu zgornjega Posočja in Julijcev, kjer je padlo nad 700 mm dežja. Najmanj padavin je bilo na severovzhodu države in na območju Lisce in Brežic. Sončnega vremena je bilo nekoliko več od povprečja le na območju Maribora. V Murski Soboti je bilo doseženo dolgoletno povprečje, drugod pa je bilo sončnega vremena manj.

Tudi jesen 2014 je bila občutno toplejša od dolgoletnega povprečja. Po nižinah je bil odklon od povprečja povečini od 2 do 3 °C. Jesen so zaznamovale obilne in pogoste padavine. Največ padavin je bilo v Posočju. Tam so ponekod izmerili celo nad 1250 mm padavin. Količina padavin je proti vzhodu in jugu pojemala, vendar je bilo tudi v vzhodni in severovzhodni Sloveniji nad 250 mm padavin. Sončnega vremena je bilo tudi v tem obdobju leta manj kot običajno. Dolgoletnemu povprečju so se približali le na Obali in v Postojni.

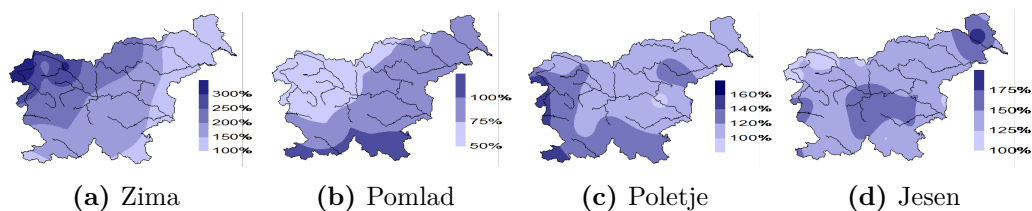
Povprečna mesečna temperatura zraka je decembra 2014 presegla dolgoletno povprečje. V večjem delu države je bilo topleje od 2 do 4 °C, v Julijcih in na Trnovski planoti pa je bil odklon od 1 do 2 °C. Zadnje dni leta se je povsod občutno ohladilo in takrat je bila zabeležena najnižja temperatura v decembru 2014. Sončnega vremena je bilo več kot običajno. V osrednji Sloveniji ter deloma na Dolenjskem in Štajerskem je sonce sijalo vsaj 50 % več časa od dolgoletnega povprečja,

na zahodu države, še posebej na severozahodu, pa je sonca primanjkovalo. Največ padavin je bilo na Trnovski planoti, kjer je padlo nad 200 mm padavin. Najmanj padavin pa je bilo na Obali, Štajerskem, Koroškem, v Prekmurju in v večjem delu Dolenjske, kjer so namerili od 50 do 80 mm padavin. Zadnji štirje dnevi meseca decembra so po nižinah prinesli nekaj snega.

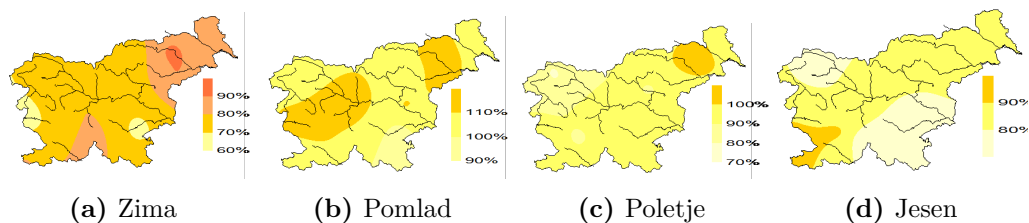
Odkloni povprečne temperature zraka, višine padavin in sončnega obsevanja so prikazani na slikah 13.1 do 13.3.



Slika 13.1: Odklon povprečne temperature zraka od povprečja 1961-1990 po posameznih sezonah, leto 2014



Slika 13.2: Odklon višine padavin od povprečja 1961-1990 po posameznih sezonah, leto 2014.



Slika 13.3: Odklon sončnega obsevanja od povprečja 1961-1990 po posameznih sezonah, leto 2014.





## Literatura

---

- [1] N. Künzli, R. Kaiser, S. Medina, M. Studnicka, O. Chanel, P. Filliger, M. Herry, F. Horak, V. Puybonnieux-Textier, P. Quénel, *et al.*, “Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a european assessment,” *The Lancet*, vol. 356, no. 9232, pp. 795–801, 2000.
- [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] W. H. Organization *et al.*, “Burden of disease from ambient air pollution for 2012-summary of results,” *Geneva, Switzerland: WHO*, 2014.
- [4] WHO, “World health organization: Outdoor air pollution causes cancer.” <http://www.cancer.org/cancer/news/news/world-health-organization-outdoor-air-pollution-causes-cancer>.
- [5] *Environment and human health*, European Environment Agency, 2013.
- [6] M. E. Goldstone *et al.*, “Review of evidence on health aspects of air pollution-revihaap project,” 2015.
- [7] W. H. Organization *et al.*, “Effects of air pollution on children’s health and development: a review of the evidence,” 2005.
- [8] 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 epiair study,” *Environmental health perspectives*, vol. 119, no. 9, p. 1233, 2011.
- [9] *EEA Signali 2013 - Kakšen zrak dihamo*, European Environment Agency, 2013.
- [10] *Delovni dokument služb Evropske komisije – povzetek ocene učinka - spremni dokument k sporočilu Komisije, Program Čist zrak za Evropo*. Uradni list Evropske unije. SWD 525.
- [11] *Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in sveta o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo*. Uradni list Evropske unije. L152.

- [12] *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.
- [13] *Uredba o kakovosti zunanjega zraka.* Uradni list RS. 9/11,8/15.
- [14] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Celje.* Uradni list RS. 108/13.
- [15] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Kranj.* Uradni list RS. 108/13.
- [16] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Ljubljana.* Uradni list RS. 24/14.
- [17] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor.* Uradni list RS. 108/13.
- [18] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Murska Sobota.* Uradni list RS. 88/13.
- [19] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Novo Mesto.* Uradni list RS. 108/13.
- [20] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Zasavja.* Uradni list RS. 108/13.
- [21] *Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka.* Uradni list RS. 55/11,6/15.
- [22] *Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku.* Uradni list RS. 39/06.
- [23] *Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja, UNECE, 1979.*
- [24] *Air quality in Europe-2014 report, European Environment Agency, 2014.*
- [25] *Criteria for EUROAIRNET - The EEA Air Quality Monitoring and Information Network, European Environment Agency, 1999.*
- [26] *Kakovost zraka v Slovenije v letu 2012, ARSO, 2013.*
- [27] M. Pascal, M. Corso, O. Chanel, C. Declercq, C. Badaloni, G. Cesaroni, S. Henschel, K. Meister, D. Haluza, P. Martin-Olmedo, *et al.*, "Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 european cities: Results of the aphekom project," *Science of the Total Environment*, vol. 449, pp. 390–400, 2013.
- [28] T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P. M. Midgley, *et al.*, "Previd Climate change 2013. The physical science basis. Working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on Climate change-Abstract for decision-makers," *Slovensko meteorološko društvo, Vetrnica*, vol. 0613, 2013.
- [29] *Direktiva 2001/81/ES Evropskega parlamenta o nacionalnih zgornjih mejah emisij za nekatera onesnaževala zraka (NEC), Uradni list Evropske unije, 2001.*
- [30] M. Pidwirny, "Acid Precipitation," *Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition*, 2006.
- [31] A.-G. Hjellbrekke, "Data report 2012 acidifying and eutrophying compounds and particulate matter," *EMEP/CCC-Report*, no. 3, 2014.